

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ГИДРОПРИВОДА ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЕТА

Пивцов Анатолий Владимирович

*соискатель кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

E-mail: vaiu_nord@mail.ru

Попиков Петр Иванович

*профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

E-mail: popikovpetr @yandex.ru

IMPROVEMENT OF ENERGY-SAVING HYDRAULIC DRIVE OF FOREST FIRE SOIL THROWER

Pivtsov Anatoly Vladimirovich

*Applicant, Department of Mechanization of forestry and machine design, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

E-mail: vaiu_nord@mail.ru

Popikov Petr Ivanovich

*Professor, Department of Mechanization of forestry and machine design, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

E-mail: popikovpetr @jandex.ru

Аннотация. Приведен анализ исследований, касающихся проблемы повышения энергоэффективности лесопожарных грунтометательных машин. Представлены усовершенствованная конструкция грунтомета с энергосберегающим гидроприводом ротора-метателя и математическая модель рабочего процесса пневмогидравлического предохранительного устройства.

Abstract. The article presents an analysis of studies related to the problem of increasing the energy efficiency of forest fire soil throwing machines. An improved design of a soil thrower with an energy-saving hydraulic drive of the throwing rotor and a mathematical model of the working process of a pneumohydraulic safety device are presented.

Ключевые слова: лесной пожар; грунтометательная машина; энергосберегающий гидропривод; ротор-метатель; предохранительное устройство

Keywords: forest fire; soil throwing machine; energy-saving hydraulic drive; rotor thrower; safety device

Проблему предупреждения и тушения лесных низовых пожаров невозможно решить без повышения эффективности рабочих процессов противопожарных грунтометательных машин. Огромный вклад в разработку противопожарной техники внесли сотрудники научно-исследовательского института ЛенНИИЛХ и Вырицкого механического завода. Ими созданы и серийно выпускались фрезерные полосопрокладыватели и грунтометы. Недостатком фрезерных грунтометательных машин является низкая скорость движения

агрегата и высокая энергоемкость при поперечном фрезеровании задернелых лесных почв, а также недостаточная защищенность фрезерных рабочих органов от поломок при встрече с препятствиями в виде пней и крупных боковых корней. В настоящее время продолжаются теоретические и экспериментальные исследования рабочих процессов лесопожарных грунтометательных машин. Следующим этапом совершенствования грунтометательных машин является оснащение дополнительными рабочими органами для предварительной подготовки почвы перед фрезами-метателями. В качестве дополнительных рабочих органов предлагаются сферические диски, фрезы, лемехи с лотками-подъемниками, шнеки и др.

В работе [1] проведен анализ степени крошения почвенного вала перед ротором-метателем сферическими вырезными дисками с гидроприводом экспериментального образца грунтомета-полосопрокладывателя. Установлено, что при углах атаки дисков в диапазоне $25^{\circ} \dots 35^{\circ}$ степень крошения почвенного вала увеличивается на 20% с частотой вращения 4,5...6 об/с.

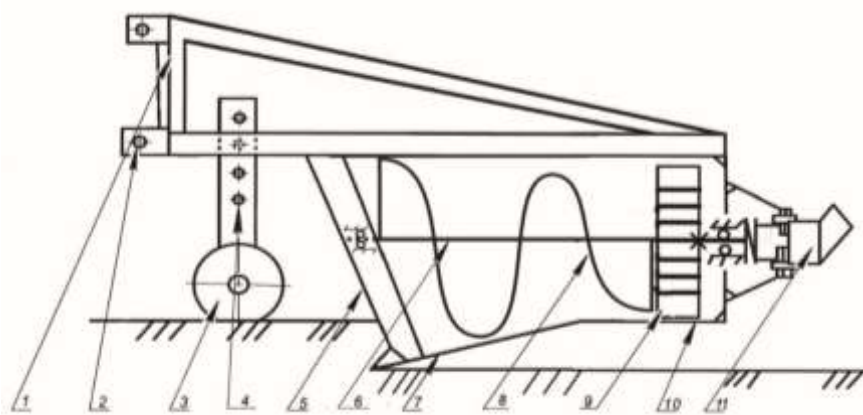
Для снижения динамических нагрузок и снижения энергозатрат предлагается применение гидропривода роторов-метателей с подключением пневмогидравлических аккумуляторов [Пат. №196851]. Предложенная конструкция грунтомета содержит кожух-рыхлитель с лемехом для предварительной подготовки почвы перед ротором-метателем с приводом от гидромотора. Гидроаккумулятор установлен между насосом и распределителем.

Проведены исследования рабочего процесса лесного пожарного грунтомета с энергосберегающим гидроприводом [2] на основании моделирования с помощью метода динамики частиц. Установлено, что скорость движения лесопожарного агрегата при предварительной подготовке почвы перед ротором-метателем может быть увеличена в 1.5-2 раза, рациональная частота вращения гидромотора ротора-метателя лежит в интервале 7...8 об/с, а динамические нагрузки снижаются на 34 %. Однако в предлагаемом грунтомете гидроаккумулятор выполнял лишь функцию демпфирования колебаний давления, а не накапливал энергию, теряемую при срабатывании предохранительных клапанов при преодолении препятствий, и не возвращал ее обратно в гидросистему.

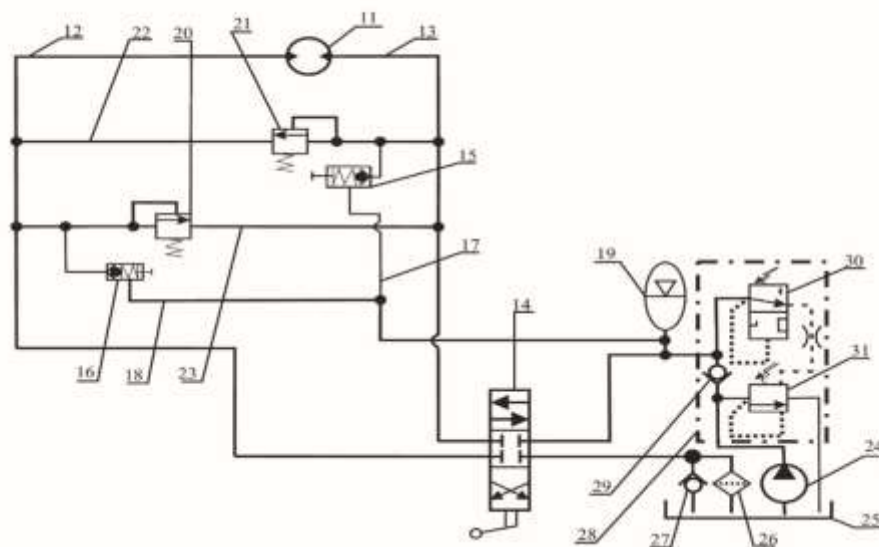
Многочисленные исследования энергосберегающих и предохранительных устройств почвообрабатывающих орудий проведены проф. Посметьевым В.И. [3]. В этой монографии отмечается, что большинство существующих и перспективных почвообрабатывающих орудий снабжены автоматическими индивидуальными предохранителями с автономными или общими гидроаккумуляторами. В результате исследований установлено, что пневмогидравлические предохранители снижают ударные нагрузки при встрече рабочих органов с препятствиями на 50-70 %. Поэтому целью наших исследований является усовершенствование конструкции грунтомета с энергосберегающим гидроприводом, обеспечивающей повышение эффективности предохранения рабочих органов и снижение энергоемкости при проведении работ по предупреждению и тушению лесных низовых пожаров.

Нами предлагается усовершенствованная конструкция грунтомета с энергосберегающим предохранительным устройством (рис. 1). Подготовка почвы перед ротором-метателем 9 с приводом от гидромотора 11 (рис. 1, а) совершается кожухом-рыхлителем 10 с лемехом 7. Затем грунт подается к ротору-метателю 9 за счет перемещения грунтомета шнеком 8, и поток грунта выбрасывается через окна для создания противопожарной полосы или на кромку огня при тушении лесного низового пожара. Грунтомет агрегируется с колесными быстроходными тракторами или лесопожарными автомобилями повышенной проходимости для оперативной доставки к месту возгорания в лесу. Для навешивания грунтомета имеется навесное устройство 1, смонтированное на раме 2. Глубина обработки почвы устанавливается с помощью опорного катка 3, установленного на раме с помощью стойки 4 с регулировочными

отверстиями. Шнек 8 смонтирован на валу 6 и обеспечивает подачу грунта по лотку 7 к ротору-метателю 9. Для предохранения ротора-метателя от прямого взаимодействия с пнями впереди рамы установлены наклонные ножи 5. Однако ротор-метатель может контактировать с порубочными остатками и пнями через боковые окна в кожухе 10 и может вращаться в разные стороны в зависимости от того, где находится кромка огня. В случае резкого торможения ротора-метателя давление рабочей жидкости повышается в гидролиниях 12 или 13 до предельных значений срабатывания предохранительных клапанов 20 или 21 (рис. 1, б), которые подают сигнал на открытие управляемых обратных клапанов 16 или 15, и поток жидкости подается в гидроаккумулятор 19, в котором накапливается энергия торможения ротора-метателя при встрече с препятствиями. При полностью заряженном гидроаккумуляторе разгрузочный узел 28 с помощью разгрузочного 30 и предохранительного 31 клапанов отключает гидронасос 22 от гидросистемы и гидронасос работает вхолостую, а ротор-метатель работает от гидроаккумулятора, за счет чего снижаются энергозатраты на прокладку противопожарных полос и тушения лесных низовых пожаров.



а)



б)

Рисунок 1. Схема грунтомета с энергосберегающим предохранительным устройством:
а – конструктивная схема грунтомета;
б – гидравлическая схема энергосберегающего гидропривода

Уравнение вращения ротора-метателя грунтомета при встрече с препятствием имеет вид

$$M_{ин} = M_{дв} - M_{рег}, \quad (1)$$

где $M_{ин}$ - момент от сил инерции (динамический момент), Нм;

$M_{дв}$ - движущий момент от гидромотора ротора-метателя, Нм;

$M_{рег}$ - регулировочный момент ротора-метателя при срабатывании предохранительного клапана гидромотора, Нм.

После подстановки параметров гидропривода ротора – метателя грунтомета в уравнение (1) получим следующий вид:

$$J_{np} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{\eta_n q_m p}{2\pi \eta_0} - M_{рег}, \quad (2)$$

где J_{np} – момент инерции ротора-метателя, кг·м²,

φ – угол поворота ротора – метателя, рад.,

$\eta_n; \eta_0$ – полный и объемный КПД гидромотора,

q_m – рабочий объем гидромотора, м³/об;

p – давление рабочей жидкости, Па.

Уравнение расходов рабочей жидкости энергосберегающего гидропривода имеет вид

$$q_n n_m = \frac{q_m}{\pi} \frac{d\varphi}{dt} + k_{ак} \sqrt{P_A - p} + a_y p + Kp \frac{dp}{dt}, \quad (3)$$

где K_p – коэффициент податливости упругих элементов гидропривода, м⁵/Па;

q_n – рабочий объем насоса, $\frac{м^3}{об}$,

a_y – коэффициент утечек рабочей жидкости, м³/(Па·с);

$k_{ак}$ – коэффициент дросселирования в штуцере аккумулятора, м³·с·Па^{-1/2}.

Таким образом, проведен анализ исследований, касающихся проблемы повышения энергоэффективности лесопожарных грунтометательных машин. Представлены усовершенствованная конструкция грунтомета с энергосберегающим гидроприводом ротора-метателя и математическая модель рабочего процесса пневмогидравлического предохранительного устройства, которая позволяет обосновать и оптимизировать кинематические и динамические параметры гидропривода ротора-метателя по критериям снижения динамической нагруженности и энергоемкости.

Список литературы

1. Результаты экспериментальных исследований режимов работы лесопожарного полосопрокладывателя с гидроприводом вырезных дисковых рабочих органов / С.В. Зимарин, М.А. Гнусов, В.П. Попиков, Н.А. Шерстюков // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. № 1 (41). – С. 155-162.
2. Влияние режимов работы лесопожарной грунтометательной машины с гидроприводом на показатели эффективности / П.И. Попиков, В.П. Попиков, А.В. Шаров, А.Ф. Петков, А.К. Поздняков // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 1 (37). С. 209-217.
3. Посметьев В.И. Обоснование перспективных конструкций предохранителей для рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий: монография / В.И. Посметьев. – Воронеж, 2000. – 248 с.

References

1. Results of experimental studies of the operating modes of a forest fire strip paver with a hydraulic drive of cut-out disk working bodies / S.V. Zimarin, M.A. Gnusov, V.P. Popikov, N.A. Sherstyukov // Forestry journal. - 2021. - Vol. 11. No. 1 (41). - P. 155-162.
2. Influence of operating modes of a forest fire soil throwing machine with a hydraulic drive on performance indicators / P.I. Popikov, V.P. Popikov, A.V. Sharov, A.F. Petkov, A.K. Pozdnyakov // Forestry Engineering Journal. 2020. vol. 10. No. 1 (37). P. 209-217.
3. Posmetev V.I. Justification of promising designs of safety devices for working bodies of forest tillage implements: monograph / V.I. Posmetev. – Voronezh, 2000. – 248 p.