

УДК 630*432

Д.Г. Мясищев

Мясищев Дмитрий Геннадьевич родился в 1959 г., окончил в 1981 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, заведующий кафедрой транспортных машин Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области разработки, создания и исследования мобильных средств малой механизации лесного комплекса.



ОБОСНОВАНИЕ ЛЕСОПОЖАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН НА БАЗЕ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ

Используя метод гипотез как основу методологии системного анализа, путем математического моделирования с учетом вероятностной природы почвообрабатывающих процессов обоснованы технология и агрегаты на базе мотоблока для осуществления профилактических противопожарных мероприятий.

Ключевые слова: лесной пожар, мотоблок, минерализованная полоса.

Проблема борьбы с лесными пожарами имеет научно-практическую и учебную актуальность [5, 8]. При этом важны как активные методы, так и профилактические мероприятия [1].

В работе [3] проанализированы следующие способы локализации и уничтожения лесных пожаров: прямые – непосредственное воздействие на кромку пожара метанием грунта или струей гасящей жидкости, косвенные – создание барьеров на пути продвижения огня. Последние методы делят на параллельные – создание заградительной полосы на некотором расстоянии вдоль движущейся кромки пожара и независимые – возведение заградительных полос в заданном направлении независимо от распространения кромки пожара. При исследовании таких направлений авторами работы [3] сделан упор на выявление дорог, оврагов, лесных полян, просек, старых минерализованных полос. Скорость распространения пожара принимают в среднем 1,5...3,0 м/мин.

М.А. Шешуков и С.А. Громыко [15] акцентируют внимание на том факте, что более 90 % всех загораний в лесу возникает вдоль дорог, рек и вокруг лесных поселков, подчеркивают важность профилактического выжигания травы вдоль кромок лесных массивов ранней весной или поздней осенью. Одним из базовых пунктов современной лесопожарной стратегии они считают создание на пожароопасные сезоны мобильных команд, оснащенных легкими малогабаритными средствами пожаротушения и профилактики. Это обосновывается, в частности, необходимостью особой защиты еловых и сосновых молодняков, наиболее опасных в пирологическом отношении.

Н.А. Диченков [6] анализирует ущерб и распределение затрат на различные лесопожарные мероприятия, констатирует, что вопросы финанси-

вания, создания и внедрения самоходных малогабаритных средств пожаротушения и профилактики исследованы недостаточно. Однако можно привести ряд примеров решения обозначенной проблемы. Так, в работе [1] говорится о ручном моторизованном грунтомете ГР-1 на базе бензопил «Дружба» и «Урал-МП5». Устройство предназначено для тушения кромки низовых пожаров грунтом, прокладки заградительных и опорных минерализованных полос с последующим пуском встречного огня и локализации очага пожара бороздой. Его переносит один машинист, скорость передвижения колеблется от 0,8 до 2,5 км/ч, максимальная дальность метания грунта 3,5 ... 4,0 м. При глубине борозды 7 см и ширине по верху 23 см выбрасываемый грунт покрывает полосу метания слоем 1,5 ... 2,0 см. Основной недостаток использования агрегата – утомляемость рабочего при передвижении.

В статье [11] представлена информация о производственной апробации почвообрабатывающих малогабаритных профилактических противопожарных средств на базе тягового модуля МТ-1 к отечественным бензопилам.

Краткий анализ малогабаритных мобильных средств тушения и профилактики лесных пожаров путем воздействия на почву показал, что наиболее актуальны агрегаты, создающие борозду и минерализованную полосу грунта вдоль лесных массивов на открытых площадях. На наш взгляд, слой минерализованной почвы необходимо размещать по обе стороны от борозды. При этом блокируется движение низовой кромки пожара как при подходе к борозде, так и после нее, особенно при порывах ветра.

Цель нашей работы – обосновать методом гипотез [14] наиболее эффективную технологию и средства ее осуществления в рамках рассматриваемой проблемы. В основу положена теория подобия и размерностей [13]. При этом использованы экспериментальные и теоретические результаты исследований, выполненных в СПбГЛТА и СПбНИИЛХе.

В лесном хозяйстве применяют два основных типа машин, различных по способу прокладки борозды (канавы) и метания грунта. Это лесопожарный тракторный грунтомет ГТ-3 [7], отбрасывающий почву на одну сторону от борозды, и лесохозяйственный двухфрезерный канавокопатель мелиоративного назначения КЛФ-1.2 [12]. Последний может служить исходным объектом при решении задачи моделирования методами подобия и размерности лесопожарного канавокопателя-грунтомета на шасси опытного лесохозяйственного мотоблока [9]. Созданный на базе гусеничного трактора Т-130Б, он образует канал трапецеидального сечения и метает грунт по обе стороны от него.

Известно [13], что необходимым и достаточным условием подобия двух явлений служит постоянство числовых значений, образующих базу. Условия о постоянстве базы отвлеченных параметров, составленных из заданных, определяют величины, которые называют критериями подобия. Если явление определяется множеством Π_n параметров, из которых подмножество K_n параметров имеют независимые размерности ($K_n \subseteq \Pi_n$), то для данного подмножества переходные масштабы (константы подобия) могут быть определены из условия задачи. Переходные масштабы для всех остальных

величин получают из формул размерности для каждой из них через размерности элементов подмножества K_d .

На рис. 1 изображена структурная схема моделируемого по указанным принципам объекта на базе мотоблока, а на рис. 2 прогнозируемое сечение создаваемой им полосы. Схема подобрана таким образом, что в обоих

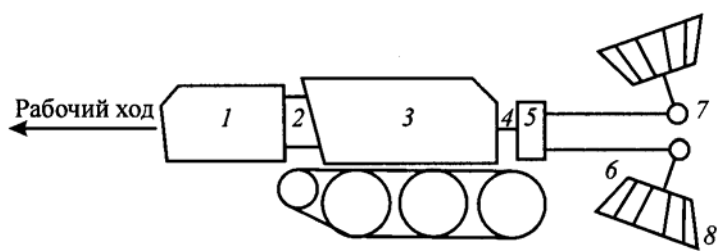


Рис. 1. Схема моделируемого объекта: 1 – двигатель «Урал- МП5»; 2 – промежуточный редуктор привода вала отбора мощности (ВОМ); 3 – мотоблок; 4 – ВОМ; 5 – раздаточная коробка; 6 – промежуточные валы; 7 – приводные редукторы; 8 – фрезы

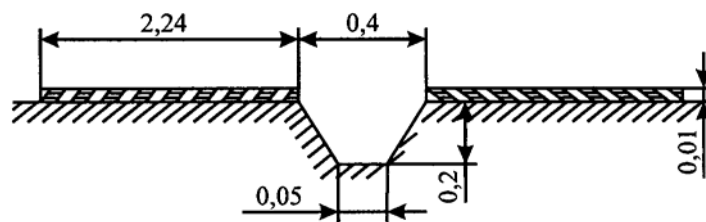


Рис. 2. Схема моделируемой методом подобия минерализованной полосы. Размеры в метрах

рассматриваемых методом подобия объектах (прототип и виртуальная модель) передаточные числа от коленчатого вала двигателя до рабочих органов обеспечивают равную энергоёмкость прокладки полосы (кВт/м^3).

Альтернативным вариантом моделируемому лесопожарному агрегату и его технологии является опытный комплект почвообрабатывающего шлейфа к указанному мобильному средству малой механизации [9] и технология их применения.

Анализ результатов экспериментальных исследований почвенных фонов, а также показателей работы указанных опытных образцов позволяет сделать важный вывод. Все изученные входные и выходные процессы описываются Гауссовым законом распределения, поэтому их можно считать стационарными и эргодическими. Все динамические компоненты, которые эти процессы осуществляют, следует рассматривать как линейные с постоянными параметрами. Значит, допустимо использовать корреляционную теорию случайных процессов [10]. Она оперирует с математическими ожиданиями процессов и интегралами импульсных характеристик переходных

функций динамических систем, которые являются постоянными величинами. В общем виде это можно интерпретировать выражением [10]

$$m_y = m_x \int_0^{\infty} h(\tau) d\tau, \quad (1)$$

или [2]

$$m_y = G(0)m_x, \quad (2)$$

где $G(0)$ – постоянная для данной системы величина, или интеграл импульсной характеристики переходной функции системы,

$$G(0) = \int_0^{\infty} h(\tau) d\tau;$$

m_x, m_y – математическое ожидание процесса на входе системы (твердость почвы в технологическом горизонте) и на выходе (эффективные мощность и крутящий момент двигателя, удельный расход топлива).

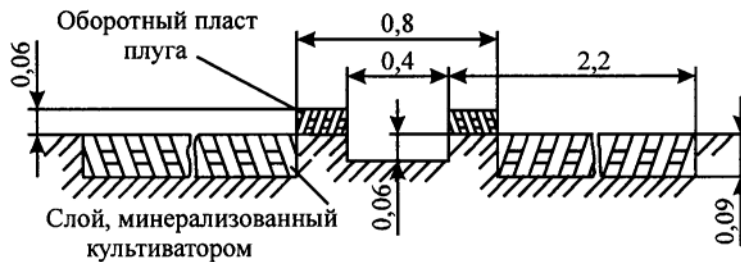


Рис. 3. Профиль минерализованной полосы альтернативной системы мотоплуг + мотокультиватор. Размеры в метрах

На основе данного подхода оценены математические ожидания необходимых для дальнейшего моделирования функциональных показателей, в частности эффективной мощности двигателя, и удельный эффективный расход топлива в составе агрегата мотоблок – канавокопатель – грунтомет и альтернативной опытной системы мотоблок – плуг – роторный культиватор. Смоделированный результат применения последней – профиль профилактической противопожарной минерализованной полосы – представлен на рис. 3.

Итоги расчетов по сравниваемым системам в выбранных условиях прогнозирования (лесные поляны, участки вдоль лесных опушек, дорог, околос лесных поселков, вблизи лесопитомников и т. п.) представлены в таблице.

Показатели функционирования альтернативных лесопожарных систем

Показатели	Протяженность минерализованной полосы, м				
	50	100	150	200	250
Канавокопатель-грунтомет					
Общее время технологического					

процесса, ч	0,5	1,0	1,5	2,3*	2,8*
Математическое ожидание эффективной мощности, кВт			3,13		
Удельная энергоёмкость процесса, кДж/м			112,7		
Расход топлива, кг	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7
Удельные трудозатраты, чел.-ч/м		0,010		0,012	0,011
Производительность системы, м/ч		100		86	88
Мотоплуг + культиватор					
Общее время технологического процесса, ч	0,6	0,9	1,3	1,6	1,9
Математическое ожидание эффективной мощности, кВт			Плуг – 3,8; ротор – 4,4		
Удельная энергоёмкость процесса, кДж/м			101,4		
Расход топлива, кг	0,9	1,8	2,6	3,5	4,4
Удельные трудозатраты, чел.-ч/м	0,012	0,009	0,009	0,008	0,008
Производительность системы, м/ч	82	107	119	125	130

* Перерывы на 0,3 ч по условиям локальных вибрационных нагрузок на руки оператора.

Практическим результатом нашего исследования является комплекс рекомендаций по выбору комплекта почвообрабатывающих машин к мобильному лесохозяйственному средству малой механизации [4] и технологии его использования для прокладки противопожарных минерализованных полос с максимальной эксплуатационной эффективностью в условиях мелкоконтурных лесных и лесопарковых участков. Для сравнения, например, по данным [11] прокладка опорной минерализованной полосы вручную требует 0,025 ... 0,035 чел.-ч/м, а в предлагаемом варианте (см. таблицу) прогнозируемая трудоемкость составляет 0,008 ... 0,012 чел.-ч/м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арцибашев, Е.С. Лесные пожары и борьба с ними [Текст] / Е.С. Арцибашев. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 152 с.
2. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
3. Главацкий, Г.Д. Мобильные механизированные отряды в многолесных районах Сибири: актуальность, проблемы и особенности применения [Текст] / Г.Д. Главацкий, В.М. Груманс // Лесн. хоз-во. – 2001. – № 4. – С. 35–39.
4. ГОСТ 28523–90. Мобильные средства малой механизации сельскохозяйственных работ. Тракторы малогабаритные. Типы и основные параметры [Текст]. – Введ. 01.01.92. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 2 с.
5. Гришин, А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними [Текст] / А.М. Гришин; отв. ред. В.В. Пененко. – Новосибирск: Наука, 1992. – 404 с.
6. Диченков, Н.А. Современные возможности предотвращения лесных пожаров [Текст] / Н.А. Диченков // Лесн. хоз-во. – 1999. – № 5. – С. 45–48.

7. *Куличенко, В.В.* Снижение нагруженности трансмиссии лесопожарного тракторного грунтомета ГТ-3 [Текст]: дис. ...канд. техн. наук / В.В. Куличенко. – Л., 1986. – 188 с.
8. *Львов, П.Н.* Основы лесной пирологии [Текст]: текст лекций / П.Н. Львов, В.М. Барзут. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1990. – 58 с.
9. *Мясищев, Д.Г.* АЛТИ – земледельцам [Текст] / Д.Г. Мясищев, М.А. Сеников, А.А. Ровняков // Лесн. пром-сть. – 1990. – № 10. – С. 8–9.
10. *Николаенко, Н.А.* Вероятностные методы динамического расчета машиностроительных конструкций [Текст] / Н.А. Николаенко. – М.: Машиностроение, 1967. – 368 с.
11. *Орловский, С.Н.* Тяговый модуль МТ-1 к бензопилам [Текст] / С.Н. Орловский, В.Ф. Плывч // Лесн. хоз-во. – 1999. – № 3. – С. 44.
12. *Савельев, А.А.* Оценка режимов нагружения и эффективности лесомелиоративного двухфрезерного каналакопателя [Текст] / А.А. Савельев, В.В. Андреев // Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства: межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1983. – С. 60–63.
13. *Седов, Л.И.* Методы подобия и размерности в механике [Текст] / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1987. – 430 с.
14. Системный анализ в экономике и организации производства [Текст]: учеб. для вузов / С.А. Валуев, В.Н. Волкова, А.П. Градов [и др.]; под общ. ред. С.А. Валуева, В.Н. Волковой. – Л.: Политехника, 1991. – 397 с.
15. *Шешуков, М.А.* О некоторых аспектах предупреждения, обнаружения и тушения лесных пожаров [Текст] / М.А. Шешуков, С.А. Громыко // Лесн. хоз-во. – 2002. – № 5. – С. 42–43.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 17.10.06

D.G. Myasishchev

Arkhangelsk State Technical University

Substantiation of Forest-fire Technologies and Machines Based on Small-scale Mechanization

Technology and aggregates on a motor-cultivator base are justified for realizing fire prevention using a hypothesis method as the basis for system analysis methodology, by mathematical simulation and taking into account the probability character of soil-cultivating processes.

Keywords: forest fire, motor-cultivator, mineralized strip.
