



УДК 630\*432

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ И КОМПОНОВКИ ТРАКТОРНОГО ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЕТА

© *С.Н. Орловский, канд. техн. наук, доц.*

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, г. Красноярск, Россия, 660049

E-mail: orlovskiysergey@mail.ru

Вопросом чрезвычайной важности является повышение эффективности использования грунтометов на тушении кромки низовых лесных пожаров. Целью работы являлось исследование влияния конструкции грунтомета и компоновки лесопожарного агрегата на эффективность тушения. Программа предусматривала анализ влияния конструктивных особенностей грунтомета на эффективность тушения кромки лесного пожара и безопасность труда, когда агрегат попадает в зону конвекционного потока действующей кромки. Исследования проводили в натуральных условиях на макетном образце тракторного лесопожарного грунтомета фронтальной навески с гидравлическим приводом рабочего органа на базе трелевочного трактора ТТ-4. Получены зависимости удельной подачи огнегасящего вещества (грунта) на единицу площади кромки лесного пожара, обоснован выбор направления метания грунта для тушения кромки лесного пожара и особенности компоновки тракторного лесопожарного грунтомета. Обоснована возможность уменьшения ширины забросанной грунтом полосы при условии прокладки борозды рядом с потушенной кромкой и повышения эффективности работы агрегата при фронтальной схеме тушения. Рассмотрено влияние аэродинамического разделения метаемого грунта по длине струи в зависимости от коэффициента парусности на процесс тушения кромки лесного пожара. На основании полученных результатов обоснованы конструкция и компоновка тракторного лесопожарного агрегата с грунтометом фронтальной навески в виде роторного метателя с подвижным направляющим кожухом и определены параметры метания грунта, что позволит увеличить дальность метания и получить возможность управления дальностью и направлением полета струи грунта во время работы агрегата.

*Ключевые слова:* грунтомет, технология, тушение, компоновка, конструкция.

Для тушения кромки лесного пожара грунтом и прокладки минерализованных заградительных барьеров и опорных полос используют тракторные грунтометры и полосопрокладыватели. Принципиальное их отличие состоит в том, что первые метают грунт на кромку пожара, вторые выполняют прокладку минерализованной полосы с отбрасыванием продуктов резания. Анализ технологий применения грунтометов (АЛФ-10, ГТ-2, ГТ-3, ОФ-1 и др.) на тушении лесных пожаров [2, 4, 6] показывает, что эти орудия фактически являются полосопрокладывателями с шириной минерализованной полосы до

10...20 м. Однако по условиям техники безопасности работа тракторного агрегата не может выполняться ближе 20 м от кромки лесного пожара.

Целью исследований является выбор направления метания грунта для тушения кромки лесного пожара и обоснование компоновки тракторного лесопожарного грунтомета. При этом необходимо изучить влияние конструктивных особенностей грунтомета на эффективность тушения кромки лесного пожара.

Экспериментальные исследования выполнены на созданном с участием автора лесопожарном агрегате на базе трактора ТТ-4 [5].

Существующая технология активного тушения кромки пожара и разработанные для нее орудия имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что метание грунта на кромку лесного пожара производится перпендикулярно к траектории движения агрегата. При этом орудие создает заградительную полосу максимальной ширины, но она может быть реализована только против тыла и флангов. При борьбе же с фронтом лесного пожара Е.С. Арцыбашев [1] рекомендует создавать лишь заградительные полосы, так как грунт необходимо метать против ветра, что уменьшает дальность его транспортировки (рис. 1).

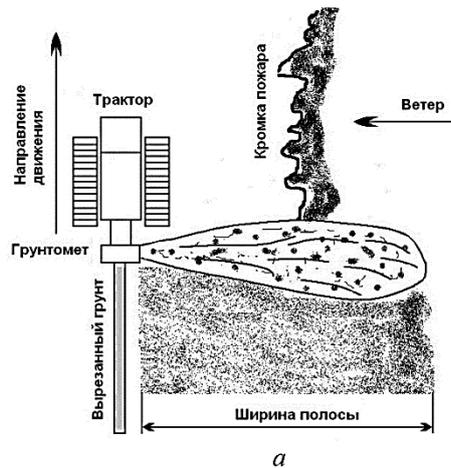


Рис. 1. Тушение фронтальной кромки лесного пожара грунтометом в перпендикулярном (а) и продольном (под углом) (б) направлениях к кромке



б

Ширина кромки пожара составляет всего 3...7 % от ширины засыпанной грунтом полосы и находится в конце засыпанной зоны, т. е. на активное тушение используется незначительная часть перемещаемого грунта.

Удельная подача  $q$  огнегасящего вещества (грунта) на единицу площади кромки лесного пожара определяется из уравнения

$$q = \gamma ab/A, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – объемная масса грунта, кг/м<sup>3</sup>;

$a$  – глубина борозды, м;

$b$  – ширина борозды, м;

$A$  – ширина полосы, забросанной грунтом, м.

Из (1) видно, что для увеличения расхода грунта на тушение кромки пожара необходимо уменьшать ширину забрасываемой им полосы. При метании грунта перпендикулярно кромке пожара (рис. 1, *a*) дальность транспортировки равна ширине заброски  $l$ , т. е.  $l = A$ . Поэтому для поддержания требуемого расхода грунта на тушение необходимо увеличивать объем его разработки или уменьшать дальность бросания. Первое ведет к возрастанию затрат энергии, второе – к снижению безопасности труда при тушении фронта лесного пожара, когда агрегат попадает в зону конвекционного потока действующей кромки.

Уменьшение ширины забросанной грунтом полосы возможно лишь тогда, когда борозда будет прокладываться рядом с уже потушенной кромкой. Для этого необходимо изменить направление метания с перпендикулярного кромке пожара на продольное, под углом к ней (рис. 1, *б*). Преимущество данной схемы очевидно, так как минимальное значение  $A$  может быть равно ширине кромки пожара.

Поэтому метание грунта будет осуществляться с отклонением от направления движения машины с таким расчетом, чтобы в зоне действия струи оказалась вся кромка. Недалеко от кромки могут быть отдельные интенсивные очаги горения, поэтому необходимо предусмотреть возможность их прицельного тушения путем поворота струи грунта в горизонтальной плоскости.

При разработке грунта орудием в струе оказывается все, что находится на поверхности и в верхних слоях почвы. В связи с неоднородностью транспортируемого материала происходит его аэродинамическое распределение по длине струи в зависимости от коэффициента парусности  $C_{\Pi}$ , определяемого по формуле [3]:

$$C_{\Pi} = k\gamma_v F_m / (gm), \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент сопротивления;

$\gamma_v$  – удельная масса воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$F_m$  – миделевое сечение, т.е. площадь проекции метаемых кусков на плоскость перпендикулярно направлению скорости, м<sup>2</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения тела, м/с<sup>2</sup>;

$m$  – масса частицы транспортируемого материала, кг.

Из уравнения (2) видно, что для снижения коэффициента сопротивления необходимо увеличивать массу транспортируемых частиц и уменьшать их миделево сечение. Транспортировка грунта в виде пластов дернины позволяет значительно увеличить дальность метания. Коэффициент парусности при этом не превышает 0,01.

При падении пласта дернины и его движении по земле происходит отряхивание грунта, т. е. постепенное разрушение пласта в воздухе и на земле способствует увеличению дальности транспортировки основной массы грунта. Опад и подстилка состоят из частиц с малым объемным весом, обладают большим коэффициентом парусности (до 0,80) и легко сепарируются, способствуя образованию пыли.

В результате различного коэффициента парусности транспортируемые материалы распределяются по длине струи грунта следующим образом: вначале опад и подстилка, затем грунт в мелких фракциях и в конце пласт, состоящий из живого напочвенного покрова с остатками грунта на корнях. Каждый компонент струи обладает различными огнегасящими свойствами. Опад и подстилка – горючие материалы, которые приходится тушить во время пожара, грунт – огнегасящее средство. Метаемые пласты дернины при падении на землю, а также во время перекачивания и скольжения по ней сбивают пламя, разрушают горящий слой, охлаждают и изолируют его от окружающей среды, т. е. производят активное тушение кромки пожара.

При транспортировке грунта перпендикулярно оси движения машины кромка пожара может находиться на любом участке струи, а значит и эффект от ее действия будет различный. При транспортировке грунта по ходу движения агрегата вначале на действующую кромку пожара падают пласты дернины, значительно снижая его интенсивность (рис. 2). Затем на ослабленную кромку пожара воздействует чистый грунт, производя окончательное тушение. Опад и лесная подстилка, обладая большей по сравнению с грунтом парусностью и меньшей массой, падают, не долетая до кромки пожара.

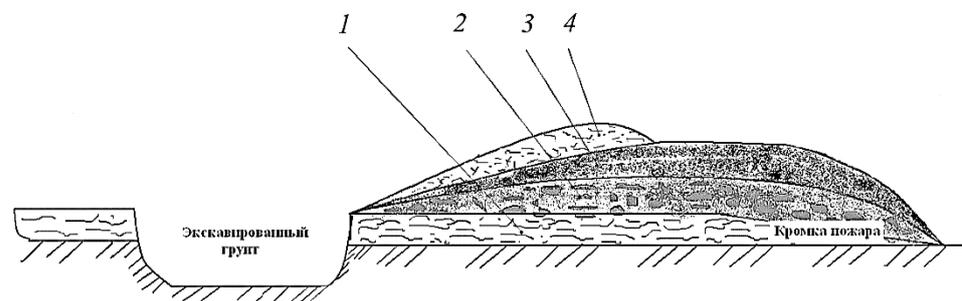


Рис. 2. Послойное распределение метательного материала: 1 – подстилка; 2 – пласты дернины и грунта; 3 – чистый грунт; 4 – отвесные опад и подстилка

Таким образом, эффективность тушения возрастает. Двигаясь рядом с потушенной кромкой, тракторист и оператор могут визуально наблюдать за эффективностью действия струи грунта и направлять ее на кромку пожара. При тушении агрегат находится вне влияния действующей кромки пожара любой интенсивности горения.

Управление струей предполагает возможность вести прицельную подачу грунта в любую точку кромки пожара в зоне действия струи. В грунтотемах с неподвижными направляющими кожухами этого добиваются путем их поворота. При этом контакт грунта с кожухом приводит к торможению и дроблению транспортируемого материала, что отрицательно оказывается на дальности метания и повышает энергоемкость процесса.

Рассматриваемая конструкция роторного метателя с подвижным направляющим кожухом позволяет снизить энергоемкость процесса; увеличить дальность метания; получить возможность управления дальностью и направлением полета струи грунта во время работы агрегата. Изменение угла выброса можно осуществить изменением момента обгона ковшеобразной лопасти фрезы лопастью метателя (рис. 3) [7].

При повороте редуктора 2 относительно рамы 9 с помощью гидроцилиндра происходит поворот относительно друг друга вращающегося кожуха 5 и лопастей метателя 7, что приводит к перемещению точки обгона, а значит, и к изменению момента выброса грунта из него. Частота вращения вала 3 метателей (рис. 3, б) в 2 раза превышает частоту вращения вращающегося кожуха 5, что позволяет получать совпадение его окон с лопастями метателя 7 два раза за один оборот кожуха 5. При навеске орудия на трактор последний должен быть оборудован системой гидравлического отбора мощности [7].

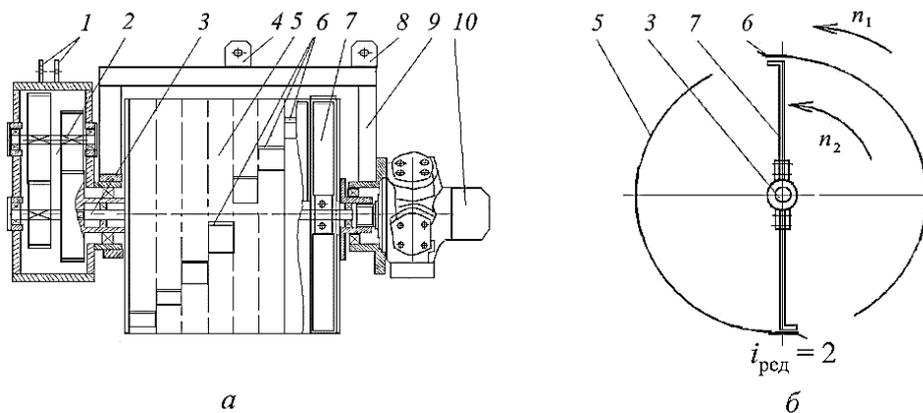


Рис. 3. Схемы грунтотема (а) и механизма (б) управления дальностью метания: 1 – кронштейн крепления гидроцилиндра поворота редуктора; 2 – редуктор привода метателей и управления дальностью струи грунта; 3 – вал метателей; 4 – кронштейн навески; 5 – ротор фрезы (вращающийся кожух); 6 – нож; 7 – лопасть метателя; 8 – кронштейн гидроцилиндра управления поворотом в горизонтальной плоскости; 9 – рама; 10 – высокомоментный радиально-поршневой гидравлический двигатель

При передаточном числе редуктора  $i = 2$  угол поворота редуктора равен углу изменения направления метания в вертикальной плоскости. Изменение угла выброса происходит в вертикальной плоскости вдоль оси машины. Выброс грунта в сторону осуществляется за счет поворота рабочего органа в горизонтальной плоскости на кронштейне 4. Управление направлением и дальностью метания грунта осуществляет оператор посредством рычагов управления гидрораспределителем, воздействующим на гидроцилиндры поворота редуктора и рамы грунтомета (не показаны). При испытаниях производительность по метанию грунта составила  $500 \text{ м}^3/\text{ч}$  [7].

Таким образом, если рассматривать процесс тушения с точки зрения количества расходуемого огнегасящего материала, можно сделать вывод о необходимости тушения кромки лесного пожара перед агрегатом. Наиболее целесообразно при тушении кромки лесного пожара под пологом древостоя создавать струю грунта высотой над поверхностью почвы не более 3 м, длиной 15...20 м. Точка выброса должна быть выше напочвенного покрова. При активном тушении фронтальной кромки необходимо сбивать пламя перед лесопожарным агрегатом с навесным орудием, расположенным в его передней части.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арцыбашев Е.С.* Лесные пожары и борьба с ними. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 149 с.
2. *Курбатский Н.П., Цыкалов А.Г.* Параметры фронтальной кромки пожара в лиственничниках на вечной мерзлоте // Лесн. журн. 1991. № 3. С. 3–6. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Летошнев М.Н.* Сельскохозяйственные машины. М.: Сельхозгиз, 1955. С. 609.
4. Результаты испытания тракторного грунтомета ГТ-3 и совершенствование его конструкции / А.Н. Чукичев, Ю.М. Кодянов, Е.В. Веденина, Г.Е. Фомин // Механизация лесохозяйственных работ в таежной зоне: сб. науч. тр. Л.: ЛеНИИЛХ, 1981. С. 94–107.
5. *Стахеев Ю.И., Орловский С.Н.* Оборудование трактора ТТ-4 для лесохозяйственных работ // Лесн. хоз-во. 1976. № 9. С. 61–63.
6. *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.
7. *Халитов, А.Г., Худоногов Ю.А.* Результаты испытания тракторного грунтомета // Горение и пожары в лесу: тез. докл. и сообщений 1-го Всесоюз. науч.-техн. совещания. Красноярск, 1978. С. 159–160.

Поступила 13.03.12

#### Technology and Structural Configuration of a Fire-Fighting Soil-Thrower

*S.N. Orlovsky, Candidate of Engineering, Associate Professor*

Krasnoyarsk State Agrarian University, pr. Mira, 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia

E-mail: orlovskiysergey@mail.ru

Increasing the efficiency of soil-throwers to extinguish ground fires at their edges is an issue of utmost importance. The paper studied how the design of the soil-thrower and

structural configuration of the fire-fighting unit affects fire extinguishing. The research program assessed the effect of the soil-thrower's design features on extinguishing forest fire at its edges and occupational safety when the unit gets into the convective flow zone of the current edge. The studies were conducted under natural conditions on the model tractor-drawn front-mounted soil-thrower with hydraulic actuator based on TT-4 skidder. A relation between the supply of extinguishant (soil) and the area of the fire edge was obtained; the choice of direction of soil throwing and the structural configuration of the fire-fighting soil-thrower were justified. The author proves it possible to reduce the width of the line covered with soil by digging a trench near the extinguished edge and to make the unit more efficient at frontal extinguishing.

In addition, the paper studied the influence of aerodynamic separation of the thrown soil along the jet length, depending on the sailing coefficient, on the process of fire edge extinguishing. The obtained results allow us to justify the design and structural configuration of the tractor-drawn unit with front-mounted soil-thrower in the form of a rotary thrower with a movable guide casing and determine soil-throwing parameters in order to increase the throwing range and control the range and direction of the soil jet during operation.

*Keywords:* soil-thrower, technology, fire extinguishing, structural configuration, design.

#### REFERENCES

1. Artsybashev E.S. *Lesnye pozhary i bor'ba s nimi* [Forest Fires and Their Control]. Moscow, 1974. 149 p.
2. Kurbatskiy N.P., Tsykalov A.G. Parametry frontal'noy kromki pozhara v listvennichnikakh na vечноy merzlyote [Parameters of Fire Front Edge in Larch Forests on Permafrost Soil]. *Lesnoy zhurnal*, 1991, no. 3, pp. 3–6.
3. Letoshnev M.N. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny* [Agricultural Machinery]. Moscow, 1955, p. 609.
4. Chukichev A.N., Kodyanov Yu.M., Vedenina E.V., Fomin G.E. Rezul'taty ispytaniya traktornogo gruntometa GT-3 i sovershenstvovanie ego konstruktsii [Test Results of GT-3 Soil-Thrower and Improvement of Its Design]. *Mekhanizatsiya lesokhozyaystvennykh rabot v taezhnoy zone: sb. nauch. tr.* [Mechanization of Forestry Operations in the Taiga Zone: Collected Papers]. Leningrad, 1981, pp. 94–107.4.
5. Stakheev Yu.I., Orlovskiy S.N. Oborudovanie traktora TT-4 dlya lesokhozyaystvennykh rabot [Equipment of TT-4 Tractor for Forestry Operations]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1976, no. 9, pp. 61–63.
6. Fomin G.E., Niukkanen V.V. Osobennosti konstruktsii i parametry lesopozharnogo agregata ALF-10 [Design Features and Parameters of ALF-10 Forest Fire-Fighting Unit]. *Mekhanizatsiya lesokhozyaystvennykh rabot na severo-zapade Tazhnoy zony: sb. nauch. tr.* [Mechanization of Forestry Operations in the Northwest of the Taiga Zone: Collected Papers]. Leningrad, 1987, pp. 59–65.
7. Khalitov A.G., Khudonogov Yu.A. Rezul'taty ispytaniya traktornogo gruntometa [Soil-Thrower Test Results]. *Gorenie i pozhary v lesu: tez. dokl. i soobshcheniy pervogo Vsesoyuz. nauch.-tekhn. soveshchaniya* [Burning and Forest Fires: Proc. 1st All-Union Sci. and Tech. Meeting]. Krasnoyarsk, 1978, pp. 159–160.