

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЕТА

В статье дано обоснование зависимости объема вырезанного грунта от угла наклона рабочего органа грунтомета к обрабатываемой поверхности.

**Ключевые слова:** зависимость, вырезанный грунт, обрабатываемая поверхность, угол наклона, рабочий орган, грунтомет.

I.S. Fedorchenko, E.I. Maksimov, E.E. Nesterov

## THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS FOR SOIL THROWER FOR FOREST FIRE SUPPRESSION

The substantiation of cut out soil volume dependence on the slope angle of the soil thrower working body to the surface being processed is given in the article.

**Key words:** dependence, the cut out soil, surface being processed, slope angle, working body, the soil thrower.

**Введение.** Проблема профилактики и борьбы с лесными пожарами в нашей стране с каждым годом становится все более актуальной. Основную часть лесных пожаров составляют низовые пожары различной интенсивности, борьба с которыми занимает большое количество времени и средств. При этом применяются различные способы и оборудование, среди которых преобладает использование ручного труда и технических разработок, морально устаревших и малоэффективных.

Анализ существующего оборудования и способов тушения лесных, в частности, низовых пожаров [1], позволяет сделать вывод о том, что наиболее перспективными в этом плане являются профилактика (создание минерализованных, опорных полос) и тушение грунтом, так как грунт был и остается одним из наиболее эффективных огнетушащих средств.

**Материалы и методы исследований.** С этой целью на кафедре автомобилей, тракторов и лесных машин Сибирского государственного технологического университета разработан (рис. 1) и получен патент [2] на лесопожарный грунтомет, одной из отличительных сторон которого является то, что в процессе работы грунтомета фрезерование (отделение стружки от массива) грунта происходит перпендикулярно движению рабочего органа и под углами к обрабатываемой поверхности, в зависимости от почвенных условий.

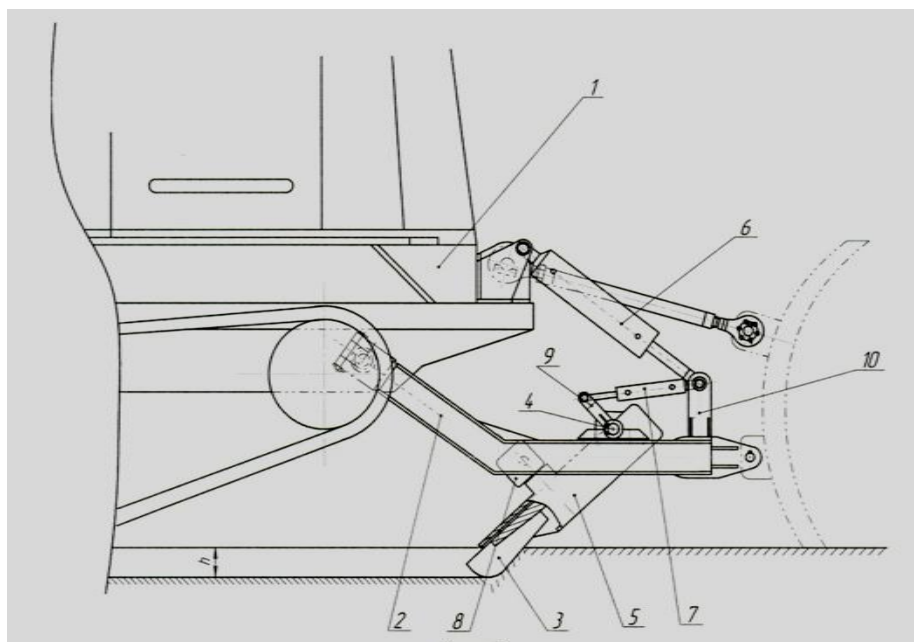


Рис. 1. Общий вид фронтального лесопожарного грунтомета

Изобретение решает задачу повышения эксплуатационных показателей при прокладывании защитных минерализованных полос и тушении низовых пожаров грунтом.

Технический результат заключается в обеспечении равномерного разбрасывания грунта по всей ширине минерализованной полосы.

Указанный технический результат достигается тем, что в фронтальном лесопожарном грунтомете, содержащем рабочий орган с метателями, механизм метания грунта, привод управления рабочим органом и направляющий кожух, новым является то, что рабочий орган установлен на оси качания, вынесенной за центр масс рабочего органа, закрыт направляющим кожухом, соединенным через рычаг с нагружающим гидроцилиндром для подъема и опускания рабочего органа, выполнен в виде ножей-метателей, оформленных как участок спирали «жезл», установленных на фрезерном диске под углом  $\alpha$  между задней кромкой ножа и плоскостью вращения фрезерного диска, повернутых относительно задней кромки в сторону движения на угол  $\beta$ , и закрыт направляющим кожухом.

Фронтальный лесопожарный грунтомет (см. рис. 1) работает следующим образом. Тракторный отвал снимает верхнюю часть почвенного слоя, в котором могут находиться материалы, поддерживающие процесс горения, а также инородные тела в виде камней и т.п. При этом фронтальный лесопожарный грунтомет заглубляется в обработанную почву на определенную глубину  $h$  посредством собственного веса, а при необходимости догружается с помощью гидроцилиндра 7. Энергоустановка 8, например, гидромотор, работающий от гидросистемы базовой машины, передает крутящий момент валу рабочего органа 3 фронтального лесопожарного грунтомета. От вала рабочего органа крутящий момент передается на рабочий орган 3, который вращается и при движении фронтального лесопожарного грунтомета вперед производит отделение стружки почвы от массива, а также метает и равномерно распределяет по ширине минерализованной полосы срезанный объем грунта. Равномерное распределение грунта по ширине минерализованной полосы осуществляется за счет ножей-метателей, выполненных в виде участка спирали «жезл», при этом толщина стружки грунта больше, чем путь, пройденный трактором за цикл резания. Метание происходит в результате придания срезанной части грунта разной кинетической энергии на разных участках ножей-метателей. Для направления метаемого грунта используется направляющий кожух 5. При встрече с препятствием рабочий орган приподнимается над ним, так как установлен шарнирно на оси качания 4.

На основании вышеописанного патента был изготовлен экспериментальный образец [3], используемый в дальнейшем для проведения экспериментальных исследований, в ходе которых было установлено, что в процессе фрезерования, например, торцовая фреза диаметра  $D$  (рис. 2, а) вырезает сегмент в грунте, с длиной хорды  $C_{\phi}$ , при глубине резания  $h$ , при этом угол наклона фрезы к обрабатываемой поверхности составляет  $\gamma = \frac{\pi}{2}$ .

При фрезеровании рабочий орган лесопожарного грунтомета такого же диаметра  $D$  с углом наклона к обрабатываемой поверхности  $\gamma < \frac{\pi}{2}$  (рис. 2, б), при той же глубине резания  $h$  вырезает сегмент в грунте с длиной хорды  $C_{гр}$ .

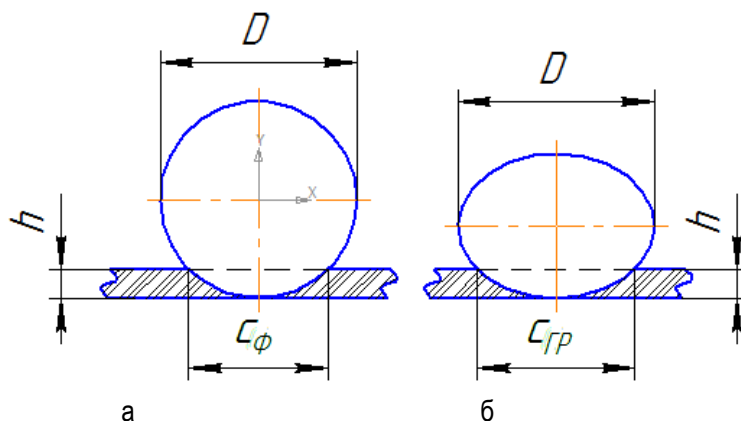


Рис. 2. Экспериментальный образец:  
а – торцовая фреза; б – рабочий орган лесопожарного грунтомета

Из рисунка 2 видно, что  $C_{\phi} < C_{гр}$ . Определим зависимость объема эскавированного грунта от угла наклона фрезы грунтмета к обрабатываемой поверхности.

Для этого рассмотрим треугольник ABC (рис. 3), образуемый плоскостью рабочего органа и грунтом, со сторонами

$$BC=h \text{ и } AC=h_1,$$

где  $h$  – глубина резания грунта;

$h_1$  – стрелка дуги окружности, образуемая концами ножей при вращении рабочего органа (1):

$$h_1 = \frac{AC}{h} = \frac{h}{\sin \gamma}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – угол наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности.

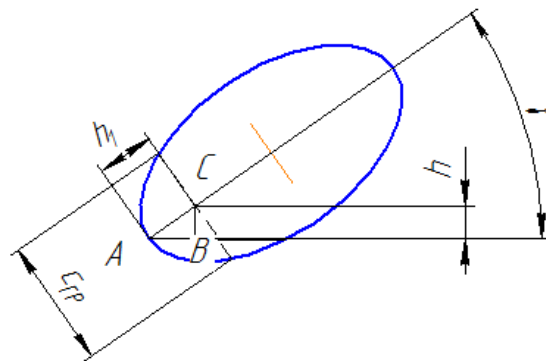


Рис. 3. К обоснованию увеличения ширины прорезаемой в грунте борозды (длины хорды) в зависимости от угла наклона рабочего органа лесопожарного грунтмета к обрабатываемой поверхности

Воспользовавшись формулами соотношения стрелки дуги и хорды окружности, получим выражение (2):

$$c_{гр} = 2 \frac{\sqrt{h \cdot (2 \cdot r \cdot \sin \gamma) - h}}{\sin \gamma}, \quad (2)$$

где  $c_{гр}$  – длина хорды окружности с учетом угла наклона к обрабатываемой поверхности, м;

$h$  – глубина резания грунта, м;

$r$  – радиус рабочего органа по концам ножей, м.

Полученная зависимость показывает изменение ширины прорезаемой в грунте борозды от угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности.

Рассчитаем площадь сегмента образуемого окружностью в зависимости от угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности (рис. 4), выражение (3):

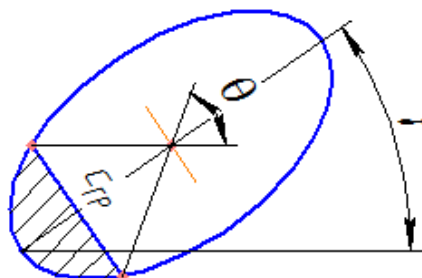


Рис. 4. Площадь сегмента, образуемого окружностью, в зависимости от угла наклона рабочего органа к горизонту

$$S_{\text{сегм}} = \frac{r^2}{2} \cdot (\theta - \sin \theta) \quad (3)$$

где  $r$  – радиус рабочего органа, м;  
 $\theta$  – центральный угол, радиан;  
 Выразим  $\sin \theta$  и  $\theta$  через хорду  $c_{\text{ГР}}$ .

$$c_{\text{ГР}} = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\theta}{2} \quad (4)$$

$$\sin \theta = \frac{c_{\text{ГР}}}{2 \cdot r} \cdot \sqrt{4r^2 - c_{\text{ГР}}^2} \quad \text{и} \quad \theta = 2 \arcsin \frac{c_{\text{ГР}}}{2r} \quad (5)$$

Тогда, подставив выражения (5) в выражение (3), получим площадь сегмента

$$S_{\text{сегм}} = r^2 \cdot \left( \arcsin \frac{c_{\text{ГР}}}{2 \cdot r} - \frac{c_{\text{ГР}}}{4 \cdot r^2} \cdot \sqrt{4r^2 - c_{\text{ГР}}^2} \right) \quad (6)$$

После подстановки длины хорды  $c_{\text{ГР}}$  выражения (2) в выражение (6), выразим площадь сегмента  $S_{\text{сегм}}$  через глубину резания и угол наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности, упростив, получим выражение (7).

$$S_{\text{сегм}} = r^2 \cdot \arcsin \sqrt{\frac{-h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)}{r \cdot \sin \gamma}} - \frac{\sqrt{-h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)} \cdot \sqrt{r^2 + \frac{h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)}{\sin^2 \gamma}}}{r^2 \cdot \sin \gamma} \quad (7)$$

где  $h$  – глубина резания, м;  
 $\gamma$  – угол наклона рабочего органа к обработанной поверхности, радиан. (5)

Чтобы определить площадь проекции сегмента окружности на вертикальную плоскость, перпендикулярную направлению движения агрегата, вырезаемого рабочим органом в грунте (фигуры, образуемой при поперечном сечении борозды), необходимо полученное выражение площади сегмента  $S_{\text{сегм}}$  умножить на  $\sin \gamma$  (8):

$$S_{\text{проект. сегм}} = S_{\text{сегм}} \cdot \sin \gamma \quad (8)$$

Или, подставив выражение (8) в выражение (7), получим

$$S_{\text{сегм}} = r^2 \cdot \sin \gamma \cdot \arcsin \sqrt{\frac{-h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)}{r \cdot \sin \gamma}} - \frac{\sqrt{-h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)} \cdot \sqrt{r^2 + \frac{h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)}{\sin^2 \gamma}}}{r^2 \cdot \sin \gamma} \quad (9)$$

Для определения объема вырезанного грунта рабочим органом с углом наклона к обрабатываемой поверхности необходимо выражение (9) умножить на длину гона  $L_{\text{ГОН}}$ :

$$V_{\text{ЭСК.ГР}} = r^2 \cdot \sin \gamma \cdot \arcsin \sqrt{\frac{-h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)}{r \cdot \sin \gamma}} - \frac{\sqrt{-h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)} \cdot \sqrt{r^2 + \frac{h \cdot (h - 2 \cdot r \cdot \sin \gamma)}{\sin^2 \gamma}}}{r^2 \cdot \sin \gamma} \cdot L_{\text{ГОН}} \quad (10)$$

где  $V_{\text{ЭСК.ГР}}$  – объем эскавированного грунта, м<sup>3</sup>;  
 $L_{\text{ГОН}}$  – длина гона, м.

На основании выражения (10) была получена графическая зависимость объема вырезанного грунта от угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности и глубины резания, представленная на рисунке 5.

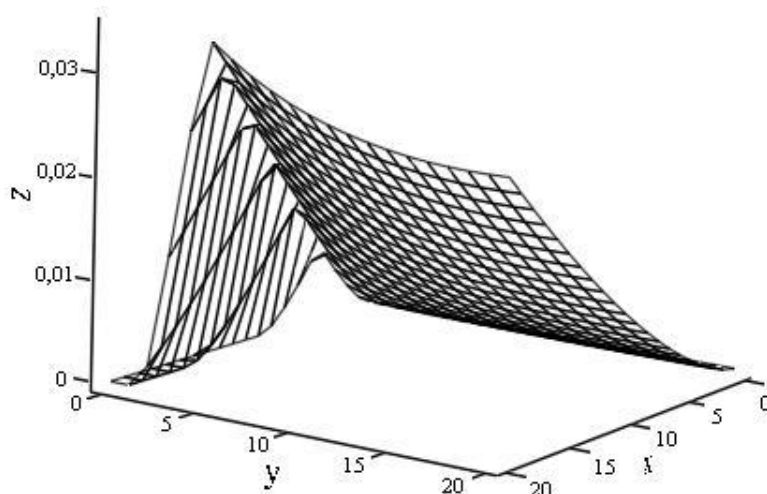


Рис. 5. Зависимость объема вырезанного грунта ( $Z$ ) от угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности ( $Y$ ) и глубины резания ( $X$ )

Из рисунка 5 видно, что с уменьшением угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности и увеличением глубины резания происходит увеличение объема вырезанного грунта. При этом, чем больше радиус рабочего органа, тем больше проявляется зависимость объема грунта от угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности. График данной зависимости представлен на рисунке 6.

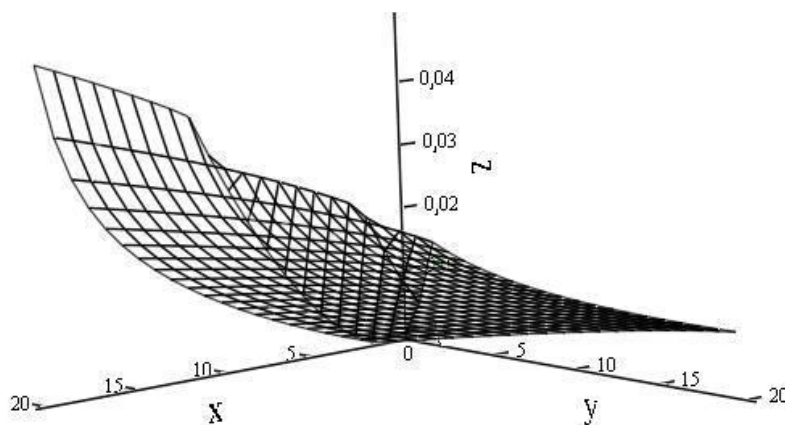


Рис. 6. Зависимость объема вырезанного грунта ( $Z$ ) от угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности ( $Y$ ) и радиуса рабочего органа ( $X$ )

### Выводы

1. Разработано новое устройство для тушения лесных низовых пожаров грунтом, содержащее режущие элементы, выполненные в виде участка спирал «жестл», позволяющие равномерно распределять вырезанный грунт по ширине отсыпаемой части минерализованной полосы, на основании которого изготовлен экспериментальный образец.
2. Дано теоретическое обоснование объема эскавированного грунта от различных углов наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности, различных глубин резания и радиусов рабочего органа.
3. Графически показана зависимость объема вырезанного грунта от угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности и радиуса рабочего органа.

## Литература

1. Федорченко И.С., Максимов Е.И. Анализ существующего оборудования для тушения лесных пожаров грунтом // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сб. тр. Всерос. конф. – Красноярск, 2009. – Т. 1. – С. 192–194.
2. Пат. 2400274 РФ, МПКЗ А62С27/00. Фронтальный лесопожарный грунтомет / Максимов Е.И., Федорченко И.С. – № 2009114066; заявл. 13.04.2009.
3. Федорченко И.С., Максимов Е.И. Экспериментальное устройство для метания грунта // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. тр. Всерос. конф. – Красноярск, 2009. – Т. 2. – С. 234–239.
4. Общетеchnический справочник / Е.А. Скороходов, В.П. Законников, А.Б. Пакнис [и др.]; под общ. ред. Е.А. Скороходова. – 4-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1990. – 496 с.



УДК 631.31:658.382.3

О.К. Никольский, Н.И. Черкасова, Т.В. Ерёмкина

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДО 1000 В

*Рассмотрены варианты использования устройств защитного отключения в различных системах электроснабжения. Обоснованы основные пути развития систем электробезопасности, содержащие в своем составе активные и пассивные меры электрической защиты.*

**Ключевые слова:** устройство системы электроснабжения защитного отключения, нулевые рабочие и защитные проводники.

О.К. Nikolskiy, N.I. Cherkasova, T.V. Yeremina

## THE IMPROVEMENT OF PROTECTING CUTOUT IN POWER SUPPLY SYSTEMS UP TO 1000 V

*The variants of the use of power supply system protecting cutout are considered. The basic ways of electrical safety system development, containing the active and passive electrical protection measures are substantiated.*

**Key words:** device of power supply protecting cutout system, zero working and protective conductors.

Известно, что электрический ток в силу специфического моментального биологического воздействия на наиболее важные органы жизнедеятельности человека, а также по причине его массового использования представляет большую опасность как для людей, так и для среды обитания (пожары в электроустановках составляют 30–40 % от общего их числа).

Ограничиваясь рассмотрением электроустановок до 1000 В промышленной частоты, приведем принцип (основное правило) электробезопасности: токоведущие части электроустановки (ТЧЭ) не должны быть доступны для прикосновения к ним, а доступные прикосновению открытые проводящие части (ОПЧ), сторонние проводящие части (СПЧ), защитные и заземляющие РЕ- и PEN-проводники не должны быть опасными при прикосновении к ним как при нормальном режиме работы, так и при повреждении изоляции токоведущих частей. Этот принцип может быть реализован путем построения трех уровней защиты: основной, защитой при повреждении изоляции и дополнительной.

Основная защита обеспечивается применением мер против прямого контакта между человеком и опасными токоведущими частями. Сюда следует отнести основную изоляцию токоведущих частей, защитные оболочки, барьеры и физическое отделение (размещение токоведущих частей за пределами досягаемости).