



УДК 630.432.31

И.С. Федорченко, Я.С. Гончарова, Е.Е. Нестеров

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА ЧАСТИЦ ГРУНТА ПРИ РАБОТЕ ГРУНТОМЕТА

В статье исследуется область применения грунтометов. Приведена последовательность их действий для определения дальности полета метаемых частиц.

Ключевые слова: методика, область применения, грунтомет, дальность полета частиц.

I.S. Fedorchenko, Ya.S. Goncharova, E.E. Nesterov

THE METHODOLOGY FOR THE DETERMINATION OF THE SOIL PARTICLE FLIGHT DISTANCE IN THE OPERATION OF THE SOIL THROWER

The scope of the soil thrower use is researched in the article. The sequence of their actions to determine the flight distance of the thrown particles is given.

Key words: methodology, use scope, soil thrower, particle flight distance.

Введение. Лесное хозяйство Российской Федерации в настоящее время продолжает оставаться во многом слабой отраслью, требующей существенной модернизации и основных направлений деятельности с использованием современных инновационных научно-технических достижений [1].

В этой связи актуальным направлением является внедрение нового оборудования, малогабаритного по размерам и универсального по технологическому назначению. Одним из образцов такого рода оборудования являются грунтометы [2], область применения которых представлена на рис. 1.

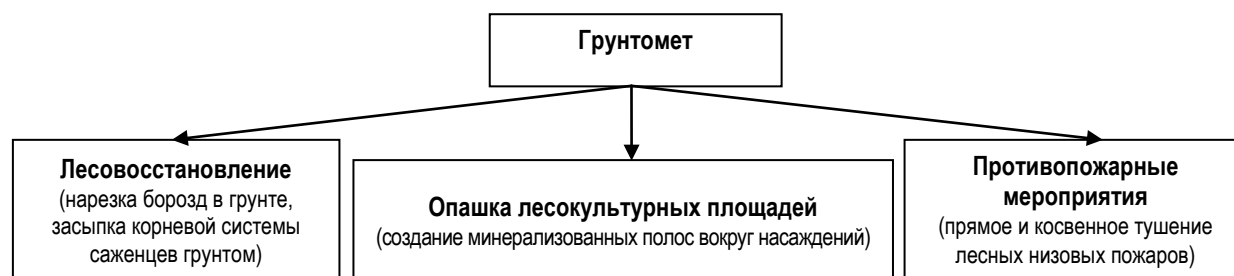


Рис. 1. Область применения грунтометов

В наше время в России и зарубежных странах широкое применение находят машины и оборудование с активными рабочими органами для проведения лесовосстановительных и лесохозяйственных работ путем нарезки борозд в грунте в сложных условиях движения оборудования, перемещения грунта для засыпки корневой системы саженца, опашки созданных лесокультурных площадей, а также проведения противопожарных мероприятий.

Материалы и методы исследований. При использовании грунтометов его фреза вырезает в грунте борозду определенной ширины [3], а вырезанный грунт, перемещаясь по лопаткам фрезы, откидывается (метается) на некоторое расстояние. Одним из вариантов определения этого расстояния служит построение траектории полета частиц свойств как самого грунта, так и свойств воздушной среды.

Для определения траектории полета частиц грунта в сопротивляющейся среде необходимо знать коэффициент сопротивления окружающей среды. С этой целью ведем коэффициент $k_{сопр0}$, учитывающий сопротивление двух видов: ламинарное (рассчитываемое по формуле Стокса) и лобовое (рассчитываемое через

миделево сечение). При этом для повышения точности расчетов процесс движения от момента слета частицы с лопатки и до момента падения на землю необходимо разделить на «n» равных по времени частей.

$$k_{\text{comp}0} = \frac{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}{m} + \frac{c \cdot S \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_0}{2 \cdot m}, \quad (1)$$

где η – вязкость воздуха, Па·с; r – радиус частицы грунта, м; $c_{\text{зп}}$ – коэффициент лобового сопротивления грунта; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³; V_0 – начальная скорость вылета частицы, м/с; S – миделево сечение частицы грунта, м; m – масса частицы грунта, определяемая из выражения (2).

$$m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3. \quad (2)$$

Далее определим проекции ускорения a_{0x} , a_{0y} по выражению:

$$\begin{aligned} a_{0x} &= -V_0 \cdot \text{Cos}(\varphi_{\text{cx}}) \cdot k_{\text{comp}0}, \\ a_{0y} &= -g - V_0 \cdot \text{Sin}(\varphi_{\text{cx}}) \cdot k_{\text{comp}0}, \end{aligned} \quad (3)$$

проекции скоростей V_{1x} , V_{1y} из выражения (4):

$$\begin{aligned} V_{1x} &= V_0 \cdot \text{Cos}(\varphi_{\text{cx}}) - V_0 \cdot \text{Cos}(\varphi_{\text{cx}}) \cdot k_{\text{comp}0} \cdot \Delta t, \\ V_{1y} &= V_0 \cdot \text{Sin}(\varphi_{\text{cx}}) - V_0 \cdot \text{Sin}(\varphi_{\text{cx}}) \cdot k_{\text{comp}0} \cdot \Delta t - g \cdot \Delta t \end{aligned} \quad (4)$$

где Δt – шаг по времени, с.

Проекции скоростей S_{1x} , S_{1y} найдем из выражения (5):

$$\begin{aligned} S_{1x} &= \frac{1}{2} \cdot \Delta t \cdot (2V_0 \cdot \text{Cos}(\varphi_{\text{cx}}) - V_0 \cdot \text{Cos}(\varphi_{\text{cx}}) \cdot k_{\text{comp}0} \cdot \Delta t), \\ S_{1y} &= \frac{1}{2} \cdot \Delta t \cdot (2V_0 \cdot \text{Sin}(\varphi_{\text{cx}}) - V_0 \cdot \text{Sin}(\varphi_{\text{cx}}) \cdot k_{\text{comp}0} \cdot \Delta t - g \cdot \Delta t) \end{aligned} \quad (5)$$

Определим угол схода $\varphi_{\text{cx}1}$ и V_1 с учетом их изменения за время Δt по выражению:

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{cx}1} &= \text{arctg}\left(\frac{V_{1y}}{V_{1x}}\right), \\ V_1 &= \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Цикл (1)–(6) повторяется до тех пор, пока S_{ny} , где n – количество шагов не станет меньше нуля. Далее определим дальность L и высоту H полета по выражению:

$$\begin{aligned} L &= \sum S_{1x} + S_{2x} + S_{3x} + \dots + S_{nx} \\ H &= \max \sum S_{1y} + S_{2y} + S_{3y} + \dots + S_{ny} \end{aligned} \quad (7)$$

На рисунках 2–3 представлены траектории полета частиц песка различного гранулометрического состава.

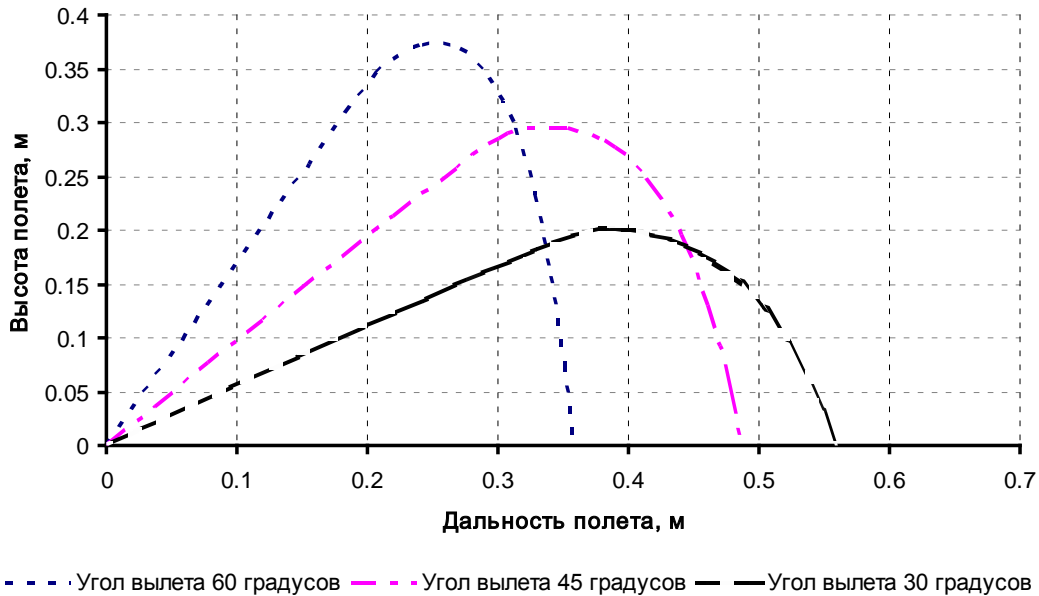


Рис. 2. Траектория полета частиц грунта радиусом 0,12 мм

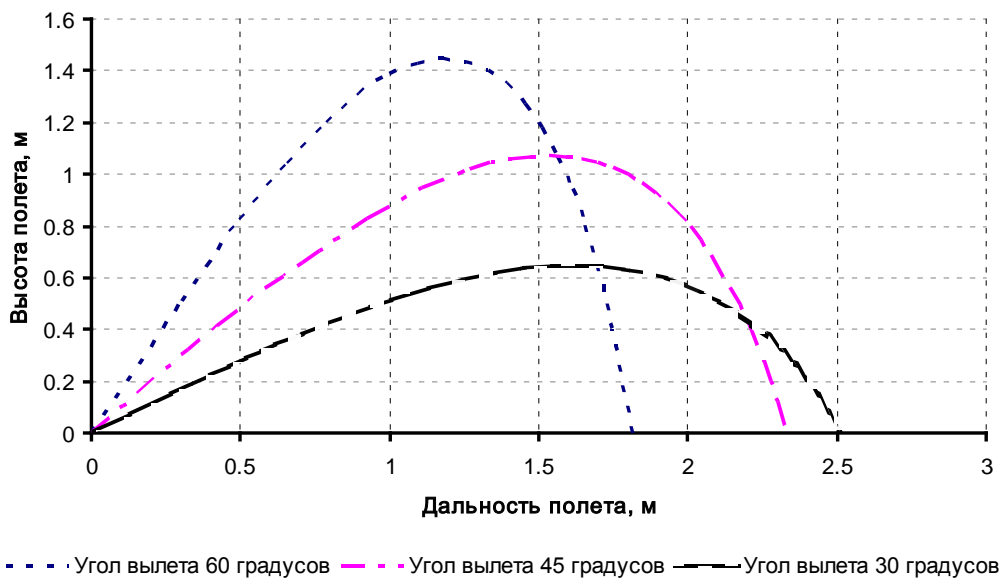


Рис. 3. Траектория полета частиц грунта радиусом 0,25 мм

Из данных на рис. 2–3 видно, что дальность полета частиц грунта увеличивается при снижении значений угла схода частиц с лопатки рабочего органа. Высота полета при этом уменьшается. Все кривые по виду близки к параболе. Из-за сопротивления воздуха правое плечо параболы меньше левого, т.е. каждая кривая имеет вертикальную асимптоту. Если провести вертикальную прямую через точку максимального подъема частиц, то кривая правая ветка каждой кривой окажется ближе к этой вертикали, чем ее левая ветка (ввиду наличия сопротивления воздуха).

Воспользовавшись полученным циклом (выражения (1)–(6)), для частиц радиусом 0,00025 м траекторию полета графически представим на рис. 4, из диаграммы которого следует, что при увеличении угла наклона рабочего органа к обрабатываемой поверхности высота полета частиц увеличивается, а дальность – уменьшается. Для частиц данного типоразмера дальность полета частиц будет не меньше 1,6 м.

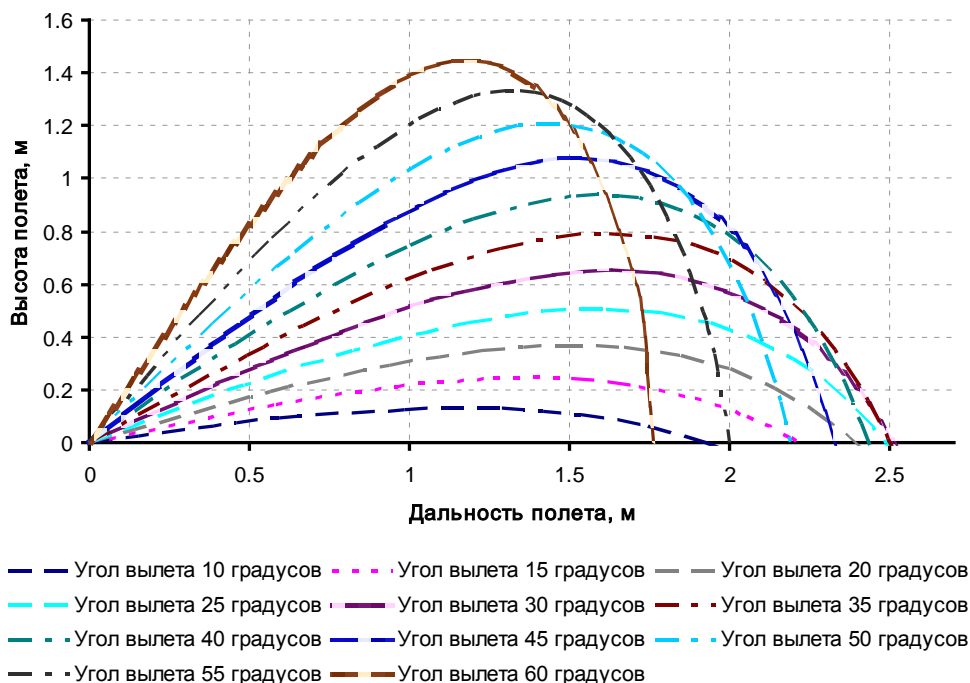


Рис. 4. Траектория полета частиц грунта радиусом 0,25 мм

Ввиду различных углов схода частиц с лопаток рабочего органа, а также того, что на практике грунт представляет собой совокупность частиц различных типоразмеров, частицы будут лететь по разным траекториям, на разных высотах и на разные расстояния. Следовательно, приземлившиеся частицы будут образовывать достаточно широкую (2,5–3 м) насыпную полосу. Зная состав минерализованного грунта по фракциям, можно рассчитать ширину этой полосы.

Выводы

1. Представлена методика, позволяющая определить дальность и высоту полета частиц, сошедших с лопаток грунтомета.
2. Графически показана зависимость траектории полета частиц от их размеров и начальных углов схода с лопаток грунтомета.

Литература

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 годы. – М., 2013.
2. Федорченко И.С., Максимов Е.И. Экспериментальное устройство для метания грунта // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. ст. Всерос. науч.-прак. конф. – Красноярск, 2009. – Т. 2. – С. 234–239.
3. Федорченко И.С., Максимов Е.И., Нестеров Е.Е. Теоретическое обоснование параметров лесопожарного грунтомета // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 5. – С. 194–199.

