

УДК 630*232.337

Д.Г. Хинчук, К.Е. Хинчук

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Хинчук Дарья Геннадьевна окончила в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры робототехнических систем, машин и оборудования лесного комплекса Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 4 печатные работы в области механизации лесовосстановления.

E-mail: d.khinchuk@narfu.ru



Хинчук Константин Евгеньевич родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, ассистент кафедры транспорта и хранения нефти и газа Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 1 печатную работу в области механизации лесовосстановления.

E-mail: k.khinchuk@google.com



ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНОЙ СЕЯЛКИ, ОСНАЩЕННОЙ СФЕРИЧЕСКИМ СОШНИКОМ, ПРИ ПОСЕВЕ ЕЛИ В УСЛОВИЯХ ДРЕНИРОВАННЫХ ВЫРУБОК

С использованием методов математического моделирования и оптимизации в среде MS Excel проведено обоснование основных параметров лесной сеялки. Показателем качества выбран удельный расход топлива.

Ключевые слова: лесная сеялка, угол резания, сопротивление резанию, оптимизация, сошник, топливо.

Одним из основных параметров, характеризующих почву и, как следствие, силу сопротивления резанию, является удельное сопротивление почвы резанию. Интерес представляет снижение энергозатрат на резание в привязке всех параметров к лесной сеялке, используемой на вырубках на базе средств малой механизации.

Цель данной работы – определить оптимальное сочетание параметров сошника сеялки. Конечным результатом ожидается минимизация удельного расхода топлива в результате снижения сопротивления резанию почвы как основного показателя энергозатрат.

В работе [1] показана математическая модель зависимости часового расхода топлива двигателя от различных показателей. Одним из наиболее ве-

сомых является сила тяги. Эту зависимость можно выразить следующим образом:

$$B = \frac{3,6P_k R_3 \omega}{i_m \eta_m \eta_{дж} \eta_i H_u}, \quad (1)$$

где P_k – сила тяги;
 R_3 – радиус ведущей звездочки (колеса) трактора;
 ω – угловая частота вращения коленчатого вала;
 i_m, η_m – передаточное число и к.п.д. трансмиссии соответственно;
 $\eta_{дж}$ – к.п.д. двигателя;
 η_i – индикатор к.п.д. двигателя;
 H_u – низшая теплотворная способность топлива.

Сила тяги необходима для преодоления сопротивлений движению, связанных с трением качения, скольжения, почвы резанию и т. п.

Согласно уравнениям движения любого транспортного средства, силы тяги и сопротивления находятся в прямой пропорциональной зависимости, т. е. при уменьшении сопротивления почвы резанию требуется меньшая сила тяги и снижается часовой расход топлива.

В работе [7] приведено сопротивление почвы резанию ротационным рабочим органом в общем случае:

$$P = f(\sigma, \tau, \rho, p, W, a, b, s, V, V_o, V_a), \quad (2)$$

где σ, τ – предельные напряжения растяжения (сжатия и сдвига);
 ρ, p, W – плотность, твердость и влажность почвы;
 a, b, s – глубина, ширина резания и подача на нож;
 V, V_o, V_a – поступательная, окружная и абсолютная скорости резания.

Авторы работы [5] также приводят данные, основанные на исследованиях Г.Н. Синеокова и опытах М.Е. Мацепуро и И.В. Манюты, экспериментально подтверждающих закономерности, выявленные Г.Н. Синеоковым. Они выводят оптимальное значение угла резания для различных грунтов, при котором возможны наименьшие потери энергии на преодоление сил трения (рис. 1).

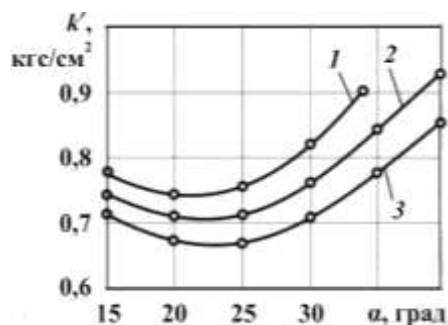


Рис. 1. Изменение удельного сопротивления k' болотно-торфяного грунта с увеличением угла крошения α при постоянной высоте подъема пласта: 1 – глубина 32,0 см; 2 – 42,5; 3 – 51,0 см

Учтем данные [2], которые свидетельствуют, что в результате опытов, проведенных на суглинке средней плотности, была выявлена зависимость тягового усилия от глубины рыхления при различных углах резания. Анализ экспериментальных данных показал, что наименьшие усилия сопротивления почвы получены при углах резания $\alpha = 25 \dots 30^\circ$. Эти результаты позволили определить удельную энергоемкость, наименьшее значение которой достигнуто при угле резания $\alpha = 25^\circ$.

Основываясь на данных работы [5], где подробно рассмотрен процесс рыхления и др. процессы обработки почвы, можно утверждать о реальности применения данных зависимостей к процессу закладки борозды сошником лесной сеялки.

Для определения показателя энергозатрат применительно к лесной сеялке на базе средств малой механизации воспользуемся рациональной формулой, предложенной В.П. Горячкиным, в виду сложностей расчета отдельных составляющих силы сопротивления (2) и описания технологического процесса для плугов [5]:

$$P = f'G + k'ab + \varepsilon abV^2, \quad (3)$$

где P – сопротивление на ротационных рабочих органах;

$f'G$ – сопротивление плуга при протаскивании в открытой борозде;

f' – коэффициент, эквивалентный коэффициенту трения плуга о почву;

G – вес плуга;

k' – удельное сопротивление почвы резанию;

a, b – глубина обработки и ширина захвата;

ε – коэффициент пропорциональности;

V – рабочая скорость.

Согласно исследованиям В.П. Горячкина, удельное сопротивление почвы можно определить по формуле, выведенной из выражения (3):

$$k' = \frac{P - f'G}{ab}. \quad (4)$$

Так как объектом исследований является сферический сошник при индивидуальном креплении рабочего органа, то воспользовавшись геометрическими и физическими формулами, преобразуем выражение (4):

$$k' = \frac{P - f'\pi DHb'\rho g}{ab}, \quad (5)$$

где π – число Пифагора;

D – диаметр сошника;

H – толщина шарового сегмента;

b' – толщина тела сошника;

ρ – плотность стали;

g – ускорение свободного падения.

Воспользуемся формулой (5) и результатами работы [2] для определения оптимальных параметров сошника лесной сеялки.

Все выше перечисленные формулы применимы к сферическому сошнику, так как, согласно [6], по теории клина В.П. Горячкина все формы поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин можно рассматривать как развитие трехгранного клина. Угол атаки сошника будет эквивалентен углу резания почвы.

Сформулируем задачу оптимизации, обобщив рассуждения и зависимости:

$$k'(\infty, D) \rightarrow \min; \quad (6)$$

$$\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}; \quad (7)$$

$$D_{\min} \leq D \leq D_{\max}; \quad (8)$$

$$t \in \{T\}, \quad (9)$$

где $\alpha_{\min}, \alpha_{\max}$ – границы диапазона варьирования фактора α ;

D_{\min}, D_{\max} – границы варьирования диаметра сферического сошника;

t – конкретные агротехнические требования к высеванию семян
ели, $t = \text{const}$;

T – вектор заданных агротехнических требований.

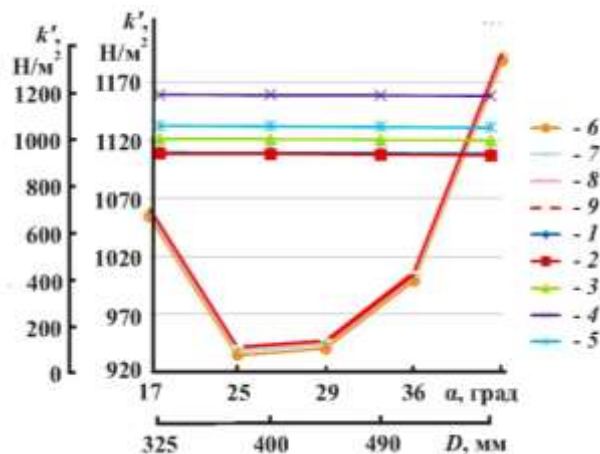
В данной оптимизации $\alpha_{\min}, \alpha_{\max}$ приняты согласно работе [2]. Варьирование диаметра происходило на основании расчетов сошника, проведенных по трем условиям: обеспечение заданной глубины обработки почвы; свободное перекатывание через препятствия; надежный оборот пласта [4].

Приведенная многомерная задача была решена в среде MS Excel нелинейным методом обобщенного понижающего коэффициента для гладких нелинейных задач [3].

В результате получена диаграмма распределения удельного сопротивления почвы резанию при различных значениях α и D (рис. 2).

Решение задачи оптимизации показало, что $k' \rightarrow \min$ при $\alpha = 29^\circ$ и $D \rightarrow \max$. В промежуток оптимальности входят параметры: α [25°; 30°] и D [400; 614].

Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления почвы резанию k' от угла резания и геометрических размеров сошника: 1–4 – при $\alpha = \text{const}$ и $D = \text{var}$; 5–9 – при $\alpha = \text{var}$ и $D = \text{const}$



В результате применения оптимальных параметров угла атаки и диаметра сошника к математической модели (1) прослеживается снижение удельного расхода топлива тягового модуля на единицу сопротивления почвы.

Выводы

1. Установлена зависимость между удельным расходом топлива тягового модуля и параметрами сошника лесной сеялки.

2. В соответствии с решением задачи оптимизации с ограничениями (6)–(8), а также условием (9) для применения лесной сеялки на базе средств малой механизации, оснащенной сферическим сошником, в условиях дренированной вырубki и на тяжелых суглинистых почвах получены следующие оптимальные значения параметров: $D = 400$ мм и $\alpha = 30^\circ$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние передаточного числа трансмиссии на энергозатраты трактора ЛХТ-100 / В.П. Антипин, Е.Н. Власов, Г.В. Каршев, К.С. Щеголев // Лесн. журн. 2005. № 1-2. (Изв. высш. учеб. заведений).

2. *Леонтьев Ю.П., Евсюков С.С.* Влияние параметров объемного рыхления на характер деформации грунта и тяговое усилие // Электронная база данных: уроки, справочники, рефераты (дата обновления – 28.03.2012) URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-221121.html> (дата обращения – 02.08.2012).

3. Методы оптимизации (вводный курс // Официальный сайт МГСУ, кафедра ИСТАС, направление САПР. URL: <http://sapr.mgsu.ru/biblio/optimiz/opt.htm> (дата обращения – 04.08.2012)

4. *Нартов П.С.* Расчет и проектирование специальных лесных машин. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1975. 212 с.

5. *Панов И.М., Ветохин В.И.* Физические основы механики почв: моногр. К.: Феникс, 2008. 266 с. (Официальный сайт НТУ Украины). URL: http://ng-kg.kpi.ua/files/fiz_osnovi_Vetohin_panov.pdf (дата обращения – 02.08.2012).

6. Теория разрушения почв. Т. 2. М.: Колос, 1965. 460 с.

7. Тягово-приводные комбинированные почвообрабатывающие машины: Теория, расчет, результаты испытаний: моногр. К.: Феникс, 2009. 264 с. (Официальный сайт НТУ Украины). URL: <http://ng-kg.kpi.ua/files/Monograph%20Vetokhin%20Panov%20Yuzbashev%20Shmonin.pdf> (дата обращения – 02.08.2012).

Поступила 11.10.12

D.G. Khinchuk, K.E. Khinchuk

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Justification of Parameters of a Seed Drill Equipped with Spherical Coulters and Used for Sowing Spruce in Drained Cut-over Areas

Using mathematical modeling and optimization in the sphere of MS Excel, we justify key parameters of the seed drill. Specific fuel consumption was chosen as the quality factor.

Keywords: seed drill, cutting angle, cutting resistance, optimization, coulter, fuel.