

Программа для реализации вычислительного эксперимента по оценке интенсивности изнашивания элементов шин трактора, эксплуатируемого в различных агроландшафтных условиях при наличии крюковой нагрузки

В.А. Шахов, д.т.н., профессор, Е.М. Асманкин, д.т.н., профессор, Ю.А. Ушаков, д.т.н., профессор, С.В. Тарасова, к.т.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

В рамках программы научных исследований Оренбургского ГАУ «Разработка высокоэффективных зональных машинных технологий и оборудования нового поколения для производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции растениеводства» группой учёных проведены исследовательские работы по изучению изменения курсовой устойчивости колёсного трактора МТЗ-82.1 с различными сельскохозяйственными машинами. Это позволило проанализировать динамику отклонений трактора от технологической траектории в условиях ландшафтной нестабильности.

В связи с проведёнными математическими исследованиями выявлено, что при движении машинно-тракторного агрегата по наклонной опорной поверхности увеличивается интенсивность изнашивания протектора на единицу длины пути пневматического колеса в условиях склонного земледелия и наличия крюковой нагрузки, которая описывается выражением [1–4]:

$$I = \frac{2 \cdot K_{и} \cdot N_i \cdot \mu_{тр} \cdot G \cdot \sin \alpha}{r_{кВп.к} \cdot \pi^2 (C_1 + C_2 \cdot p_{\omega} \cdot G \cdot \cos[\alpha])}, \quad (1)$$

где $K_{и}$ – коэффициент истирающей способности грунта;

N_i – составляющие нормальной силы i -колеса;

$\mu_{тр}$ – коэффициент трения резины о грунт;

G – вес трактора, Н;

α – угол склона, рад;

r_k – радиус качения колеса, м;

$v_{п.к}$ – ширина пятна контакта колеса, м;

C_1 – коэффициент аппроксимации характеристик бокового увода шин, Н;

C_2 – коэффициент аппроксимации характеристик бокового увода шин, Па⁻¹;

p – давление воздуха в шине, Па.

В связи со сложными вычислительными операциями при определении интенсивности износа было разработано программное средство «Определение интенсивности износа протектора на единицу длины пути пневматического колеса в условиях склонного земледелия» и получено свидетельство о государственной регистрации № 201561495 [5].

Функции в программе формализуются конкретными формулами и интервалами допустимых значений, влияющих на процесс износа для соответствующих условий ландшафтной нестабильности и

эксплуатации колёсного движителя. Используется алгоритм (рис. 1), реализующий целевую функцию интенсивности износа протектора в пятне контакта с опорной поверхностью. Программа предполагает возможность варьирования следующими параметрами: угол склона $\alpha = [1^\circ - 45^\circ]$, вес трактора $G = [1500 - 12000 \text{ кг}]$, радиус колеса $r_k = [0,2 - 5 \text{ м}]$, ширина колеса $v_k = [0,1 - 1 \text{ м}]$, внутришинное давление = $[50000 - 300000 \text{ Па}]$, высота центра тяжести трактора $h = [0,2 - 2 \text{ м}]$, ширина колеи колёс = $[1 - 3 \text{ м}]$, коэффициенты аппроксимации характеристик бокового увода шин $C_1, C_2 = [5 - 50]$, коэффициент трения резины о грунт = $[0,001 - 0,1]$ и коэффициент истирающей способности грунта $K_{и} = [0,0001 - 10]$.

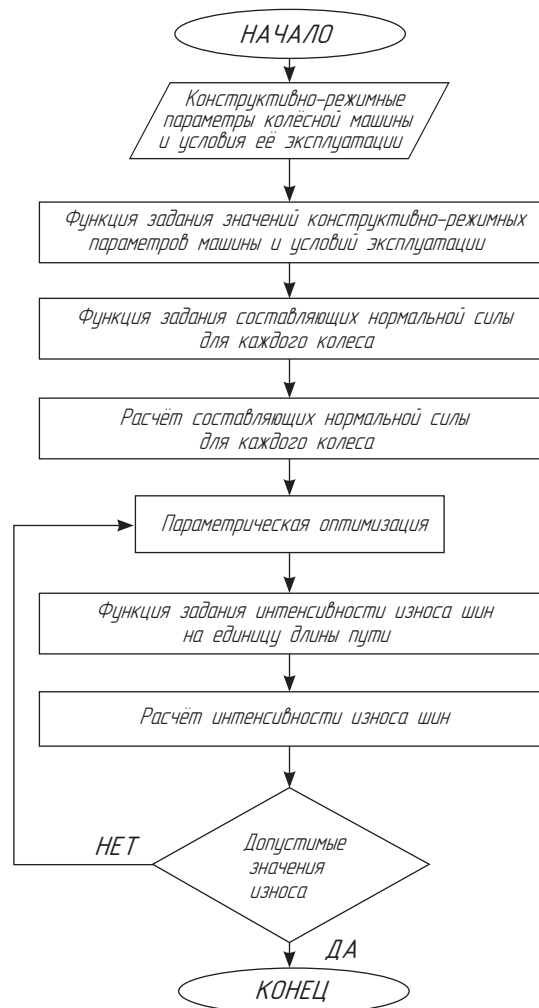


Рис. 1 – Алгоритм работы программы «Определение интенсивности износа протектора на единицу длины пути пневматического колеса в условиях склонного земледелия»

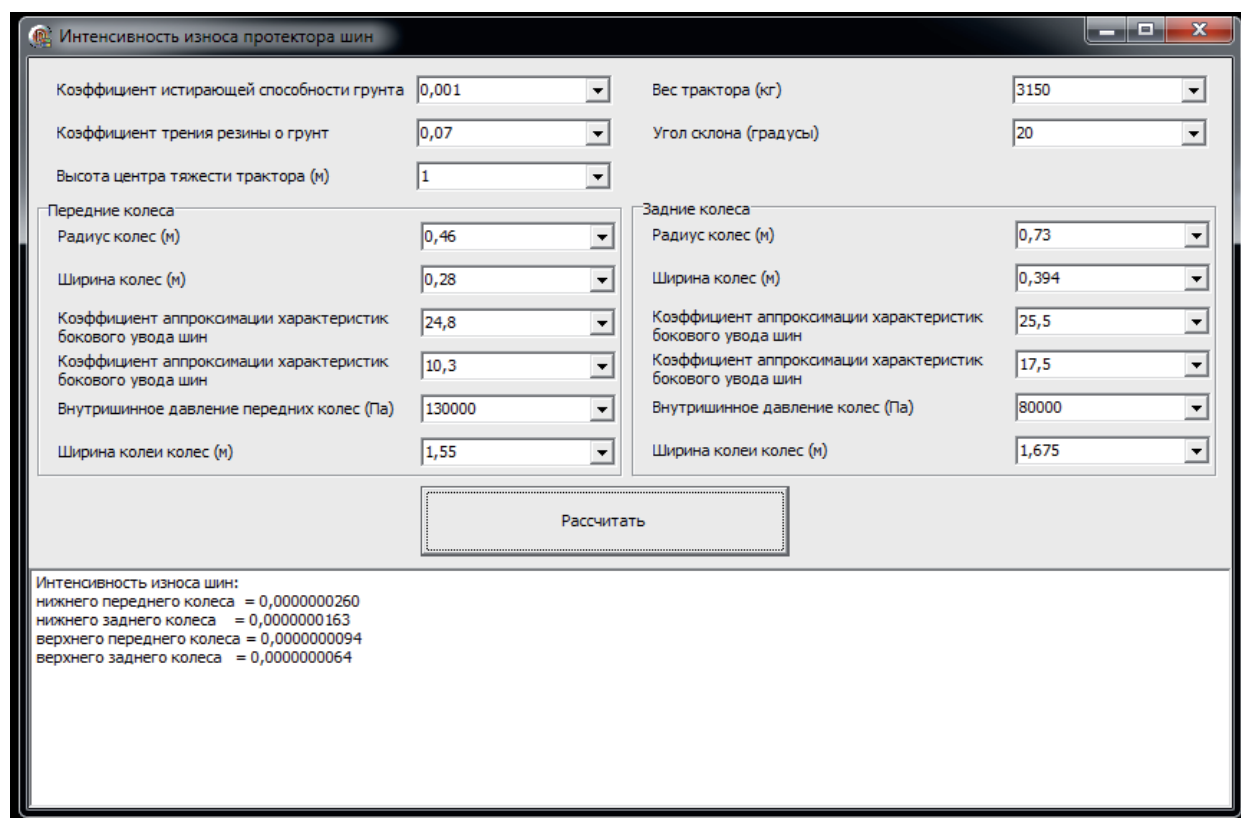


Рис. 2 – Интерфейсное окно программного средства «Определение интенсивности износа протектора на единицу длины пути пневматического колеса в условиях склонного земледелия»

Диапазон некоторых интервалов сознательно расширен для реализации дальнейших исследовательских задач. При расчёте интенсивности износа использованы значения составляющих нормальной силы для каждого колеса, которые представлены в следующих видах [6, 7]:

– составляющая нормальной силы нижнего переднего колеса равна:

$$N_{п.п.к.} = 0,4 \cdot G \left(\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{h}{B} \sin \alpha \right); \quad (2)$$

– составляющая нормальной силы нижнего заднего колеса:

$$N_{п.з.к.} = 0,6 \cdot G \left(\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{h}{B} \sin \alpha \right); \quad (3)$$

– составляющая нормальной силы верхнего переднего колеса:

$$N_{л.п.к.} = 0,4 \cdot G \left(\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{h}{B} \sin \alpha \right); \quad (4)$$

– составляющая нормальной силы верхнего заднего колеса:

$$N_{л.з.к.} = 0,6 \cdot G \left(\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{h}{B} \sin \alpha \right); \quad (5)$$

Вид интерфейсного окна с полями ввода вышеупомянутых значений и полем вывода значений целевой функции представлен на рисунке 2.

Предлагаемая методика вычислительного эксперимента по оценке интенсивности изнашивания элементов шин колёсного трактора, эксплуатируемого в различных агроландшафтных

условиях, при наличии крюковой нагрузки дополнит математические эксперименты, которые позволят значительно снизить затраты на проведение лабораторных и производственных экспериментов.

Литература

1. Асманкин Е.М. Теоретическое исследование влияния углов бокового увода колес на поперечное смещение машины при ее движении по наклонной опорной поверхности / Е.М. Асманкин, С.В.Тарасова, В.А. Шахов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 5. С. 50–53.
2. Бойков В.П., Белковский В.Н. Шины для тракторов и сельскохозяйственных машин. М.: Агропромиздат, 1988.
3. Ушаков Ю.А., Нейфельд Е.В. Математика: программа, методические указания по изучению дисциплины и контрольные задания: учебное пособие. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2015. 92 с.
4. Свидет. РФ № 2015614951 Определение интенсивности износа протектора на единицу пути пневматического колеса в условиях склонного земледелия / Тарасова С.В., Ушаков Ю.А., Асманкин Е.М., Горельская Е.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Оренбургский ГАУ (RU); опубл. 30.04.2015.
5. Тарасова С.В. Методика и исследование результатов взаимодействия протектора с наклонной опорной поверхностью в режиме варьирования углами увода пневматических шин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 84–87.
6. Тарасова С.В., Ушаков Ю.А. Интерпретация результатов теоретических и экспериментальных исследований курсовой стабилизации колёсного трактора при работе на склоне // Современные тенденции в науке и образовании: сб. матер. Междунар. науч.-практич. конф. М., 2015. С. 77–85.
7. Тарасова С.В., Егорова Н.Г., Рябова Ю.С. К вопросу повышения технологичности мобильных энергетических средств в условиях склонного земледелия // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решений: сб. науч. трудов науч.-практич. форума. Кинель, 2015. С. 99–10.