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]:

$$I = \frac{2 \cdot K_и \cdot N_i \cdot \mu_{тр} \cdot G \cdot \sin \alpha}{r_к в_{П.К} \cdot \pi^2 (C_1 + C_2 \cdot p_\omega \cdot G \cdot \cos(\alpha)}, \quad (1)$$

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;

$r_К$ – радиус качения колеса, м;

$в_{П.К}$ – ширина пятна контакта колеса, м;

C_1 – коэффициент аппроксимации характеристик бокового увода шин, Н;

C_2 – коэффициент аппроксимации характеристик бокового увода шин, $Па^{-1}$;

р – 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 α=[1°–45°], вес трактора G=[1500–12000 кг], радиус колеса $r_к$=[0,2–5 м], ширина колеса $в_к$=[0,1–1 м], внутришинное давление = [50000–300000 Па], высота центра тяжести трактора h=[0,2–2 м], ширина колеи колёс = [1–3 м], коэффициенты аппроксимации характеристик бокового увода шин C_1, C_2=[5–50], коэффициент трения резины о грунт=[0,001–01] и коэффициент истирающей способности грунта $K_и$=[0,0001–10].

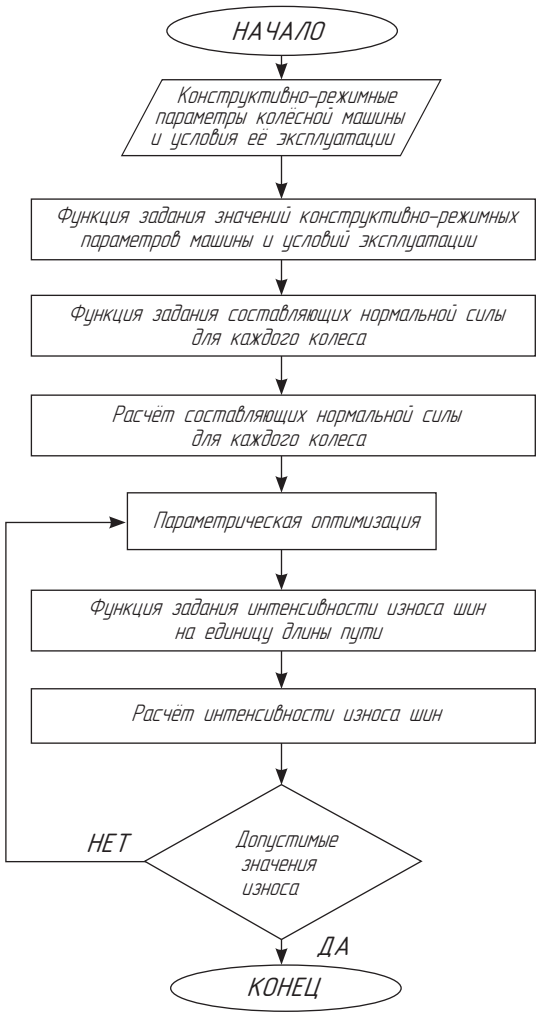


Рис. 1 – Алгоритм работы программы «Определение интенсивности износа протектора на единицу длины пути пневматического колеса в условиях склонного земледелия»

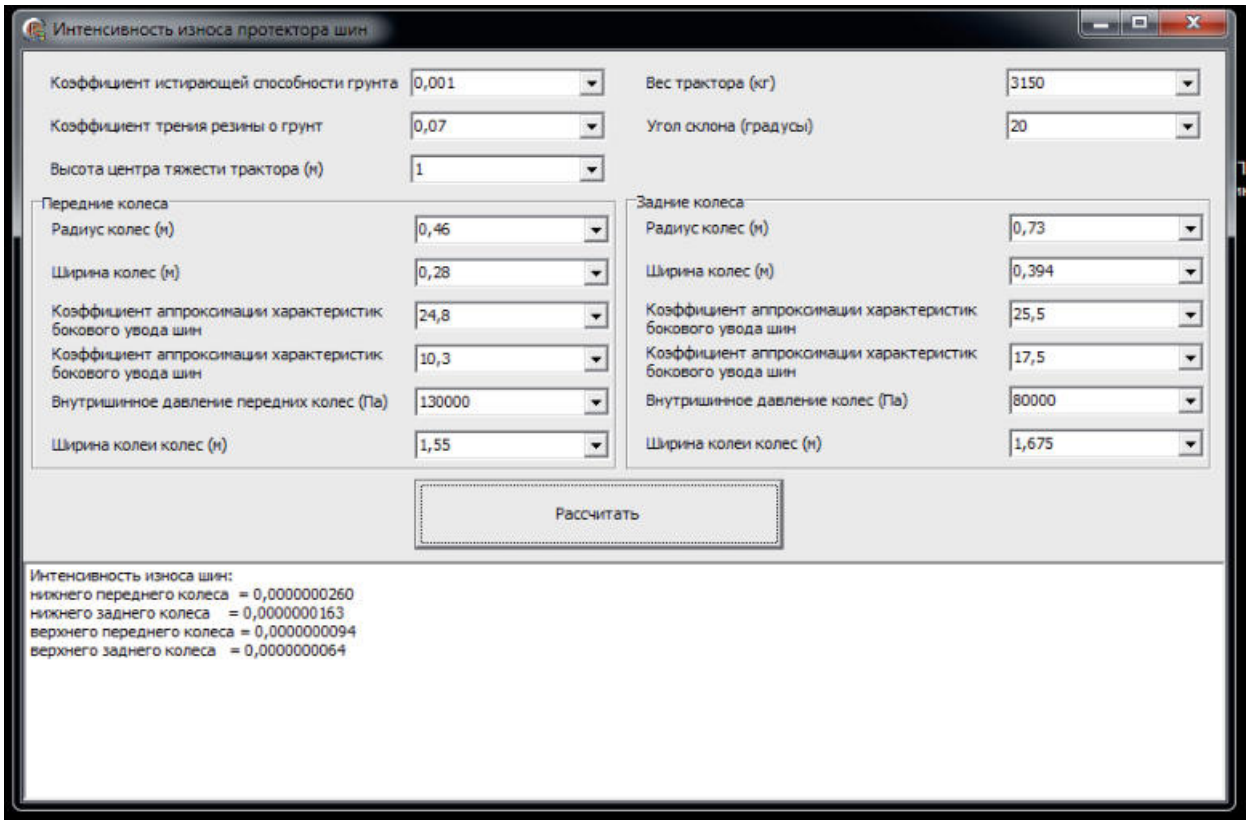


Рис. 2 – Интерфейсное окно программного средства «Определение интенсивности износа протектора на единицу длины пути пневматического колеса в условиях склонного земледелия»

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:

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

– составляющая нормальной силы нижнего заднего колеса:

$$N_{\text{П.З.К.}} = 0{,}6 \cdot G\left(\frac{\cos\alpha}{2} + \frac{h}{B}\sin\alpha\right); \quad (3)$$

– составляющая нормальной силы верхнего переднего колеса:

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

– составляющая нормальной силы верхнего заднего колеса:

$$N_{\text{Л.З.К.}} = 0{,}6 \cdot G\left(\frac{\cos\alpha}{2} + \frac{h}{B}\sin\alpha\right); \quad (5)$$

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 исследования 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.