

деревообрабатывающей отрасли и повысить качество производимой продукции.

УДК 630*377.1:630*332.3

**Д.А. Кононович, С.А. Голякевич,
С.П. Мохов, В.А. Коробкин**

Белорусский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЕДИНИЧНЫХ НЕРОВНОСТЕЙ НА РАБОЧИЙ ОРГАН ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СБОРА ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

В процессе работы машина для сбора порубочных остатков воспринимает динамические нагрузки, передающиеся через технологическое оборудование. Существенное влияние на формирование нагрузок оказывают геометрические параметры взаимодействия зубьев рабочего органа и профиль воздействующей на него поверхности. В процессе предварительных экспериментальных исследований установлено, что наибольшие воздействия зубья рабочего органа воспринимают при взаимодействии с пнями, оставшимися после проведения рубки. Отмечались случаи, при которых воздействие пня на зуб приводило к искривлению последнего, либо образованию и развитию трещины в его конструкции [1].

Всестороннее изучение процесса взаимодействия зубьев с пнем исключительно экспериментальными методами весьма трудоемкий процесс. Поэтому, для определения характера взаимодействия, анализа возникающих силовых факторов, их влияния на процесс работы машины, исключения поломки зубьев в процессе их эксплуатации разработана математическая модель.

Для описания процесса воздействия поверхности пня на зуб использована теория контактного взаимодействия в кулачковых механизмах. Зуб рабочего органа представляет собой толкатель,

движущийся по дуге окружности, радиус которой конструктивно задается роликовыми направляющими. Поверхность зуба, взаимодействующая с образующей поверхностью пня, также имеет профиль в виде дуги окружности и задается соответствующей математической функцией. Образующие поверхностей пней ранее получены экспериментально и аппроксимированы соответствующими полиномами.

При движении зуба вдоль образующей пня, точка их взаимодействия постоянно изменяется. В каждый момент времени, точки взаимодействия профилей зуба и пня определяются общей касательной к функциям их образующих рис. 1.

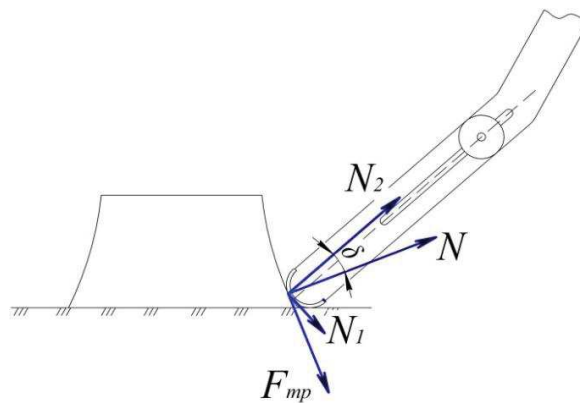


Рис. 1 – Схема сил, действующих на рабочий орган

В точке контакта действует нормальная сила N направленная перпендикулярно общей касательной. Она вызывает образование силы трения $F_{тр}$, между пнем и опорной поверхностью зуба, направленной вдоль общей касательной. Нормальная сила N имеет две составляющие. Одна из них – подъемная «полезная» сила N_2 , направлена по касательной к траектории движения зуба, и стремится переместить его, растянув при этом пружину на величину Δ . Другая сила N_1 , направлена перпендикулярно подъемной, стремится изогнуть зуб и соответственно является «вредной». Угол давления δ , который образуется между нормальной силой N и ее составляющей N_2 , определяет возможность заклинивания механизма движения зуба и практически не должен выходить за пределы диапазона $-40^\circ - +40^\circ$. Точка приложения силы N в месте контакта зуба с пнем будет постоянно изменяться в процессе перемещения по образующей пня.

Учитывая, что деформация пружины Δ соответствует высоте подъема зуба над горизонтальной поверхностью, подъемная сила N_2 будет определяться по зависимости 1:

$$N_2 = N \cdot \cos \delta = c \cdot \Delta, \quad (1)$$

где

c – жесткость пружины, кН/м;

Δ – величина деформации пружины, м;

Деформация пружины зависит от высоты преодолеваемого препятствия и в общем случае определяется величиной функции 2:

$$\Delta = f(x_2), \quad (2)$$

Таким образом:

$$N = \frac{c \cdot f(x_2)}{\cos \delta},$$

При этом сила N_1 будет определяться выражением 3:

$$N_1 = \frac{c \cdot f(x_2)}{\cos \delta} \cdot \sin \delta, \quad (3)$$

Величина силы трения F_{mp} , возникающую между поверхностью зуба и образующей поверхностью пня и будет определяться как:

$$F_{mp} = \frac{c \cdot f(x_2)}{\cos \delta} \cdot f, \quad (4)$$

где,

f – коэффициент трения между древесиной и металлом зуба

Касательная в точке взаимодействия профилей зуба и пня в каждый момент времени может быть получена путем дифференцирования соответствующих функций, а угол наклона касательной к оси абсцисс, как арктангенс касательной в точке [2].

В качестве примера рассмотрим взаимодействие зуба рабочего органа с профилем пня, описанным квадратичной функцией (рис. 2).

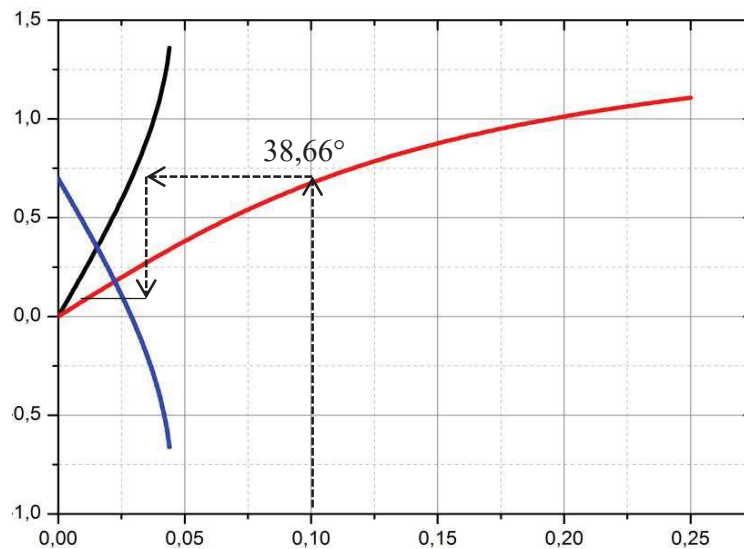


Рис. 2 – Углы взаимодействия оборудования

При движении зуба вдоль образующей пня точка их соприкосновения постоянно изменяется. При высоте подъема зуба вдоль образующей на 0,1 м, взаимодействующими являются точки со следующими координатами: $y=0.0097$ м и $x=0.028$ м – у функции профиля зуба, а также $y=0.04$ и $x=0.1$ м – у пня. При этом угол наклона общей касательной к горизонтальной поверхности составит $38,66^\circ$. Угол давления $\delta=1,5^\circ$, что исключает возможность заклинивания зуба.

Взаимодействие зуба с профилем пня приводит к образованию общей силы сопротивления движению машины (рис. 3),

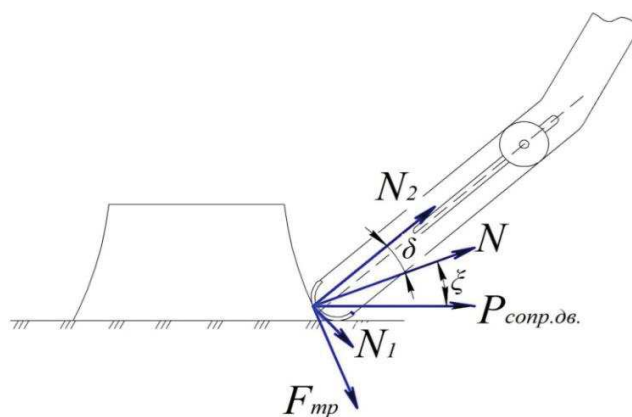


Рис. 3 – Образование силы сопротивления движению

При появлении такой силы, также образуется угол ζ между нормальной силой N и общей силой сопротивления движения машины $P_{сопр.дв.}$. Величина силы сопротивления движения $P_{сопр.дв.}$ определяется проекциями сил N и $F_{мп}$ вдоль горизонтальной оси,

Величина силы сопротивления движения $P_{сопр,δв}$ по поверхности пня определяется проекциями сил N и $F_{тр}$ вдоль горизонтальной оси и в общем случае описывается зависимостью 5:

$$P_{сопр.δв} = N \cdot (\cos \cdot \xi + f \cdot \sin \cdot \xi) \quad (5)$$

Осуществляя преодоление препятствия в виде пня высотой 0,25 м (максимально конструктивно возможная высота преодоления препятствия оборудованием) сила сопротивления движению машины достигает до $P_{сопр,δв}=763$ Н, нормальная сила $N=700$ Н, подъемная «полезная» сила составляет $N_2=643$ Н, сила трения $F_{тр}=350$ Н, а изгибающая «вредная» сила $N_1=280$ Н.

Список использованных источников

1. Перспективный комплекс машин для сбора и транспортировки лесосечных отходов / Мохов С. П. [и др.] // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26–28 апр. 2017 г. Минск: БГТУ, 2017. С. 178–181.
2. Моделирование и анализ воздействия единичных неровностей на рабочий орган уборочного лесохозяйственного оборудования : тезисы 84-й науч.-технич. конференции, посвященной 90-летию юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с международным участием), Минск, 03–14 февраля 2020 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2020. – 75-76 с.

УДК [001.894.2:66.02]:378.662(476)

В.С. Францкевич, О.А. Петров, В.И. Козловский
Белорусский государственный технологический университет

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ МАШИН И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКИХ И СИЛИКАТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебный процесс на кафедре неразрывно связан с научно-исследовательской работой и подготовкой научно-педагогических кадров. Научные направления связаны с двумя основными