УДК 631.358:635.34

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПОРНО-ХОДОВОЙ СИСТЕМЫ КАПУСТОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

**С.С. Алатырев**, доктор технических наук;

**А.О. Васильев**, инженер

ФГБОУ ВПО «Чувашская ГСХА»

# Качество работы машин для уборки капусты зависит от устойчивости ее движения в междурядье. Так, выходящие за допустимые пределы отклонения рабочего органа 3 от ряда капусты 2 на величину *А* приводят к потерям и частичному повреждению кочанов во время уборки. К тому же, кочерыга 1, срезанная ножом 4 под некоторым углом *γ*, легко может травмировать другие кочаны при падении на них с элеватора. Увеличивается также загрязненность товарной продукции, т.е. ухудшаются качественные показатели работы машины в целом.

В уборочных машинах для устойчивости хода в междурядье в основном используют гидравлические устройства, которые обладают несколько запоздалым срабатыванием, что является сдерживающим фактором в повышении рабочей скорости и производительности агрегата.

Поэтому актуальная задача – повышение устойчивости хода капустоуборочной машины (КМ) в междурядье.

Анализ показал, что устойчивость движения агрегата в работе зависит от многих факторов. Заметим, что в системе управления агрегатом наиболее слабое звено человек (тракторист) с его весьма ограниченными психофизиологическими возможностями поддержания курсовой устойчивости агрегата.

# Согласно основному закону динамики уравнение поступательной части движения машины

# ,

# где *m* – масса машины, кг;

# *dv*/*dt* – производная скорости поступательного движения агрегата, м/с2;

# *P*T - сила тяги трактора, Н;

# *R* – общая сила сопротивления машины, Н.

# Общая сила тяги трактора при установившемся движении

# , (1)

# где *RL, RR* – силы сопротивления перекатыванию левого и правого колес, приложенные к мосту капустоуборочной машины соответственно, Н;

# *R*C – сила сопротивления режущего аппарата машины, Н.

# Для установления физической сущности неустойчивости движения КМ определим сумму моментов всех сил относительно точки С прицепа, находящейся на серьге трактора, т.е.

, (1)

# где *lL, lR, L, lC*– плечи сил *RL, RR, FT1+FT2* и *RC* соответственно, м; *FT1, FT2* – силы сопротивления почвы боковому сдвигу колес, Н; *RL, RR* – силы сопротивления перекатыванию левого и правого колес, приложенные к мосту КМ соответственно, Н; *RC* – сила сопротивления режущего аппарата машины, Н.

# Для равномерного поступательного движения КМ в междурядье необходимо условие:

# . (2)

# Объединив (1) и (2), получим

# .

# Пока агрегат движется устойчиво вдоль оси рядка, *F*T1+*F*T2 будет ничтожным, поскольку бокового увода колес в этом случае не происходит.

# Тогда с учетом *lL*=0,7 м, *lR*=1,4 м, *l*C=1,75 м

# . (3)

# В случае установки на КМ одинаковых колес и равных нормальных нагрузок на них силы *RL* и *RR* (здесь и далее индексы *L* и *R* относятся соответственно к левому и правому колесам) становятся близкими по значению, что не может соответствовать выражению (3). Следовательно, на агрегат начнет действовать разворачивающий момент, под действием которого он повернется относительно точки С прицепа на некоторый угол *ϕ*.

# В этом случае выражение (1) примет вид:

# sin*φ*

# Для высококачественного выполнения технологического процесса уборки капусты необходимо также стремиться к тому, чтобы условие равновесия наступило при ничтожно малых значениях угла *ϕ* поворота, так как при этом режущий аппарат имеет минимальное отклонение от ряда капусты.

# Один из путей выполнения этого условия – создание различных значений сил сопротивления качению опорных колес.

# При равномерном перекатывании колеса

# ,

где *r* – радиус опорного колеса, м; *с* – коэффициент трения качения опорного колеса.

Силы трения *RL* и *RR*, возникающие при перекатывании опорных колес капустоуборочной машины по почве, зависят от ее состояния (*c*), размеров колес (*rL, rR*) и вертикальной нагрузки на них (*PL, PR*). При асимметричном расположении колес КМ это возможно только при оптимальном соотношении *RL* и *RR*. Для этого необходимо выбрать оптимальные размеры опорных колес, обеспечивающих такое соотношение. Это создает устойчивость движения машины по заданному курсу.

Деформации грунта под воздействием колеса соответствует определенная контактная площадка длиной 2*a* и шириной *b*.

В первом приближении эту форму можно принять эллиптической. Определив твердость почвы при помощи соответствующего оборудования можно найти величину контактной площадки *Az* с учетом площади наклонных поверхностей.

# Периметр опорной площадки зависит от соотношения *a/b*. Однако при одинаковых нормальных нагрузках площадь ее сохраняется. Поэтому величина *a* является функцией *f*(*r,b*).

# Уравнение моментов всех сил, приложенных к колесу, относительно точки O будет выглядеть следующим образом:

# , (5)

# где *R* – сила сопротивления перекатыванию опорного колеса, Н;

# *r*д *= r-hz* – динамический радиус колеса, м; *hz* – величина деформации покрышки, м; *c* – коэффициент трения качения опорного колеса; *P* – нормальная нагрузка колеса (*P=N*), Н.

# В случае равномерного движения колеса

# . (6)

# Объединив (5) и (6), получим

#  (7)

# В общем случае контактная площадка смятия представляет собой эллипс с шириной *b* и длиной 2*a*. Зная приблизительное значение твердости почвы, можно определить примерную площадь контактной площадки:

# , (8)

# где *Az* – площадь контактной площадки, м2; *V* – твердость почвы, Н/м2.

# С другой стороны

# , (9)

# где *a, b* – полуоси эллипса площадки смятия почвы, мм.

# Объединив (8) и (9), получим:

# . (10)

# Величина *а* является хордой окружности. Ее диаметр равен диаметру колеса КМ (рис. 3), и в свою очередь, определяется по формуле:

#  (11)

# Отсюда

# . (12)

# Объединив (7), (10) и (12), получим зависимость силы *Q* перекатывания, приложенной к опорному колесу машины, от параметров, нормальной нагрузки на колесо и твердости почвы:

#  (13)

Зависимость (13) представлена в виде диаграммы.

# Сила, необходимая для перекатывания опорного колеса зависит, в первую очередь, от его радиуса и ширины. Исходя из этого, можно выбрать наиболее подходящие покрышки из стандартного ряда.

# Методом подбора определяем наиболее рациональные параметры левого опорного колеса. Применительно к данной КМ это колесо с покрышкой 185/70 R14.

# Для экспериментальных исследований изготовлена лабораторно-полевая установка. Она агрегатируется с трактором МТЗ-82 посредством прицепного дышла. Вращающиеся части установки приводятся в движение от вала отбора мощности трактора через приводной вал. Устройство для измерения и регистрации отклонений КМ от заданного курса представляет собой электрическую мостовую систему на базе реостата со скользящим контактом. Он подключен по мостовой схеме к электронной системе обработки данных и портативному компьютеру.

# В данной системе сопротивление реостата плавно изменяется в зависимости от угла поворота дышла КМ относительно серьги трактора с помощью скользящего контакта. Он кинематически связан гибкой связью с дугой, жестко закрепленной на дышле с центром в точке прицепа.

# Во время движения установки сопротивление, создаваемое реостатом, изменяет разность потенциалов на выходе мостовой измерительной схемы, т.е. значение измеряемого напряжения пропорционально углу поворота дышла относительно точки прицепа.

# Исследовали влияние параметров левого опорного колеса машины на отклонение КМ от заданного курса. Опыты проводили в положении 1 (одно колесо движется по вспаханной, а второе по невспаханной полосе) и 2 (оба колеса движутся по вспаханной полосе). С уменьшением твердости почвы при установке одинаковых колес в положение 1 устойчивость хода резко снижается. При этом увеличивается угол отклонения дышла до значений, в 2–3 раза превышающих допустимые по агротребованиям, что теоретически обосновано уравнением (13).

# Исследуя устойчивость движения КМ с опорными колесами разных размеров в положении 2, заметим, что при твердости почвы под колесами близкой по значению, углом отклонения дышла заметно уменьшается по сравнению с результатами предыдущих опытов. При испытании на участке с твердостью почвы *Q*=90,4 Н/см2 наблюдается наименьшее отклонение, среднее значение которого более чем в 2 раза ниже допустимого. Максимальное его значение тоже находится в допустимых пределах.

# На рис. 6 показан фрагмент осциллограммы угла отклонения от заданного курса режущего аппарата КМ в режиме реального времени, на рис. 7 – гистограмма и кривая нормального распределения угла отклонения режущего аппарата в установившемся движении по опытному участку поля.

# В данном случае результаты экспериментальных исследований подтверждают проведенный ранее теоретический анализ.

На основании результатов исследований разработана усовершенствованная опорно-прицепная система с рациональными параметрами. Она позволяет выдерживать отклонения режущего аппарата, допускаемые агротребованиями, и позволяющая улучшить качественные показатели работы машины. Создан и запатентован [1] опытный образец машины с модернизированной опорно-прицепной системой.

Предлагаемый способ [2] направлен на повышение устойчивости движения КМ в междурядье при непостоянстве сил сопротивления перекатыванию колес. Для этого опорные колеса размещены на мосту 3 (рис. 8) с возможностью перемещения вдоль оси вращения и подпружинены на осях пружинами 2 сжатия. Фрикционные диски 1 взаимодействуют с тормозными дисками 4, закрепленными жестко на мосту, при действии осевых сил на колеса в их направлении. Под действием пружин сжатия и осевых сил, направленных в обратную сторону, диски 1 и 4 выходят из взаимодействия. При отсутствии осевых сил реакции колеса могут выходить из взаимодействия с тормозным диском под действием только пружин.

# Во время работы КМ вследствие колебания сопротивлений *RL* и *RR* перекатыванию колес из-за разницы твердости почвы в разных местах плантации КМ отклоняется от заданного курса. В результате на опорных колесах появляются осевые силы *F*T1 и *F*T2 реакции. Под действием этих сил одно из опорных колес входит во взаимодействие с тормозным диском, а другое колесо выходит из него ним. При этом на первом колесе создается момент Мт сопротивления вращению. В результате появляется дополнительное сопротивление Δ*R* его перекатыванию. Оно ускоряет возврат КМ на исходный заданный курс следования. После этого сила *F*T1 реакции сводится на нет, а пружина выводит колесо из взаимодействия с тормозным диском.

При отклонении КМ от заданного курса следования в другую сторону сказанное будет иметь место для второго колеса.