

УДК 631.313

А.И. Гапоненко

*(ГНУ УкрНИИПИТ
им. Л. Погорелого,
п.г.т. Дослідницьке, Украина,
e-mail: tenzo-test@ua.fm)*

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОЧВОЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА УПРУГИХ СТОЙКАХ

Введение

Равномерность глубины хода в почве рабочих органов машин и орудий является одним из наиболее весомых качественных показателей их работы. Большое значение этот показатель имеет для почвообрабатывающих рабочих органов, установленных на упругих стойках, которые под воздействием сил сопротивления выталкиваются на поверхность. При этом равномерность глубины хода рабочего органа зависит от состояния почвы, конструктивных параметров стойки, типа рабочего органа, глубины хода и других факторов.

Применение упругих стоек имеет ряд преимуществ, поскольку упругие подвески сложнее в конструкции, более металлоемки и применяются для рабочих органов, испытывающих повышенные нагрузки при работе (стрельчатые лапы широкого захвата, плоскорезы и тому подобные органы).

Основная часть

Взаимодействие рабочих органов с почвой в процессе внедрения рабочего органа в пласт почвы сопровождается ее деформацией и сдвигом (сколом). Вследствие непостоянства площадей поверхности сдвига (скола) и наличия микротрещин, пустот и неоднородностей (концентраторов напряжений) внутри обрабатываемого пласта почвы, возникают знакопеременные перемещения (колебания) рабочего органа с небольшой амплитудой. При воздействии знакопеременных нагрузок в почве возникают волны, дифрагирующие в областях локальных нарушений сплошности, вызывая повышение напряжений, приводящих к разрушению пласта по линиям наименьших связей. Наложение волны колебательного процесса рабочего органа на имеющееся напряженно-деформируемое состояние пласта почвы способствует накоплению разрывов межагрегатных связей в пределах напряженных микрообъемов, вследствие чего пласт переходит в разрыхленное состояние [1].

В изысканиях теоретического характера по обоснованию параметров упругих стоек авторами разработана модель [2], которая допускает значительные упрощения физической сущности процесса, при этом выделяются наиболее существенные факторы, влияющие на процесс: момент сил реактивного сопротивления перемещению диска в почве; момент сил веса и сил упругости стойки (рисунок 1а). В модели принято пренебречь диссипативными силами, поскольку компенсация потерь энергии на преодоление диссипативных сил

происходит от неколебательного источника (почвы) и регулируется автоматически самой автоколебательной системой (упругой стойкой).

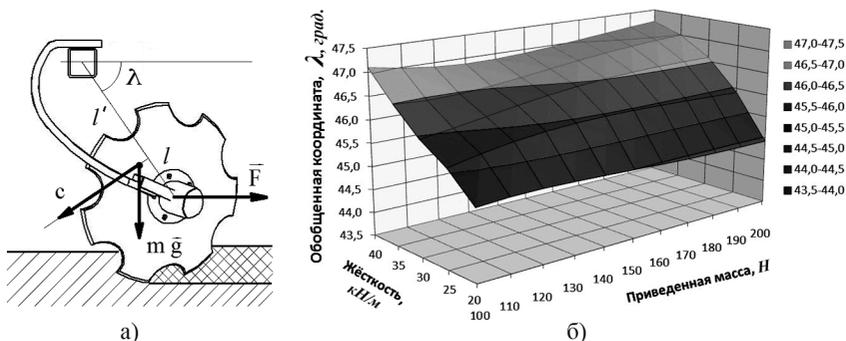
Исследованиями модели обнаружено изменение чувствительности системы к внешнему воздействию с почвой при увеличении приведенной массы. Упругие смещения стойки жесткостью 20 кН/м в диапазоне значений приведенной массы $100\text{--}150 \text{ Н}$ возрастают на $2,2 \%$, после чего почти не меняются ($\pm 0,3 \%$) до 300 Н (рисунок 1б).

В соответствии со схемой (рисунок 1а) отклонение стойки вызывает уменьшение обобщенной координаты λ , град.

Теоретическая модель [2] служит для оценки реакции упругой стойки на воздействие внешних сил и не является моделью самой конструкции, а описывает ее динамическое поведение. По причине неголономности и нестационарности связей рабочего органа (сферического диска) с почвой [3] в теоретической части работы не представляется возможным вычислить изменения динамических характеристик в связи с изменением физических условий. Определение влияния скорости обработки почвы на поведение стойки выполнялось экспериментальным путем.

При условии рационального выбора соотношения скоростей перемещения рабочего органа и его колебательной скорости можно достичь более существенного снижения тягового сопротивления дискового орудия в сравнении с нерегулируемым воздействием. Поскольку свойства обрабатываемой почвы не поддаются управлению, принято управлять параметрами колебаний, которые определяются конструкцией рабочего органа.

Натурные эксперименты были проведены с использованием серийного агрегата ДЛ-2,5 с конструкционными параметрами стоек: жесткость



λ – обобщенная координата; l – приведенная длина стойки; l' – расстояние до центра масс по приведенной длине; F – реакция сопротивления почвы на перемещение в ней рабочего органа; c – сила упругости стойки; $m \cdot g$ – сила веса

Рисунок 1. – Расчетная теоретическая схема (а) и поверхность отклика упругой стойки на взаимодействие с почвой при $F = 1200 \text{ Н}$ (б)

– 20 кН/м; поперечное сечение – 90×14 мм; приведенная длина – 450 мм; приведенная масса – 197 Н (рисунок 2).



Рисунок 2. – Внешний вид агрегата с упругими стойками во время проведения экспериментов

Выполнялось моделирование изменения приведенной массы путем добавления сосредоточенной массы на рабочем органе, масса догрузки – 30 Н.

Эксперименты проводились в агротехнические сроки второго лущения стерни и уничтожения всходов падалицы. Наблюдаемые во время эксперимента условия: почва – чернозем; средняя по горизонтам влажность – 17 %, твердость – 0,6 МПа.

Наблюдения за процессом взаимодействия упругой стойки с почвой выполнялись с помощью тензорезисторов, размещенных на поверхности стойки, ближе к креплению. Тарировка датчиков осуществлялась по усилию и отклонению по ранее разработанной методике [4]. Запись реализаций выполнялась с помощью аналого-цифрового преобразователя-усилителя в виде дискретного ряда цифровых значений с частотой квантования 0,004 с и сохранялась на ПК.

Обработка цифровых массивов записей выполнялась статистическими методами, особенности функционирования рабочего органа

выявлены по характеру протекания автокорреляционной функции реализации процесса изменения отклонений упругой стойки. График корреляционной функции характеризуется слабой гармонической составляющей, свидетельствующей о колебательном движении рабочего органа в почве (рисунок 3).

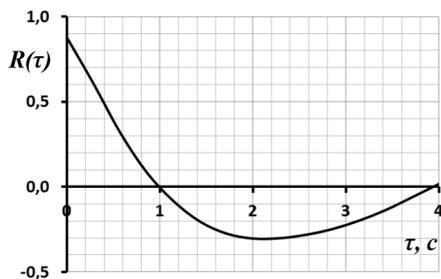


Рисунок 3. – Корреляционная функция реализации процесса отклонений упругой стойки

Согласно плану экспериментальных исследований, для определения влияния скорости агрегата v и приведенной массы m на величину усилия, преодолеваемого рабочим органом F , и его отклонение λ был проведен двухфакторный эксперимент определения зависимостей:

$$F = f(v; m); \lambda = f(v; m),$$

где F – величина усилия, преодолеваемого рабочим органом, H ;

v – поступательная скорость агрегата, $м/с$;

m – приведенная масса, H ;

λ – отклонение упругой стойки, $мм$.

В результате обработки экспериментальных данных получены адекватные уравнения регрессии (рисунок 4).

Анализ уравнений показывает, что с увеличением скорости сила сопротивления на рабочем органе возрастает, тем самым вызывая увеличение отклонения упругой стойки от положения динамического равновесия. Без догрузки возрастание сопротивления по скорости составило 17 %, а с догрузкой – 11 %, что доказывает влияние фактора приведенной массы на процесс взаимодействия с почвой рабочего органа на упругой стойке. Это происходит по причине приращения среднеквадратического отклонения силы сопротивления (рисунок 5), соответствует изменению виброактивности

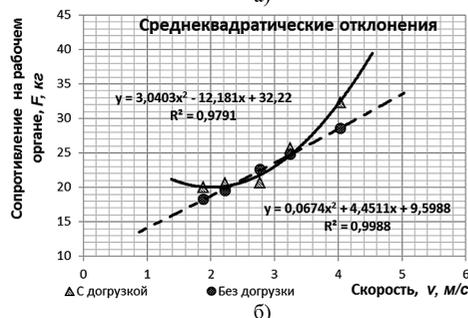
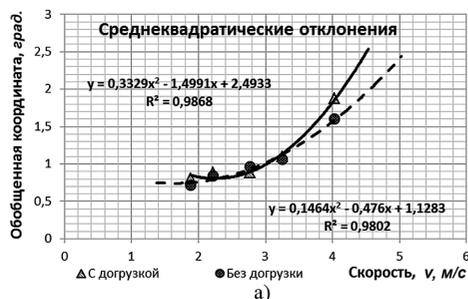


Рисунок 4. – Зависимости средних значений силы сопротивления на рабочем органе (а) и обобщенной координаты (б) от скорости орудия

сти упругой стойки в область рациональных соотношений с поступательной скоростью орудия и снижает сопротивление почвы разрушению.

Рациональные режимы движения дискового орудия следует выбирать исходя из значения среднеквадратического отклонения, при скорости свыше 14,5 $км/ч$ равномерность обработки почвы выходит за допустимые агротехнические пределы. Достижение более высоких скоростей потребует усложнения теоретических расчетов, рассмотрения динамики агрегата в целом и большей трудоемкости исследовательских работ.

Проверка гипотезы о соответствии теоретических

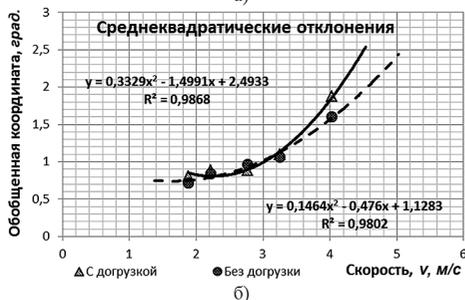
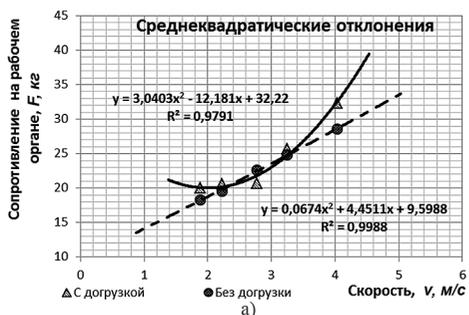


Рисунок 5. – Зависимости среднеквадратических отклонений силы сопротивления на рабочем органе (а) и обобщенной координаты (б) от скорости орудия

стойки с догрузкой (измененной приведенной массой), выраженной в повышении виброактивности рабочего органа, снижающей сопротивление почвы разрушению.

В результате проведения лабораторно-полевых исследований установлены:

- зависимости изменения среднего значения сил сопротивления на рабочем органе и показателя отклонений (обобщенной координаты) от поступательной скорости дискового агрегата;

- зависимости изменения среднеквадратического отклонения сил сопротивления на рабочем органе и показателя отклонений (обобщенной координаты) от поступательной скорости дискового агрегата.

В рамках проведенных исследований и наблюдаемых условий подтверждена эффективность применения упругих стоек для полусферических вырезных дисков. Обоснованы параметры упругих стоек: жесткость – 20 кН/м, приведенная масса – около 210 Н, рациональный режим движения – 4 м/с.

зависимостей экспериментальным определяет уровень адекватности 99 %, что подтверждает перспективу подхода к расчету подобных систем не с позиции обоснования конструкционных параметров и определения эмпирических коэффициентов, а с позиции исследования поведения системы в конкретных физических условиях.

Заключение

В результате проведения экспериментальных исследований подтверждена достоверность теоретических исследований реакции упругих стоек дисковых рабочих органов на взаимодействие с почвой.

Полученные зависимости свидетельствуют об изменении отклика упругой

13.08.2015

Литература

1. Пархоменко, Г.Г. Исследование процесса трансформации почвообрабатывающих рабочих органов / Г.Г. Пархоменко // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник: XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми землеробської механіки» присвячена пам'яті академіка П.М. Василенка / НААНУ ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – Випуск 98, т. 1. – С. 142–150.
2. Гапоненко, О.І. Теоретичне обґрунтування параметрів пружних стійок для сферичних дисків / О.І. Гапоненко // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – Випуск 97, т. 1. – С. 187–194.
3. Кушнарєв, А.С. Использование априорной информации для построения полиномиальных моделей взаимодействия сферических дисков дискаторов с почвой / А.С. Кушнарєв, В.И. Кравчук, С.А. Кушнарєв // Техніка і технології АПК. – 2009. – № 2 (жовтень 2009). – С. 20–25.
4. Гапоненко, О.І. Методика встановлення залежності динамічних навантажень від характеристик пружних стійок робочих органів / О.І. Гапоненко // Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: зб. наук. пр. Харківського НТУСГ ім. П. Василенка. – 2013. – Випуск 139. – С. 327–331.

УДК 631.362.35:635.21

**А.С. Воробей, Д.И. Комлач,
А.Н. Антоненко**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РАБОЧИЙ ОРГАН
КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ
МЕЖДУРЯДНОЙ
ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ
КАРТОФЕЛЯ И
ТОПИНАМБУРА**

Введение

Картофель является уникальным продуктом здорового питания – находится на 3-м месте по важности и является самым значимым растительным источником пищевой энергии среди незлаковых растений, источником восполнения недостатка минеральных веществ и антиоксидантов. Он содержит незаменимые пищевые и физиологически активные вещества: витамины, макро- и микроэлементы, аминокислоты, полиненасыщенные кислоты, углеводы, а также органические кислоты, биофлавоноиды, фитонциды. Объемы производства картофеля в мире составляют более 340 млн тонн и постоянно растут. Средняя урожайность картофеля в России – 13–15 *т/га*, в Беларуси 18–21 *т/га*. Это значительно ниже средневропейского уровня (28–34 *т/га*) [1].

Наземный стебель картофеля – однолетний, травянистый, сочный, разветвленный, хорошо облиственный. Высота ботвы картофеля в зависимости от сорта составляет 50–100 *см*. В поперечном разрезе стебель имеет угловатую трех-четырёхгранную форму, иногда округлую [2].