

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА УПРУГИХ СТОЙКАХ С ПОЧВОЙ

А. Гапоненко,
УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

Экспериментально подтверждена достоверность теоретических исследований реакции упругих стоек дисковых рабочих органов при взаимодействии с почвой. Получены зависимости изменения среднего и среднеквадратического значения сил сопротивления на рабочем органе и отклонений упругой стойки от поступательной скорости дискового агрегата. Изменение приведенной массы рабочего органа способствует снижению интенсивности роста сопротивления при увеличении скорости, колебания упругой стойки приближаются к оптимальному соотношению к скорости агрегата. Предложены рациональные параметры упругих стоек для дисковых орудий.

Ключевые слова: *упругая стойка; сила сопротивления; приведенная масса; скорость.*

Введение. Равномерность глубины хода в почве рабочих органов машин и орудий является одним из наиболее весомых качественных показателей их работы. Особое 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 его хода и других факторов.

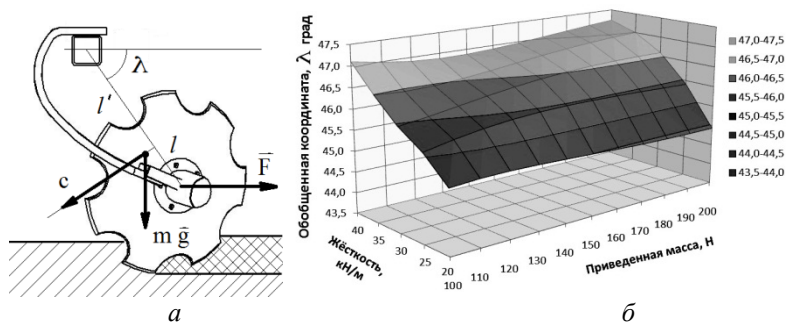
Применение упругих стоек имеет ряд преимуществ, поскольку упругие подвески сложнее по конструкции, более металлоемки и применяются для рабочих органов, испытывающих повышенные нагрузки при работе (стрельчатые лапы широкого захвата, плоскорезы и тому подобные органы).

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 и, при этом, выделяет наиболее существенные факторы, влияющие на процесс: момент сил реактивного сопротивления перемещению диска в почве; момент сил веса и сил упругости стойки (рис. 1, а). 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 - 150 Н возрастают на 2,2 %, после чего почти не меняются ($\pm 0,3$ %) до 300 Н (рис. 1, б).



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) поверхность отклика упругой стойки на взаимодействие с почвой при $F=1200$ Н (б)

В соответствии со схемой (рис. 1, а) 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 путём.

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: их жесткость — 20 кН/м; поперечное сечение — 90×14 мм; приведенная длина — 450 мм; приведенная масса — 197 Н (рис. 2).



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

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

Эксперименты выполнялись 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 выполнялось с помощью тензорезисторов, размещенных на поверхности стойки, ближе к креплению. Тарировка датчиков выполнялась 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 (рис. 3).

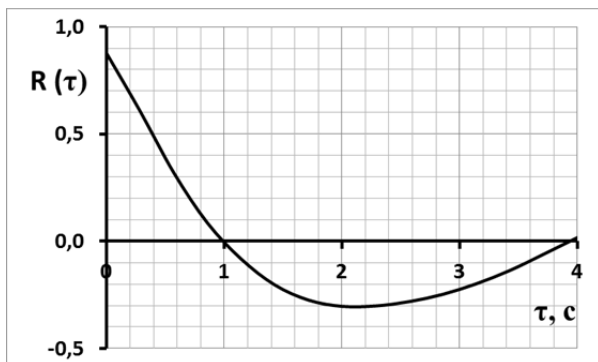


Рисунок 3 – Корреляционная функция реализации процесса отклонений упругой стойки

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

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

где F — величина усилия преодолеваемого рабочим органом, Н;

v — поступательная скорость агрегата, м/с;

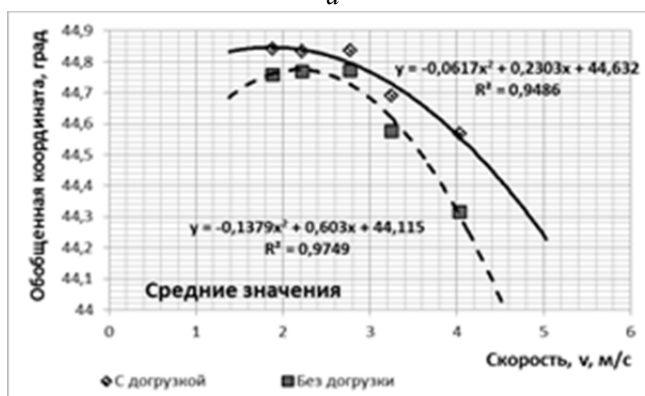
m — приведенная масса, Н;

λ — отклонение упругой стойки, мм.

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



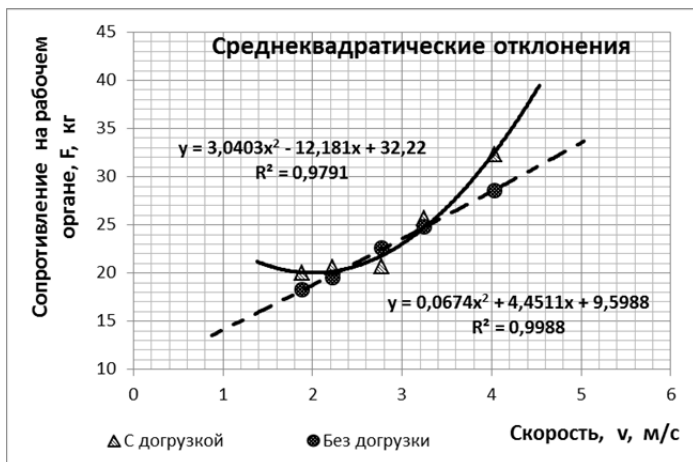
а



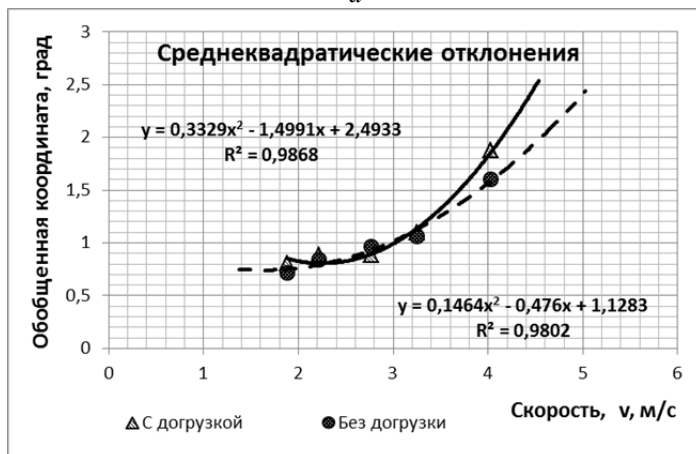
б

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

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 рабочего органа на упругой стойке с почвой. Это происходит по причине приращения среднеквадратического отклонения силы сопротивления (рис. 5), соответствует изменению виброактивности упругой стойки в область рациональных соотношений с поступательной скоростью орудия и снижает сопротивление почвы к разрушению.



а



б

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

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 зависимостей экспериментальным определяет уровень адекватности 99 %, что

підтверджує перспективу підходу к расчету подібних систем не с позиції обоснования конструкційних параметрів и определения емпіричних коефіцієнтів, а с позиції дослідження поведіння системи в конкретних фізических умовах.

Выводы

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 стойки с догрузкой (измененной приведенной массой), выраженной в повышении виброактивности рабочего органа, снижающей сопротивление почвы к 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 применений упругих стоек для полусферических вырезных дисков, обоснованы параметры упругих стоек: их жесткость — 20 кН/м, приведенная масса около — 210 Н, рациональный режим движения — 4 м/с.

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. — Вип. 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. — Вип. 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. — 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. — Вип. 139. — С.327 – 331.

Summary

Experimentally confirmed the accuracy of the theoretical studies of the reaction of the elastic disk legs working bodies in the interaction with the soil. The dependences of changes in the average and rms values of the resistance forces on working body and elastic rack deviations from the translational speed of the disk unit. Change in the reduced mass of the working body helps reduce the intensity of growth resistance with increasing speed, the vibrations of elastic legs approach to the optimal ratio of the speed of the machine. Proposed rational parameters of elastic legs for disk tools.