

2. Иванов, Д. Н. Метод дискретных элементов как инструмент исследования и оптимизации технологического процесса в зерноуборочном комбайне / Д. Н. Иванов, Д. В. Джасов // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: сборник тезисов докладов третьей международной научно-практической конференции. – Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2019. – С. 54–56.

УДК 631.355.06

Поступила в редакцию 17.10.2019

Received 17.10.2019

А. С. Шантыко, А. Д. Конявский, Д. В. Джасов, Ю. В. Чупрынин

*Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь*

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ПОПЕРЕЧНОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ ТРАВЯНОЙ ЖАТКИ

В работе представлена функциональная математическая модель, позволяющая проводить анализ и подбор параметров механизма поперечного уравнивания травяной жатки.

Ключевые слова: механизм уравнивания, рычажный механизм, травяная жатка, векторный способ.

A. S. Shantyko, A. D. Konyavskiy, D. V. Jasov, Yu. V. Chuprynin

*Scientific and Technical Harvester Centre OJSC “Gomselmash”,
Gomel, Republic of Belarus*

FUNCTIONAL MATHEMATICAL MODEL OF MECHANISM OF TRANSVERSE BALANCING OF GRASS HEADER

The work presents functional mathematical model, analysis and selection of parameters of the mechanism of transverse balancing of grass header.

Keywords: mechanism of balancing, linkage, grass header, vector method.

Современные мощные высокопроизводительные кормоуборочные комбайны агрегируются широкозахватными жатками и работают на высоких скоростях движения (до 8...12 км/ч). Для адаптеров с шириной захвата более 4 м необходимо отслеживать неровности в поперечном направлении, иначе будут наблюдаться потери по высоте среза. Поэтому помимо механизмов продольного копирования рельефа поля используются механизмы поперечного копирования (качания) адаптера [1]. Однако, в связи с тем, что в большинстве случаев центр тяжести адаптера находится несимметрично относительно оси качания, происходит завал адаптера в одну из сторон, и как следствие нагрузка на опорную поверхность между левым и правым башмаками распределяется неравномерно.

Для исключения завала адаптера в одну из сторон, обеспечения копирования и равномерного распределения нагрузки на почву между левым и правым башмаком в зерноуборочных, а также кормоуборочных адаптерах применяют механизм поперечного уравнивания (МПУ).

По способу уравнивания адаптера МПУ можно условно разделить на три группы: рычажно-пружинные, гидравлические и смешанные. В НТЦК ОАО «Гомсельмаш» широкое применение нашли рычажно-пружинные МПУ.

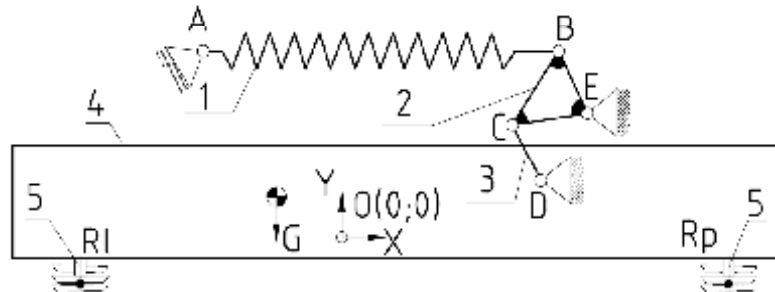
Постановка задачи

При постоянно изменяющемся рельефе поля, необходимо непрерывно обеспечивать следующие условия: копирование жаткой рельефа поля; установку и поддержание предварительно выбранной высоты среза на адаптере; максимально возможное постоянство давления на почву опорных башмаков адаптера. При этом для гарантированного срабатывания МПУ, нагрузка на почву от башмака не должна превышать нагрузку на башмак от механизма продольного копирования во всем диапазоне копирования.

Математическая модель

Для проектирования МПУ, удовлетворяющего вышеперечисленным требованиям, необходимо проводить оптимизацию параметров МПУ адаптера путем формирования функциональной математической модели (ФММ) МПУ. Далее провести ее анализ и оптимизацию параметров механизма, обеспечивающих удовлетворительную характеристику поперечного уравнивания во всем диапазоне копирования.

Типовая схема МПУ травяной жатки приведена на рис. 1.



1 – пружина; 2 – двуплечий рычаг; 3 – толкатель; 4 – адаптер; 5 – башмаки; G – центр тяжести жатки

Рис. 1. – Схема механизма поперечного уравнивания

Для формирования математической модели МПУ воспользуемся векторным способом описания рычажных механизмов, широко описанным в работах [2, 3, 4].

Положение всех подвижных точек и звеньев описываемого механизма является функцией перемещения начального звена, т. е. функцией от обобщенной координаты. За обобщенную координату принимаем угол поворота жатки относительно точки качания в диапазоне, обеспечивающим отклонения высоты подъема башмака, ± 100 мм. Тогда высоту подъема башмака относительно точки качания жатки определим по формуле:

$$OR_p(f) = TurnV(OR_{p0}, f, |OR_{p0}|), \quad (1)$$

где $TurnV(OR_{p0}, f, |OR_{p0}|)$ – функция поворота вектора [4];

OR_{p0} – начальное положение радиус-вектора точки контакта башмака с почвой.

Перемещение правого башмака R_p в вертикальной плоскости в зависимости от изменения обобщенной координаты определим, как векторную сумму двух известных векторов по выражению (2).

$$R_p(f) = O + OR_p(f). \quad (2)$$

Для нахождения координат точки D крепления толкателя на раме адаптера найдем относительный вектор OD путем поворота известного вектора $OR_p(f)$ (1) на угол DOR_p (2) с изменением его длины до L_{OD0} :

$$OD(f) = TurnV(OR_p(f), -DOR_p, L_{OD0}). \quad (3)$$

С учетом выражения (3) абсолютное положение точки D опишем выражением (4).

$$D(f) = O + OD(f). \quad (4)$$

Координаты точки E крепления двуплечего рычага пружины на раме адаптера определим, как векторную сумму двух известных векторов по выражению (5).

$$E = O + OE. \quad (5)$$

Относительный вектор ED – разность двух известных векторов и по выражению (6) равен

$$ED(f) = D(f) - E. \quad (6)$$

Для нахождения координаты точки C по формуле (9) предварительно найдем относительный вектор EC (8) путем поворота известного вектора $ED(f)$ (6) на угол CED (7) с изменением его длины до L_{CD} .

$$CED = \text{ug_cos}(L_{EC}, |ED(f)|, L_{CD}), \quad (7)$$

где $\text{ug_cos}(L_{EC}, |ED(f)|, L_{CD})$ – функция поиска неизвестного угла по теореме косинусов [4];

$$EC(f) = \text{TurnV}(ED(f), CED(f), L_{EC}); \quad (8)$$

$$C(f) = E + EC(f). \quad (9)$$

Для определения точки крепления пружины $B(f)$ на двуплечем рычаге определим плечо $EB(f)$ путем поворота известного вектора $EC(f)$ на заданный угол BEC до длины L_{EB} :

$$EB(f) = \text{TurnV}(EC(f), BEC, L_{EB}); \quad (10)$$

$$B(f) = E + EB(f). \quad (11)$$

Точку крепления пружины на раме адаптера A определим как сумма двух известных векторов по выражению (12).

$$A = O + OA. \quad (12)$$

Тогда длину пружины, в зависимости от изменения обобщенной координаты, определим по формуле:

$$L_{pr} = |B(f) - A|. \quad (13)$$

После формализованного описания положения всех точек МПУ определяем требуемую силу в пружине AB , необходимую для достижения уравнивания адаптера в горизонтальном положении:

$$F_{pr}(f) = \frac{G \cdot h_G(f) \cdot h_{CD}(f)}{h_{OD}(f) \cdot h_{pr}(f)},$$

где G – центр тяжести адаптера;

$h_G(f)$, $h_{OD}(f)$ – плечо центра тяжести адаптера и плечо точки крепления толкателя относительно точки качания адаптера;

$h_{CD}(f)$, $h_{pr}(f)$, – плечо толкателя CD и плечо пружины относительно т. E ;

Зная все силовые параметры МПУ определим нагрузку на башмаках, действующие на почву по формуле:

$$R(f) = \frac{F_{pr}(f) \cdot \frac{h_{pr}(f)}{h_{CD}(f)} \cdot h_{OD}(f) - G_g \cdot h_G(f)}{h_R(f)},$$

где $h_R(f)$ – плечо левого или правого башмака относительно точки качания адаптера;

Сформированная выше ФММ, позволяет выполнять как анализ работоспособности конструкции, так и оптимизацию ее параметров.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлена характеристика изменения реакции на левом и правом башмаках травяной жатки без МПУ при повороте ее из одного крайнего положения в другое.

Как следует, из рис. 2, реакция на левом башмаке является положительной и имеет значительную величину во всем диапазоне копирования. Реакция на правом башмаке имеет значительную отрицательную величину во всем диапазоне. Это приводит к завалу адаптера в левую сторону, разрушению поверхностного слоя почвы и, как следствие, нарушению технологического процесса уборки трав.

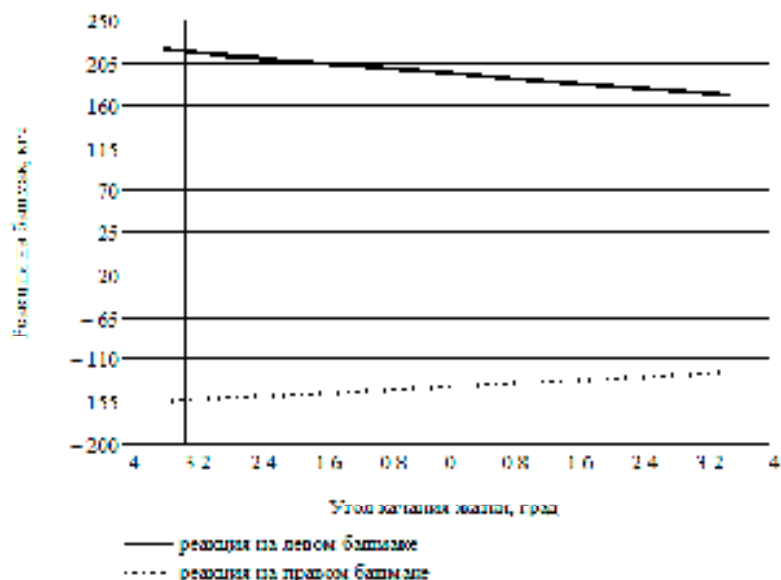


Рис. 2. – Характеристика изменения реакции на левом и правом башмаках

Для получения удовлетворительной характеристики изменения реакций на левом и правом башмаках используется рычажно-пружинный МПУ. По результатам анализа ФММ МПУ были подобраны параметры механизма, обеспечивающие величину реакции на башмаке не превышающую величину реакции от продольного механизма копирования. Стоит отметить следующее: если величина реакции на башмаке механизма поперечного уравнивания окажется больше величины реакции создаваемой механизмом продольного копирования, то при наезде, допустим левого башмака на бугорок, первым сработает механизм, работающий в продольной плоскости. В этом случае правый башмак, под которым может оказаться ямка, также оторвется от поверхности на ту же высоту, что и левый башмак. Такая ситуация при выполнении технологического процесса приведет к потерям по высоте среза.

Характеристика изменения нагрузки на башмаках с использованием оптимизированных параметров МПУ в зависимости от угла поворота адаптера приведены на рис. 3.

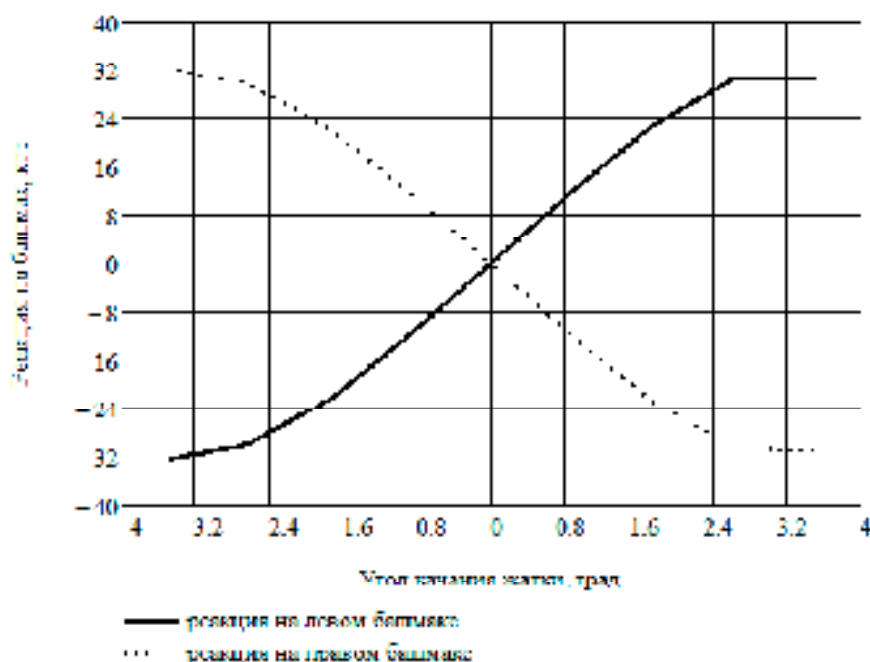


Рис. 3. – Характеристика изменения реакции на левом и правом башмаках

Как видно из рис. 3, характеристика изменения вертикальной реакции на левом и правом башмаках приобрела симметричный вид и не превышает 35 кгс во всем диапазоне копирования. Данная величина обеспечивает устойчивое выполнение технологического процесса.

Выводы

1. Применение широкозахватных адаптеров с использованием системы поперечного копирования рельефа почвы невозможно без применения МПУ.

2. МПУ должен обеспечивать допустимую величину нагрузки на башмаки во всем диапазоне копирования, не превышающую величину нагрузки на башмак от механизма продольного копирования, и иметь симметричную характеристику.

3. Наиболее простым и удобным способом для формирования функциональной математической модели МПУ является рассмотренный в статье векторный способ описания рычажных механизмов. Он позволяет доступно и наглядно аналитически описывать кинематику проектируемых рычажных механизмов и осуществлять анализ их работы. Применение данного способа по сравнению с существующими аналитическими методами позволяет в короткие сроки и с высоким качеством создавать оптимальные и конкурентоспособные системы рычажных механизмов, что подтверждается многолетним опытом его использования в НТЦК ОАО «Гомсельмаш».

Список использованных источников

1. Конявский А. Д. Оптимизация параметров механизма поперечного уравнивания травяной жатки КНК-4500 / А. Д. Конявский, Д. В. Джасов // Сборник тезисов докладов второй международной научно-технической конференции, НТЦК ОАО «Гомсельмаш», 2018. – С. 106–107.

2. Котов, А. В. Применение векторного анализа при проектировании рычажных механизмов / А. В. Котов, Ю. В. Чупрынин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2007. – С. 32–37.

3. Джасов, Д. В. Оптимизация параметров механизма подъема капота косилки с применением газовых пружин / Д. В. Джасов, Д. Н. Иванов, А. С. Шантыко // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – №2(42). – С. 65–73.

4. Джасов, Д. В. Оптимизация параметров предохранительного элемента механизма поворота силосопровода кормоуборочного комбайна / Д. В. Джасов, А. Д. Конявский, А. С. Шантыко, Ю. В. Чупрынин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) / редкол. : П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 219–224.

УДК 656.1.065.7.

Поступила в редакцию 17.10.2019
Received 17.10.2019

И. И. Хилько, Л. Г. Сапун

*Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВЫСОКОНАПОРНЫХ МОЕЧНЫХ УСТАНОВОК

Дана оценка энергоэффективности современных высоконапорных моечных установок, предложены новые технические решения по рабочим органам и сменным адаптерам, повышающим технический уровень и расширяющим их технологические возможности.

Ключевые слова: технологические возможности, эксплуатация МТП, конструкции брендспойта, производственные испытания, система технической эксплуатации сельскохозяйственных машин и оборудования, мойка.