

УДК 631.3.01-8

## АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТЕЙ РЕЗАНИЯ РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

**Н.О. Петроченко,**

*студент агромеханического факультета БГАТУ*

**А.С. Мезга,**

*студент агромеханического факультета БГАТУ*

**С.Р. Белый,**

*ст. преподаватель каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ*

**Г.А. Радишевский,**

*доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

*В статье рассмотрены закономерности изменения скорости резания режущими аппаратами зерноуборочных комбайнов. Исследована закономерность изменения скорости режущего аппарата с планетарным механизмом.*

*Ключевые слова: режущий аппарат, кривошипно-шатунный механизм, механизм качающейся шайбы, планетарный механизм, резание, нож.*

*In the article regularities of change of cutting speed by cutting machines of combine harvesters are considered. The regularity of the change in the speed of the cutting device with the planetary mechanism is studied.*

*Keywords: cutting device, crank mechanism, mechanism of swinging washer, planetary mechanism, cutting, knife.*

### Введение

В 2017 году в Республике Беларусь намолочено 7 миллионов 361 тысяча тонн зерна, а с учетом рапса и кукурузы – около 10 миллионов тонн [1]. Процесс уборки зерновых является наиболее затратным и энергоемким, что отражается на себестоимости производимой продукции. Кроме того, увеличение сроков уборки оказывает влияние на потери зерна. Установлено, что с наступлением фазы полной спелости, в первые 5...6 дней потери зерна минимальны, а затем интенсивно увеличиваются [2]. Одним из факторов, влияющих на качество уборки, является работа режущего аппарата зерноуборочного комбайна.

На кафедре сельскохозяйственных машин БГАТУ проведен анализ работы режущего аппарата зерноуборочного комбайна КЗС-7 с шириной захвата жатки – 6 метров, при уборке овса урожайностью – 34 ц/га и рабочей скорости – 0,67 м/с. Аналогично выполнен анализ работы режущего аппарата зерноуборочного комбайна КЗС-10К, при урожайности пшеницы – 32 ц/га, ширине захвата жатки – 6 метров и рабочей скорости – 1,17 м/с. Установлено, что на процесс срезания хлебной массы режущим аппаратом КЗС-7 затрачивается мощность 3,7 кВт, а для КЗС-10К – 5,8 кВт.

В 2017 году в Республике Беларусь на уборке было задействовано более 9000 комбайнов различных моделей. Уборка зерновых заняла в среднем 20 дней [2]. Время рабочей смены составляет 10 часов, коэф-

фициент использования времени смены при уборке зерновых – 0,6 [3]. Усредненные затраты мощности на процесс срезания хлебной массы режущим аппаратом составляют 4,5 кВт, а на весь период уборки с учетом наличия и времени работы комбайнов – порядка 4860000 кВт·ч. Средний удельный расход топлива для двигателей комбайнов КЗС-7 и КЗС-10К составляет 225 г/кВт·ч. Следовательно, в период уборки только на срезание стеблей затрачивается около 1093500 кг топлива, что в денежном выражении составит около 1213128 рублей. Таким образом, снижая мощность, затрачиваемую на процесс резания, можно значительно снизить себестоимость продукции.

Целью данной работы является исследование закономерности изменения скорости ножа режущего аппарата в зависимости от его перемещения.

### Основная часть

В настоящее время в приводах режущих аппаратов зерноуборочных комбайнов широко используются кривошипно-шатунные механизмы, механизмы качающейся шайбы и планетарные.

В зерноуборочных комбайнах, производимых как в Республике Беларусь (ПО «Гомсельмаш», ОАО «Лидаагропромаш»), так и за рубежом (John Deere, Claas, New Holland, Case), широкое применение получил планетарный привод режущего аппарата.

При работе режущего аппарата на нож действуют следующие силы: сила сопротивления срезу рас-

тений, силы инерции масс ножа, сила трения ножа по пальцевому брусу. При этом силы инерции масс ножа возникают за счет непостоянства скорости перемещения ножа. Закономерность изменения скорости перемещения ножа зависит непосредственно от типа механизма привода.

Рассмотрим закономерности изменения скорости перемещения ножа различных типов приводов режущих аппаратов.

Скорость движения ножа с кривошипно-шатунным приводом изменяется в соответствии с выражением (1), а графическое изображение представлено на рисунке 1 [3].

$$U_H = \omega \sqrt{r^2 - x^2} = \omega \cdot y, \quad (1)$$

где  $\omega$  – угловая частота вращения коленчатого вала,  $\text{с}^{-1}$ ;

$r$  – радиус кривошипа, м;

$x$  – ход ножа, м;

$y$  – ордината перемещения точки кривошипа, м.

Скорость движения ножа при использовании в приводе режущего аппарата механизма качающейся шайбы изменяется в соответствии с зависимостью (2), а график может быть представлен кривой 2 (рис. 1):

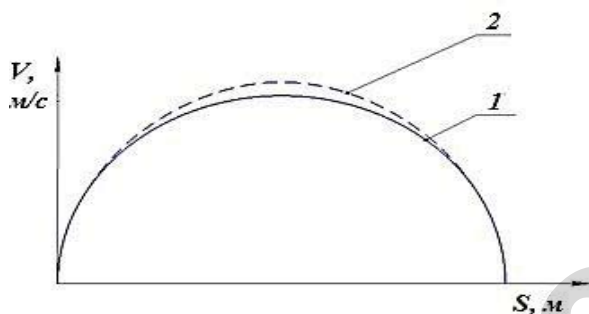


Рис. 1. График зависимости изменения скорости резания: 1 – ножом, приводимым в движение механизмом качающейся шайбы; 2 – ножом с кривошипно-шатунным приводом

$$U_{H\text{кш}} = \mu \omega \sin \omega t = \mu \omega \sqrt{r^2 - x^2}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – параметр, учитывающий отличие в изменении скорости ножа с приводом через механизм качающейся шайбы от кривошипно-шатунного привода.

Из рисунка 1 следует, что скорость перемещения ножа не постоянная, вначале возрастает, а затем замедляется, что свидетельствует о возникновении инерционных нагрузок.

Закономерность изменения скорости ножа с планетарным механизмом (рис. 2) отличается от закономерности изменения скорости с механизмом качающейся шайбы и с кривошипно-шатунным приводом.

Из рисунка 2 следует, что до точки  $a$  происходит возрастание скорости перемещения ножа, от точки  $a$  до точки  $b$  скорость ножа постоянна, от точки  $b$  происходит уменьшение скорости ножа. На промежутке от  $a$  до  $b$ , так как скорость перемещения ножа постоянна, сила инерции будет равна нулю, а, следовательно

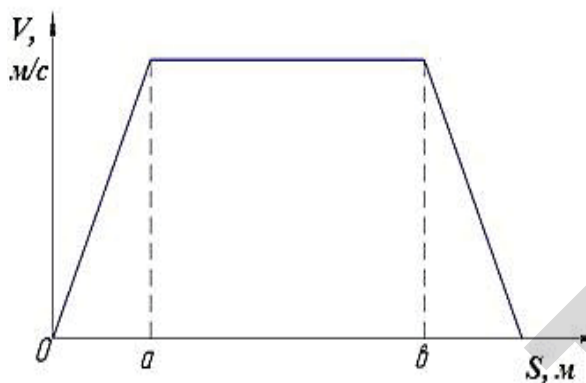


Рис. 2. График изменения скорости резания с планетарным механизмом

но, не возникают инерционные нагрузки в приводе. Однако данную закономерность следует поставить под сомнение, так как в точках  $a$  и  $b$  ускорения снижаются до нуля, что вызывает в данный момент времени ударные нагрузки.

В источнике [4] предполагается, что скорость движения ножа на участке резания (участок  $a-b$ ) (рис. 2) изменяется в соответствии с выражением:

$$U_H = (30\omega V_p) / \pi n, \quad (3)$$

где  $V_p$  – скорость резания, м/с;

$n$  – частота двойных ходов ножа,  $\text{мин}^{-1}$ .

Н.И. Кленин [5] предполагает, что закономерность изменения скорости ножа для планетарного механизма (рис. 3) изменяется по зависимости:

$$U_H = -2\omega r \sin \varphi, \quad (4)$$

где  $\varphi$  – угол поворота водила.

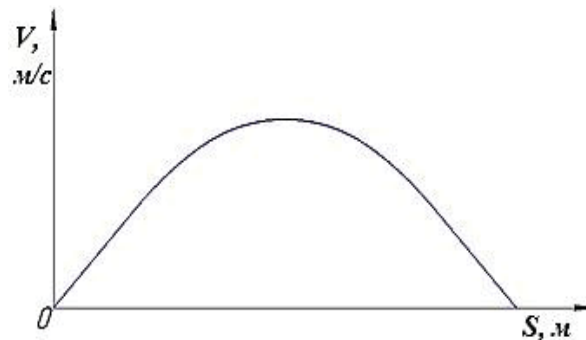


Рис. 3. График изменения скорости резания с планетарным механизмом

Информация, представленная в разных источниках, различается. Некоторые авторы утверждают, что скорость перемещения ножа изменяется по синусоиде, а другие, что данная зависимость имеет вид трапеции.

С целью определения кинематических параметров планетарного механизма привода ножа и размеров его элементов, был демонтирован данный механизм и составлена его кинематическая схема (рис. 4).

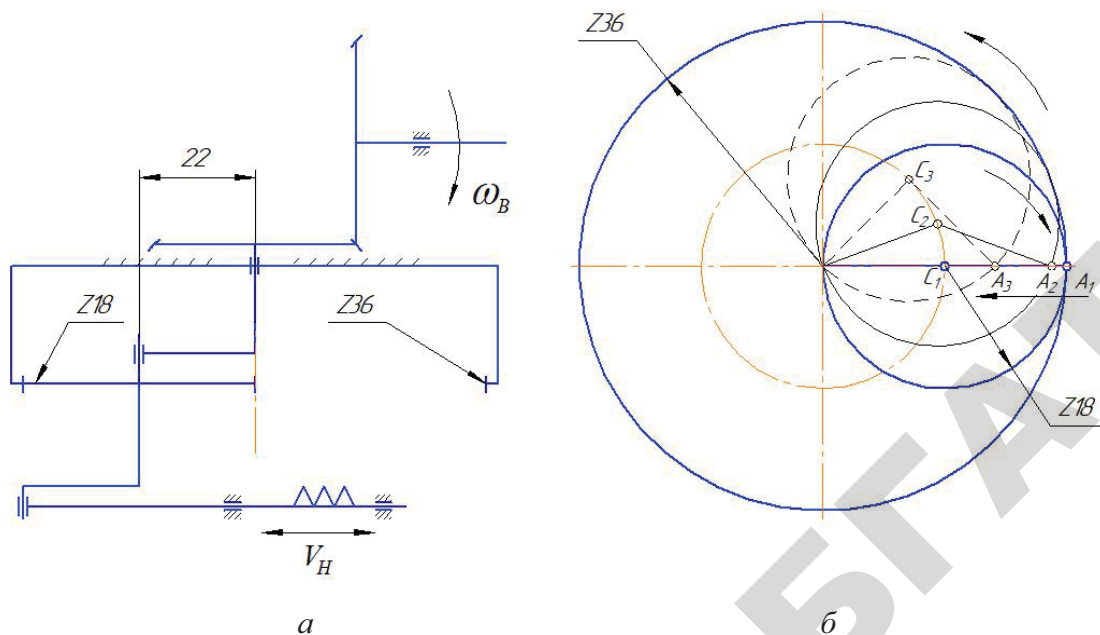


Рис. 4. Кинематическая схема планетарного механизма (а) и фрагмент, обосновывающий движение ножа (б)

Определение закономерности изменения скорости перемещения ножа провели графоаналитическим методом с помощью программы КОМПАС 3D V16. Для этого зубчатое зацепление заменили на два многогранника, обкатывающихся друг о друга, количество граней которых соответственно равно количеству зубьев  $Z_{18}$  и  $Z_{36}$ , и соответственно составляет 18 и 36 граней. На малом многограннике была принята точка, соответствующая оси приводного пальца. При обкатке многогранников отслеживалось перемещение оси пальца, при этом поворот многогранника на одну грань соответствует повороту шестерни на один зуб или на  $10^\circ$ . Разделив перемещение на время поворота одной грани, получим скорость на данном участке.

Результат исследования представлен на рисунке 5, из которого видно, что зависимость изменения скорости движения ножа отличается от синусоиды и трапеции, что является предпосылкой к проведению дальнейших исследований закономерности изменения скорости резания режущего аппарата с планетарным механизмом привода ножа.

#### Заключение

В настоящее время в зерноуборочных комбайнах для привода режущего аппарата в основном применяются кривошипно-шатунный механизм, механизм качающейся шайбы и планетарный механизм. Зависимость изменения скорости в механизме с кривошипно-шатунным приводом представляет собой полукруглость, для механизма качающейся шайбы зависимость имеет вид параболы. Для планетарного привода информация противоречива. Так, в методических указаниях [4] данная зависимость представлена в виде трапеции, а в учебнике [5] она имеет вид синусоиды. При проведенном исследовании было

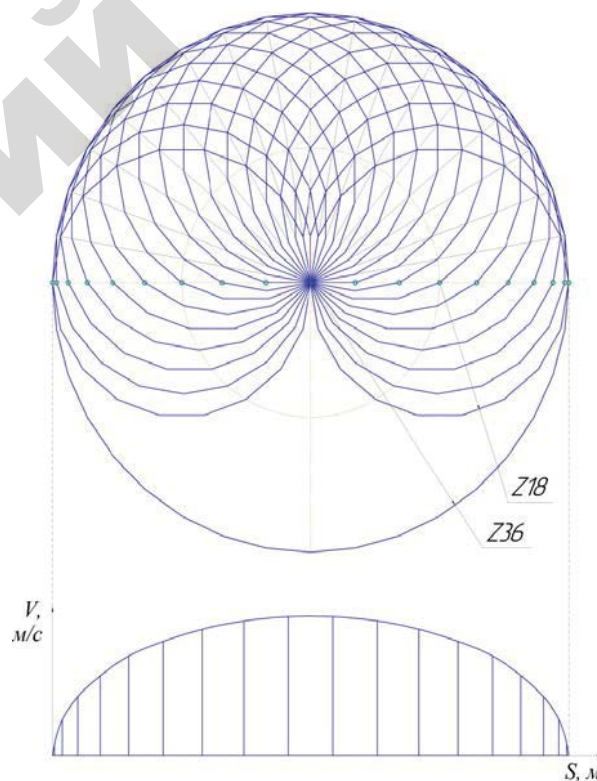


Рис. 5. Результат исследования закономерности изменения скорости движения ножа

выявлено, что данная зависимость не подтвердилась. Для получения объективной информации необходимо детальное исследование закономерности изменения скорости ножа и сил, действующих в данном механизме, а также мощности, затрачиваемой на привод режущего аппарата. Так, снизив мощность, затрачи-

ваемую на процесс резания, в масштабах Республике Беларусь можно значительно сократить расход топлива при уборке зерновых культур.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Беларуси намолочено 7 миллионов 361 тысяча тонн зерна. О результатах уборочной доложили Президенту [Электронный ресурс]. – 2018 – Режим доступа: [https://www.tvr.by/news/prezident/v\\_belarusi\\_namolocheno\\_7\\_millionov\\_361\\_tysyacha\\_tonn\\_zerna/](https://www.tvr.by/news/prezident/v_belarusi_namolocheno_7_millionov_361_tysyacha_tonn_zerna/). – Дата доступа 01.02.2018.

2. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства / А.В. Новиков [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – С. 306.

3. Организация производства: учеб.-методич. пос. / А.А. Зеленовский [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – С. 109.

4. Ходосевич, В.И. Сельскохозяйственные машины: учеб.-методич. пос. / В.И. Ходосевич, Г.А. Радишевский, А.В. Кузьмицкий. – Минск: БГАТУ, 2010. – 60 с.

5. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Кленин, С.Н. Киселев, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2008. – С. 448-452.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.03.2018

УДК 631.1

## МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ СОЛОМОТРЕСА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ДОВОДКИ

**И.А. Осадчий,**

*преподаватель каф. радиотехники Военной академии Республики Беларусь*

**В.И. Кардаков,**

*профессор каф. тактики и вооружения радиотехнических войск факультета противовоздушной обороны Военной академии Республики Беларусь, канд. техн. наук, доцент*

**А.Н. Вырский,**

*заведующий конструкторско-исследовательским отделом динамики, прочности, аналитической надежности Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»*

**А.С. Пусев,**

*начальник экспериментального производства Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»*

**Л.В. Веппер,**

*доцент каф. автоматизированного электропривода ГГТУ им. П.О. Сухого, канд. техн. наук, доцент*

*Статья посвящена проблеме организации и проведения экспериментальных исследований, связанных с измерением уровня вибраций в процессе доводки машин. Представлены результаты натурных испытаний вращающихся механизмов, проведенных в ОАО «Гомсельмаш», с использованием новой методики измерения вибраций.*

*Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, соломотряс, мгновенный центр вращения, вибродиагностика.*

*The article is devoted to a problem of organization and realization of the experimental researches connected to level measurement of vibration in the course of a machines finishing. The results of natural experiment of the spinner in Open Society "Gomselmash", with usage of the new measuring technique of vibration are presented.*

*Keywords: grain harvester, straw shaker, the instant centre of rotation, vibration-based diagnostics.*

### Введение

В настоящее время одной из важнейших задач, стоящих перед промышленными предприятиями, является выход их продукции на зарубежный рынок. Современные предприятия, активно конкурирующие не только на отечественном, но и зарубежном рын-

ках, вынуждены находиться в состоянии постоянного проектирования новых продуктов. Оптимальной является работа на опережение, т.е. если предприятие будет проектировать продукцию на основе существующего спроса, то до стадии промышленного производства дойдет морально устаревший продукт. В условиях жестких ограничений по срокам и затра-