

3. Кацыгин, В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий / В.В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск: Ураджай, 1964. – Т. 13. – С. 5 – 147.

4. Шило, И. Н. Влияние почвенных условий на формирование машинно-тракторных агрегатов / И. Н. Шило, А. Н. Орда, Н. А. Гирейко, А. Б. Селеша // Агропанорама, 2006. – № 1. – С. 7-11.

УДК 629.336.063

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 29.10.2014

## СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ОТБОРА МОЩНОСТИ ТРАКТОРА

Д.А. Жданко, канд. техн. наук, доцент, В.Я. Тимошенко, канд. техн. наук, доцент, А.В. Новиков, канд. техн. наук, доцент, А.А. Зенько, студент (БГАТУ)

### Аннотация

*Рассмотрены вопросы стабилизации частоты вращения вала отбора мощности (ВОМ) трактора с целью повышения экономичности и качества выполняемых сельскохозяйственных работ.*

*The problems of stabilization of the drive shaft of the tractor to improve the efficiency and quality of performance of agricultural work are analyzed.*

### Введение

Двигатель является источником энергии и движущей силы трактора. От динамических и экономических его свойств в значительной степени зависят эксплуатационные качества трактора и машинно-тракторного агрегата (МТА). Основными эксплуатационными показателями работы тракторного двигателя являются [1]: эффективная мощность, эффективный крутящий момент, часовой и удельный расход топлива, частота вращения коленчатого вала.

При работе двигателя на максимальном скоростном режиме развиваемая им мощность при выполнении многих сельскохозяйственных операций используется не полностью. Для более экономичной работы МТА в этом случае переходят на частичный режим. При этом мощность двигателя может не превышать требуемого значения для выполнения технологического процесса, но при этом снижается частота вращения коленчатого вала двигателя. Снижение ее практически не сказывается на качестве выполнения операций, выполняемых тяговыми машинами с пассивными рабочими органами.

Однако таких машин становится все меньше, даже на почвообработке, где традиционно использовались машины с пассивными рабочими органами, сегодня используются машины с приводом от ВОМ трактора.

Машины с активным приводом рассчитаны на определенную частоту вращения ВОМ, при которой обеспечивается необходимое качество выполняемого технологического процесса. Особенно это важно для обеспечения требуемого качества уборочных, посевных работ. Так изменение частоты вращения ВОМ при уборке силосных культур, заготовке сенажа приводит к изменению длины резки и даже к забиванию

силосопроводов кормоуборочных комбайнов.

Работа же двигателя на максимальной частоте вращения экономически нецелесообразна, так как будет иметь место повышенный расход топлива.

Применение синхронного привода ВОМ не решает обозначенную проблему, так как этот привод синхронизирует частоту вращения ВОМ и скорость движения МТА.

В связи с этим для обеспечения требуемого качества выполнения работ МТА с машинами с активным приводом требуется изыскание возможности стабилизации вращения ВОМ вне зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

### Основная часть

Запишем уравнение характера изменения тяговой мощности трактора [2]

$$\Delta N_T = (1 - \kappa_m \kappa_o) N_{e_n} \eta_{m_2}, \quad (1)$$

где  $\kappa_m$  – коэффициент приспособляемости дизельного двигателя по моменту;

$\kappa_o$  – коэффициент приспособляемости дизельного двигателя по частоте вращения;

$N_{e_n}$  – номинальная мощность двигателя, Вт;

$\eta_{m_2}$  – механический КПД трансмиссии.

У тракторных дизелей коэффициент приспособляемости по моменту  $\kappa_m = 1,05 \div 1,2$ , а коэффициент приспособляемости по частоте вращения  $\kappa_o = 0,8 \div 0,6$  [2].

Тогда

$$\Delta N_T = (0,16 \div 0,36) N_{e_n} \eta_{m_2}. \quad (2)$$

Из уравнения характера изменения тяговой мощ-

ности (2) видно, что  $\Delta N_T$  в среднем не превышает

$$\frac{1}{3} \div \frac{1}{4} \text{ номинальной мощности двигателя.}$$

Недогрузка двигателя может наблюдаться при ограничении максимальной рабочей скорости агро-требованиями к выполнению операции.

Расчеты, приведенные в [3], показывают, что снижение загрузки двигателя до 60 % имеет место при работе МТА с переменной массой, например при опорожнении кузова разбрасывателя удобрений.

В конструкции привода ВОМ трактора «Беларус – 3022» предусмотрена возможность перехода на экономичный режим работы двигателя, обеспечивая частоту вращения ВОМ – 1000 мин<sup>-1</sup> при частоте вращения коленчатого вала двигателя – 1435 мин<sup>-1</sup> [3]. Однако такой переход осуществляется ступенчато, путем переключения редуктора ВОМ при остановленном тракторе.

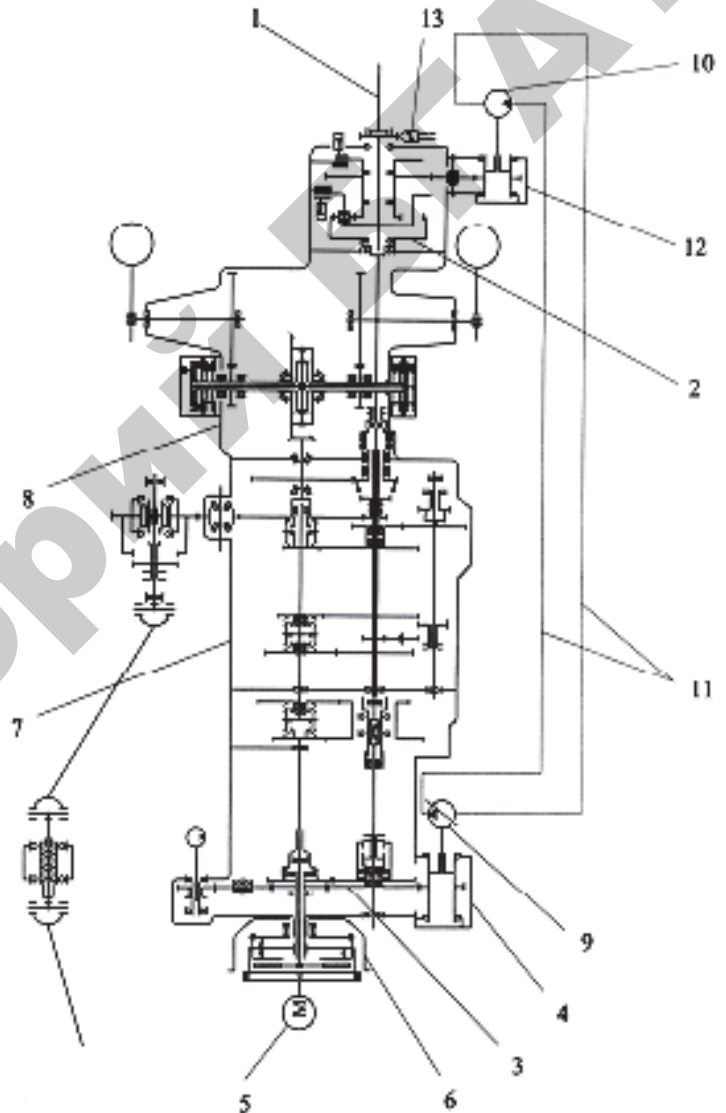
Известен ВОМ универсально-пропашного трактора (рис. 1) [4], включающий хвостовик 1, редуктор 3 с приводом от двигателя и планетарный ряд 2 с дополнительно установленным гидравлическим насосом регулируемой производительности 9, приводимым от привода 4, и планетарный редуктор 12, солнечная шестерня которого кинематически связана с гидравлическим мотором 10, соединенным маслопроводами 11 с гидравлическим насосом регулируемой производительности 9, с возможностью управления подачей этого насоса, датчиком угловой скорости хвостовика 13 ВОМ, при этом вал эпициклической шестерни планетарного ряда 2 кинематически связан с коленчатым валом двигателя 5, а водило – с хвостовиком ВОМ 1.

Известен также ВОМ универсально-пропашного трактора (рис. 2) [5], содержащий двигатель 1, выходной вал 2 которого соединен с редуктором 3, ведомый вал 4 которого соединен с коронной шестерней 5, взаимодействующей с сателлитами 6 первого ряда, кинематически связанными с солнечным колесом 7, на трубчатом валу 8 которого установлены фрикцион 9, а соосно сателлитам 6 установлены сателлиты 10 второго ряда, кинематически связанные с солнечным колесом 11, закрепленным на трубчатом валу 12, на втором конце которого расположены муфты 13 и 14. Сателлиты 6 и 10 установлены на водиле 15, на одном конце которого расположена фрикционная муфта 16, а второй конец закреплен на валу 17, на котором установлен хвостовик 18, соединяемый с агрегируемыми валами приема мощности сельскохозяйственной машины. Трубчатые валы 8 и 12 выполнены соосно валу 17. Ве-

домая часть фрикциона 19 установлена на водиле 15. Ведущие части фрикционных муфт 9, 13, 16 взаимодействуют соответственно с ведомыми элементами 20, 21, 22, закрепленными на корпусе планетарного редуктора 23.

Недостатком этих устройств является невозможность бесступенчатого изменения частоты вращения ВОМ, повышенная металлоемкость и сложность конструкции.

По мнению авторов, для бесступенчатого изменения частоты вращения ВОМ и поддержания ее в



*Рисунок 1. ВОМ универсально-пропашного трактора:  
1 – хвостовик; 2 – планетарный ряд; 3 – редукторы привода;  
4 – привод гидронасоса; 5 – двигатель внутреннего сгорания;  
6 – муфта сцепления; 7 – коробка передач; 8 – задний мост;  
9 – гидравлический насос регулируемой производительности;  
10 – гидромотор; 11 – маслопровод;  
12 – привод гидромотора; 13 – датчик угловой скорости хвостовика*

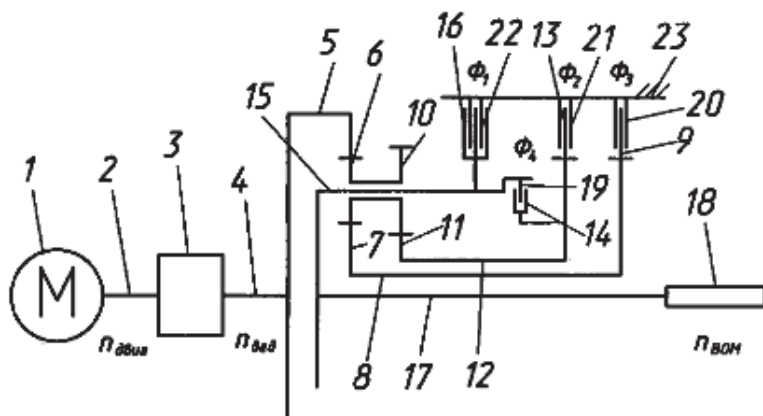


Рисунок 2. ВОМ универсально-пропашного трактора:

1 – двигатель; 2 – выходной вал двигателя; 3 – редуктор; 4 – ведомый вал редуктора; 5 – коронная шестерня; 6 – сателлиты первого ряда; 7 – солнечное колесо; 8 – трубчатый вал; 9 – фрикцион; 10 – сателлиты второго ряда; 11 – солнечное колесо; 12 – трубчатый вал; 13, 14 муфты; 15 – водило; 16 – фрикционная муфта; 17 – вал; 18 – хвостовик; 19 – ведомая часть фрикциона; 20, 21, 22 – ведомые элементы; 23 – корпус планетарного редуктора

заданных пределах при переходе двигателя на частичный режим целесообразно применение в конструкции ВОМ вариаторной передачи (рис. 3), которая нашла широкое применение в трансмиссии легковых автомобилей [6] и способна передавать крутящий момент свыше 400 Н·м.

Для устранения недостатков, присущих известным конструкциям ВОМ, предлагается установить в корпусе заднего моста трактора ВОМ с вариаторной передачей (рис. 4), содержащий первичный вал 4, расположенный в корпусе заднего моста, с муфтой переключения 3 от коленчатого вала двигателя 1 и



Рисунок 3. Вариаторная передача

вторичный вал 8, соединенный со сменным хвостовиком 9, где на первичном 4 и вторичном валах 9 установлены шкивы 7, соединенные между собой гибкой связью в виде металлической цепи 6, причем, каждый из шкивов 7 представляет собой пару дисков с коническими рабочими поверхностями и возможностью поперечного перемещения относительно друг друга посредством встроенного гидроцилиндра 5. Частота вращения сменного хвостовика вала отбора мощности регулируется электронным блоком 14, считывающим сигналы с датчиков частоты вращения вторичного вала 8, частоты вращения двигателя 2 и скорости движения трактора, путем управления подачей гидравлической жидкости автономным масляным насосом 12 с гидрораспределителем 10 к гидроцилиндрам сжатия шкивов и изменения радиуса расположения цепи на шкивах и, тем самым, передаточного отношения между ними. При этом металлическая цепь 6, соединяющая шкивы 7, состоит из набранных в ряд пластин двух размеров, соединенных составными осями, причем, через каждый ряд пластин проходят две составных оси, а каждая из двух составных осей неподвижно соединена с одним рядом пластин, образуя качающийся шарнир.

Предлагаемый ВОМ работает следующим образом. Вращение от двигателя 1 через муфту включения 3 передается на шкив 7, установленный на первичном валу 4, и далее посредством гибкой металлической цепи 6 на шкив 7, установленный на вторичном валу 8, который соединен со сменным хвостовиком 9 ВОМ. Регулирование частоты вращения сменного хвостовика 9 ВОМ осуществляется электронным блоком 14 путем считывания сигналов с датчиков частоты вращения вторичного вала 8, датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя 2 и датчика скорости движения. При этом электронный блок 14 регулирует подачу рабочей жидкости от автономного масляного насоса 12 через гидрораспределитель 10 к встроенным гидроцилиндрам 5 шкивов 7, которые, в свою очередь, изменяют расстояние между коническими поверхностями дисков, изменяют радиус расположения цепи 6 и, тем самым, передаточное отношение между ними, т.е. частоту вращения хвостовика 9 ВОМ.

### Заключение

Применение предлагаемого стабилизированного привода ВОМ обеспечит возможность

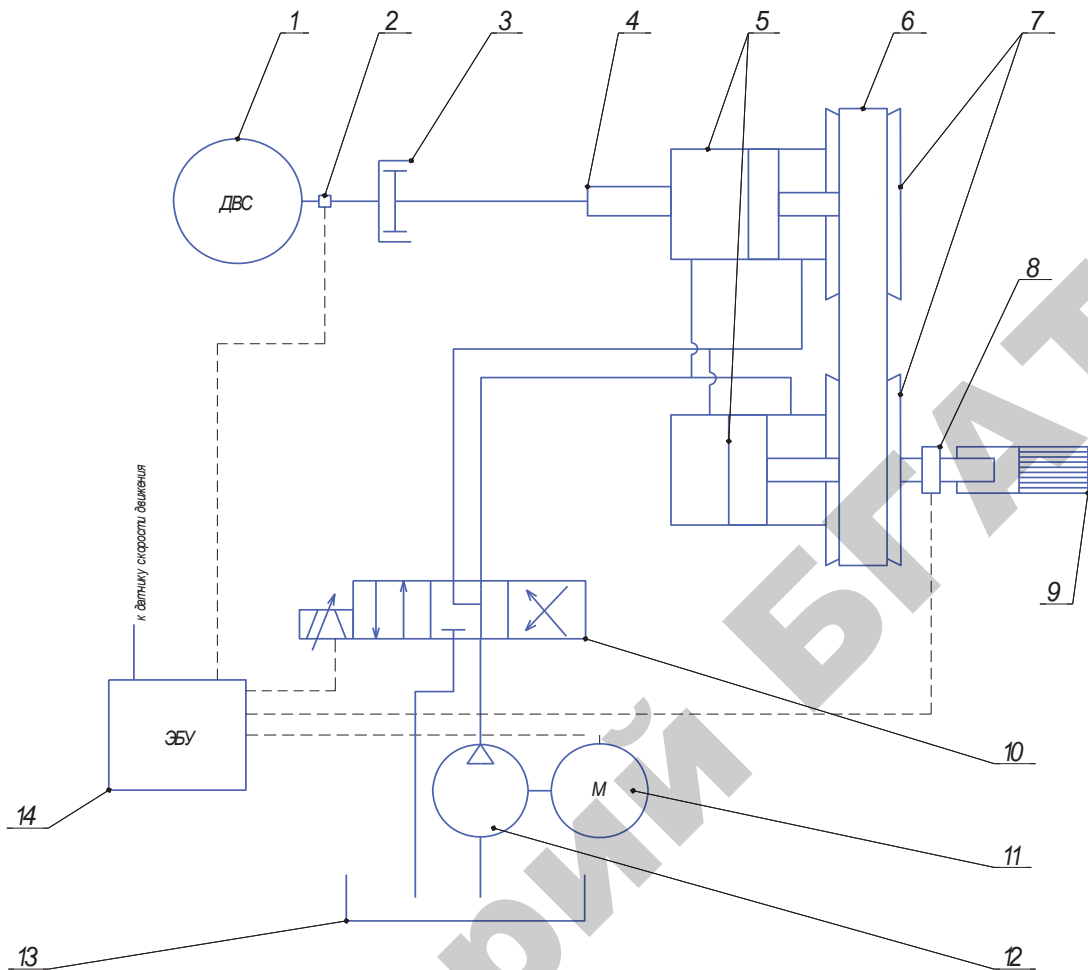


Рисунок 4. ВОМ с вариаторной передачей:

1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 3 – муфта включения ВОМ; 4 – первичный вал; 5 – встроенный гидроцилиндр; 6 – гибкая металлическая цепь; 7 – шкив; 8 – вторичный вал с датчиком частоты вращения хвостовика; 9 – сменный хвостовик; 10 – гидрораспределитель с электрическим управлением золотником; 11 – электродвигатель привода насоса; 12 – масляный насос; 13 – бак; 14 – электронный блок управления

поддержания постоянных оборотов ВОМ и, тем самым, качества выполняемых работ и экономию топлива при бесступенчатом изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков, А.В. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: практикум / А.В. Новиков. – Минск: БГАТУ, 2011. – 250 с.
2. Ксенович, И.П. Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов / И.П. Ксенович, В.П. Тарасик. – М.: Машиностроение, 1979. – 280 с.
3. Бобровник, А.И. Повышение топливной экономичности агрегатов с приводом от вала отбора мощности трактора «Беларус» / А.И. Бобровник, Д.А.

Жданко, М.Ф. Аль-Кинани // Агропанорама, 2013. – № 2. – С. 5–7.

4. Вал отбора мощности универсально-пропашного трактора: пат. № 8561 Респ. Беларусь МПК7 В 60К 17/28 / А.И. Бобровник [и др.]; заявитель БГАТУ. – № u20120202; заявл. 28.02.12; опубл. 30.10.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 5. – С. 201.

5. Вал отбора мощности универсально-пропашного трактора: пат. № 8633 Респ. Беларусь МПК7 В 60К 17/28 / А.И. Бобровник, [и др.]; заявитель БГАТУ. – № u20120302; заявл. 23.03.12; опубл. 30.10.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 5. – С. 201.

6. Международный Интернет-портал [Электронный ресурс] / Сайт компании Audi. – Режим доступа: <http://www.audi.ru>. – Дата доступа: 18.10.2014.