

А. В. Бобрышов¹, С. Н. Карпов¹, Г. И. Гедроить², А. В. Захаров²

¹ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»
г. Ставрополь, Россия
E-mail: Alex_st_52@mail.ru

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Беларусь

СНИЖЕНИЕ НАГРУЗОК ВОМ ТРАКТОРОВ ПРИ ПРИВОДЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. В сельскохозяйственном производстве распространено использование агрегатов с активными рабочими органами. Их привод осуществляется через валы отбора мощности (ВОМ) тракторов. Снижение динамических нагрузок в приводе агрегатов позволяет повысить надежность работы агрегатов. Этого можно добиться за счет совершенствования конструкций механизмов ВОМ тракторов.

Ключевые слова: трактор, вал отбора мощности, трансмиссия, привод, комбайн, фрикционная муфта, режим работы, разгон, момент трения.

A. V. Bobryshov¹, S. N. Karpov¹, G. I. Gedroit², A. V. Zakharov²

¹EI "Stavropol State Agrarian University"
Stavropol, Russia

E-mail: Alex_st_52@mail.ru
²EI "Belarusian State Agrarian Technical University"
Minsk, Belarus

REDUCTION OF LOADS ON PTO WITH TRACTORS AT DRIVE IN AGRICULTURAL MACHINES

Abstract. In agricultural production, aggregates with active working bodies are widely applied. Their drive is carried out through power take-off shafts (PTO) with tractors. Reduction of dynamic loads of the drive helps improve aggregates' performance reliability. This can be achieved by improving the designs of tractor PTO mechanisms.

Keywords: tractor, power take-off, shaft, transmission, drive, combine, friction clutch, operating mode, increase, friction torque.

Введение

Большинство сельскохозяйственных машин с активными рабочими органами приводятся через задний ВОМ тракторов. Это машины для скашивания трав, зерновых, уборки кукурузы, картофелеуборочные, клубнеуборочные, фрезерные и др. При работе с ними, особенно на переходных режимах в приводе ВОМ у сельхозмашин возникают большие моменты инерции, динамические нагрузки [1, 2, 3]. Целью настоящей работы является исследование влияния параметров и режимов работы привода ВОМ с фрикционными муфтами на показатели его нагруженности.

Основная часть

Отбор мощности от двигателя трактора к активным рабочим органам сельскохозяйственных машин может осуществляться механическими, гидравлическими, электрическими, пневматическими, комбинированными устройствами. Для привода ВОМ сельскохозяйственных тракторов получил распространение механический привод. Он позволяет передавать, в частности, на задний ВОМ всю мощность двигателя с учетом потерь в приводе. КПД механических приводов ВОМ составляет 0,9–0,95 [4]. На приводе переднего ВОМ мощность ограничивается и составляет 44 кВт для тракторов «БЕЛАРУС» серий 1200...2000, 60 кВт для тракторов серий 3000, 3500 [5].

Привод рабочих органов перечисленных выше машин осуществляется через независимый ВОМ. ВОМ работает в одном из двух режимов: установившемся или переходном. Установившийся режим работы для ВОМ является основным и наиболее длительным по времени. Переходный режим происходит при разгоне и остановке рабочих органов сельскохозяйственных машин, является кратковременным, но может оказаться определяющим для некоторых составных частей ВОМ, например для функциональных элементов механизма включения. Включение ВОМ через гидроуправляемые фрикционные муфты [2, 6] обеспечивает более надежное включение, возможность автоматизации. Качество работы этих муфт в значительной степени зависит от конструктивного исполнения муфты и гидравлических органов по ее управлению.

Были подготовлены машинно-тракторные агрегаты (МТА) и проведены исследования работы ВОМ в переходном режиме разгона. Исследованы два агрегата: трактор «БЕЛАРУС-1523» и кормоуборочный комбайн КПКУ-75, трактор «БЕЛАРУС-1523» и картофелеуборочный комбайн КПК-3. Привод активных рабочих органов комбайнов осуществлялся через задний независимый ВОМ трактора, который включался в работу посредством гидроуправляемой фрикционной муфты. Для регулирования темпа включения муфты ВОМ на тракторе был применен кран (рис. 1), позволяющий корректировать время нарастания давления рабочей жидкости в бустере муфты.

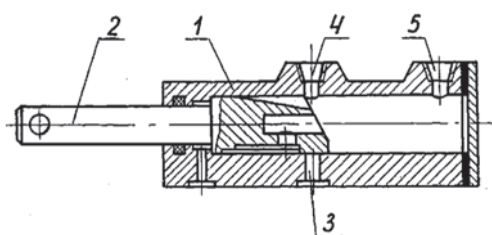


Рис. 1. Кран управления фрикционной муфты ВОМ: 1 – корпус; 2 – золотник; 3 – нагнетательный канал; 4 – сливной канал; 5 – канал подачи масла в бустер фрикционной муфты.

Разгон рабочих органов производился в двух вариантах: при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя трактора (интенсивный) и с минимально возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя (плавный). В последующем ее увеличивали до максимального значения (чтобы двигатель не заглох). Разгон активных рабочих органов комбайнов, в соответствии с инструкцией по эксплуатации, производился при неподвижном агрегате. В этом режиме эксплуатации агрегата на привод рабочих органов через ВОМ может передаваться вся мощность двигателя (с учетом потерь в приводе), а нагруженность трансмиссии может быть значительной.

Темп включения муфты ВОМ регулировался путем изменения времени нарастания момента трения гидроуправляемой фрикционной муфты ВОМ за счет повышения или снижения подачи рабочей жидкости в ее бустер. Регулировалось проходное сечение в канале подачи жидкости краном управления. Интенсивным включением фрикционной муфты ВОМ считалось, когда давление масла в бустере от начала его повышения до появления крутящего момента на хвостовике ВОМ не превышало 1,2 с. Также разгон рабочих органов агрегатов осуществлялся при установке на фрикционной муфте ВОМ разных значений момента трения. Регулирование величины момента трения производилось двумя способами: путем изменением количества пар трения ведущих и ведомых дисков или за счет установки необходимого давления рабочей жидкости в бустере муфты, что изменяло усилие сжатия ведущих и ведомых дисков.

В качестве оценочных показателей процессов, возникающих в приводе при разгоне активных органов комбайнов, были приняты:

1. Начальная скорость вращения коленчатого вала двигателя $\omega_{дв}$, рад/с;
2. Минимальная скорость вращения коленчатого вала двигателя $\omega_{дв}^{min}$ (рад/с) во время разгона рабочих органов.
3. Максимальное значение крутящего момента M_{max} (Н·м) на хвостовике ВОМ.
4. Составляющие времени опыта, с.
5. Работа буксования A_{σ} (кДж) и удельная работа буксования муфты ВОМ $A_{y\sigma}$ (кДж/м²).

Удельная работа буксования фрикционной муфты ВОМ $A_{уд}$, определяемая отношением работы буксования A_{σ} к общей площади пар трения муфты:

$$A_{уд} = A_{\sigma} / F.$$

Работа буксования A_{σ} рассчитывалась по формуле:

$$A_{\sigma} = \int_0^{t_{\sigma}} M_{тр} \cdot \omega_{отн} \cdot dt,$$

где $M_{тр}$ – текущее значение момента трения фрикционной муфты ВОМ; $\omega_{отн}$ – относительная угловая скорость ведущей и ведомой частей фрикционной муфты ВОМ; t_{σ} – время буксования фрикционной муфты ВОМ.

Полученные результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований

Комбайн / Режим разгона		Начальная скорость вращения коленчатого вала двигателя $\omega_{дв}$, рад/с	Минимальная скорость вращения коленчатого вала двигателя $\omega_{дв\min}$, рад/с	Максимальное значение крутящего момента $M_{пик}$, Н·м	Время нарастания момента трения в муфте ВОМ t_{μ} , с	Время буксования фрикционной муфты ВОМ t_{σ} , с	Работа буксования A_{σ} , кДж / удельная работа буксования муфты ВОМ $A_{уд}$, кДж/м ²	
Кормоуборочный	Интенсивный	244	158	1960	0,3	1,00	49,3/298,3	
	Интенсивный при сниженном моменте трения	$M_{тр} = 1262$ Н·м	224	210	1343	0,25	1,80	77,8/659,1
		$M_{тр} = 1153$ Н·м	244	233	1267	0,25	2,50	89,92/540,3
	Плавный	103	74	1164	0,6	0,60	5,00/30,2	
Картофелеуборочный	Интенсивный	244	215	2244	0,09	0,09	4,6/27,9	
	Интенсивный при сниженном моменте трения ($M_{тр} = 701$ Н·м)	244	232	1736	0,12	0,12	5,3/32,1	
	Плавный	88	79	813	0,15	0,15	1,25/7,6	

Как видно, в зависимости от момента трения муфты максимальное значение крутящего момента на интенсивном режиме составило 1267–1960 Н·м для кормоуборочного и 1736–2244 Н·м для картофелеуборочного комбайнов, на плавном режиме соответственно 1164 Н·м и 813 Н·м.

Полученные результаты исследований показали, что максимальные динамические нагрузки возникают на «интенсивном» режиме разгона активных рабочих органов. Момент трения фрикционной муфты ВОМ при разгоне рабочих органов обоих комбайнов был одинаков (1766 Н·м). Однако значение крутящего момента при приводе картофелеуборочного комбайна на 15 % больше, чем с кормоуборочным комбайном, хотя моменты инерции рабочих органов у него в разы меньше в сравнении с кормоуборочным. Поэтому время нарастания момента трения фрикционной муфты ВОМ примерно в 3 раза меньше у картофелеуборочного агрегата, чем у кормоуборочного. Это повышает ускорение разгона рабочих органов и приводит к большему росту нагрузок в трансмиссии.

Для уменьшения максимальных нагрузок в трансмиссиях агрегатов понизили величину момента трения фрикционной муфты ВОМ от исходного значения $M_{тр} = 1766$ Н·м до $M_{тр} = 1153$ –1262 Н·м для кормоуборочного комбайна и $M_{тр} = 701$ Н·м для картофелеуборочного. В результате получили, что при интенсивном режиме разгона рабочих органов комбайнов это дало снижение динамических нагрузок на 30–54 %. Но при этом произошел рост удельной работы буксования

фрикционной муфты ВОМ. Так, при изменении момента трения за счет уменьшения числа пар ведущих и ведомых дисков она составила 659,1 кДж/м². При регулировании момента трения за счет изменения давления рабочей жидкости в бустере муфты $A_{y\delta} = 540,3$ кДж/м². Большее значение удельной работы буксования при включении фрикционной муфты ВОМ для первого варианта уменьшения момента трения происходит из-за снижения контактной площади пар трения. Рост удельной работы буксования при снижении величины момента трения фрикционной муфты ВОМ на интенсивном режиме разгона рабочих органов комбайнов происходит в связи с увеличением времени буксования муфты. Однако допускаемая удельная работа буксования для металлокерамических фрикционных дисков, работающих в масле, соответствует 1000–1200 кДж/м², что свидетельствует о небольшой нагруженности элементов фрикционной муфты ВОМ.

Разгон рабочих органов комбайнов в режиме «плавный» имел следующие особенности: включение фрикционной муфты ВОМ осуществлялось на минимально возможной частоте вращения коленчатого вала двигателя, соответствующей значению 103 рад/с. Следует отметить, что в начальный период включения муфты в этом режиме вращающиеся детали двигателя и ведущих частей фрикционной муфты обладали небольшим запасом кинетической энергии. Из-за небольшой разности между величинами скоростей вращения ведущих и ведомых частей фрикционной муфты ВОМ на этом режиме разгона происходит непродолжительное буксование фрикционной муфты ВОМ. Максимальные значения крутящего момента на этом режиме разгона формируются при завершении буксования фрикционной муфты, и их величина составляет для кормоуборочного агрегата 1164 Н·м и картофелеуборочного – 813 Н·м.

Заключение

Для снижения нагрузок в приводе ВОМ и активных рабочих органов сельскохозяйственных машин целесообразно осуществлять разгон с минимально возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя трактора. Для изменения режима включения гидроуправляемых фрикционных муфт ВОМ необходимо регулировать момент трения муфты с помощью кранов управления или других устройств.

Список использованной литературы

1. Бобрышов, А. В. Определение максимальных нагрузок в трансмиссиях машинно-тракторных агрегатов / А. В. Бобрышов, Ю. В. Прохорская, В. А. Лиханос // НаукаПарк. – 2011. – № 4 (5). – С. 15–19.
2. Бобрышов, А. В. Влияние режима разгона активных рабочих органов агрегатов на долговечность деталей их трансмиссий / А. В. Бобрышов, Ю. В. Прохорская, В. А. Лиханос // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сборник научных статей по материалам V Международной научно-практической конференции в рамках XII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2010». – 2010. – С. 29–31.
3. Скойбеда, А. Т. Обоснование параметров привода ВОМ тракторов мощностью 45 и 58 л.с. / А. Т. Скойбеда, А. М. Статкевич, В. С. Чешун // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2006. – № 4. – С. 37–40.
4. Бобровник, А. И. Совершенствование вала отбора мощности тракторов «Беларус» / А. И. Бобровник // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 7. – С. 20–24.
5. Минский тракторный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: belarus-tractor.com. – Дата доступа: 28.07.2023.
6. Бобрышов, А. В. Выбор момента трения фрикционной муфты вала отбора мощности сельскохозяйственного трактора / А. В. Бобрышов, В. А. Лиханос // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Т. 4, № 3. – С. 21–24.