

## **ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА И ТЕМПА ВКЛЮЧЕНИЯ МУФТЫ ПРИВОДА ВОМ МАЛОГАБАРИТНЫХ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ТРАКТОРОВ ПРИ РАБОТЕ С ЭНЕРГОЕМКИМИ МАШИНАМИ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Перспектива использования трактора в качестве мобильного источника энергии для привода рабочих органов машин ставит перед конструкторами и исследователями ряд задач и проблем, требующих глубокого теоретического исследования динамики трактора и агрегата в целом. К таким проблемам относится обоснование параметров динамической системы трактор – сельхозмашина и условий улучшения основных показателей на переходных и установившихся режимах.

В ступенчатых механических приводах ВОМ современных тракторов в качестве механизма включения используются фрикционные муфты. Во включенном состоянии фрикционные муфты должны обеспечивать надёжную передачу необходимого крутящего момента, а в выключенном – разъединять ведомую часть от ведущей. Для фрикционных муфт ВОМ процесс включения является наиболее тяжёлым, так как наряду с приведённым к ведомому валу муфты моментом сопротивления (от сил трения, почвенных и растительных остатков) она нагружается также инерционным моментом, под действием которого частота вращения коленчатого вала снижается. В зависимости от параметров двигателя и динамической системы трактора и сельхозмашин, агрегируемых с этим трактором и условий эксплуатации агрегата, необходимо обосновать параметры муфты включения ВОМ. Поэтому важно располагать программным комплексом, который позволил бы оценивать возможность осуществления разгона тракторного агрегата и активных рабочих органов сельхозмашин. Наличие методики оценки динамических качеств ВОМ тракторов при переходных режимах позволяет решать задачи при проектировании:

Настоящая работа посвящена исследованию влияния коэффициента запаса и темпа включения муфты вала отбора мощности на процессы, происходящие при разгоне рабочих органов энергонасыщенных сельхозмашин.

В реальных условиях эксплуатации существуют три разновидности разгона рабочих органов сельхозмашины:

- 1) разгон трактора с места при вращающихся рабочих органах сельхозмашины;
- 2) разгон рабочих органов сельскохозяйственной машины при установившемся движении трактора;
- 3) разгон рабочих органов сельскохозяйственной машины при остановленном тракторе.

С точки зрения нагруженности привода вала отбора мощности третий режим является наиболее тяжёлым, так как в этом случае через привод ВОМ может быть реализована вся мощность двигателя.

Объектом данных исследований являются малогабаритные колесные универсальные тракторы Беларусь-422 мощностью 45 л.с. и Беларусь-622 мощностью 58 л.с., которые предназначены для выполнения основной и предпосевной обработки почвы, посева зерновых культур, посадки картофеля, выполнения работ по заготовке кормов, уборке зерновых и технических культур, пропашных работ в междурядьях от 450 до 800 мм, а также для работы в промышленности, дорожном строительстве,

коммунальном хозяйстве, на транспорте, проведения погрузочно-разгрузочных работ в агрегате с навесными, полунавесными и прицепными машинами и орудиями.

Использование этих тракторов для высокопроизводительного выполнения сельскохозяйственных операций в агрегате с орудиями, имеющими активные рабочие органы, может потребовать до 80% мощности двигателя на их привод. Это свидетельствует о значительных нагрузках, которые испытывают элементы привода ВОМ в процессе эксплуатации исследуемых тракторов.

Имитационное математическое моделирование работы машино-тракторных агрегатов позволяет в краткие сроки получить характер нагрузочных режимов и обосновать выбор рациональных параметров, как отдельных конструктивных элементов, так и всего привода. Независимо от используемых теоретических методов исследования одним из важнейших этапов является переход от реальной к соответствующей ей динамической схеме. В инженерной практике предоставляется возможность на основании рекомендаций работ [1, 2] с учетом требуемой точности расчетов упростить реальную механическую систему. Поэтому, для оценки переходных процессов в приводе ВОМ исследуемых тракторов в качестве расчетной динамической схемы принимаем четырехмассовую модель. Математическое описание процессов, происходящих в принятой динамической схеме, проводилось на основе уравнений Лагранжа. Разработан алгоритм и программа расчета оценочных параметров процесса включения муфты ВОМ и разгона рабочих органов сельхозмашин, реализованная в виде пакета программ на алгоритмическом языке ПАСКАЛЬ. Дифференциальные уравнения движения решались методом Рунге-Кутты. Крутящий момент двигателя моделировался путем кусочно-линейной аппроксимации характеристики двигателя.

Для оценки переходных процессов и нагруженности элементов ВОМ на режимах трогания и разгона рабочих органов сельхозмашин выбираем комплекс оценочных показателей, который позволит решить поставленные в работе задачи [3].

В качестве оценочных показателей можно принять следующие:

1. Работа буксования фрикционной муфты ВОМ,  $L_b$ , Дж;
2. Мощность буксования фрикционной муфты ВОМ,  $N_b$ , кВт;
3. Коэффициент динамической нагруженности силовой передачи:

$$K_d = M_{k \max} / M_n, \quad (1)$$

где  $M_{k \max}$  - максимальный динамический крутящий момент на валах привода,  $M_n$  - номинальный момент двигателя.

Теоретические расчеты проводим, приняв приведенный к ведомому валу муфты включения ВОМ момент сопротивления  $M_c$  постоянным и равным максимальному моменту двигателя ( $M_c = 156 \text{ Нм}$ ).

Закон включения муфты включения ВОМ принимаем следующий:

$$M_{\phi(t)} = c * t. \quad (2)$$

В качестве одного из параметров муфты включения ВОМ будем рассматривать ее коэффициент запаса

$$\beta = M_{\phi \max} / M_n \quad (3)$$

где  $M_{\phi \max}$  — максимальный момент трения муфты включения ВОМ.

Результаты расчетов приведены в виде графиков изменения оценочных показателей в зависимости от различных темпов включения и от коэффициента запаса муфты ВОМ (рис. 1,2,3). Время расчета составляло 6 сек.

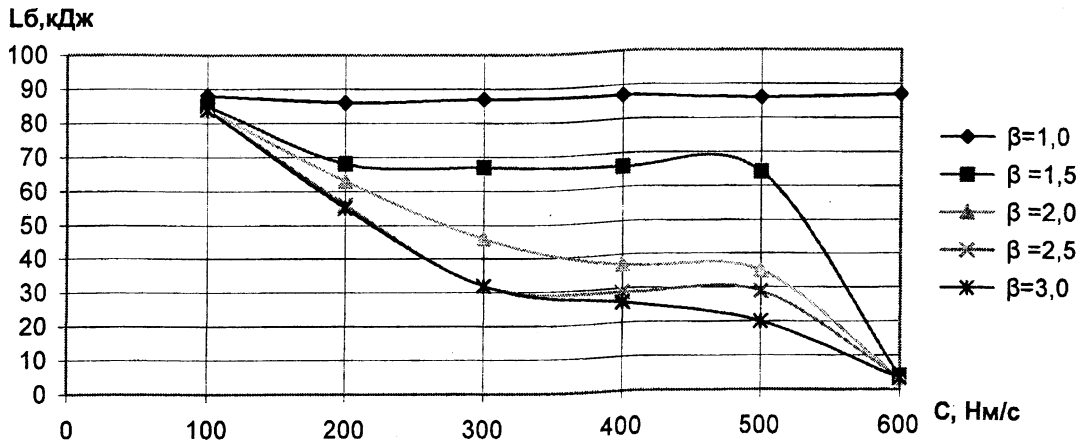


Рис. 1 Зависимость работы буксования муфты ВОМ от темпа включения и коэффициента запаса

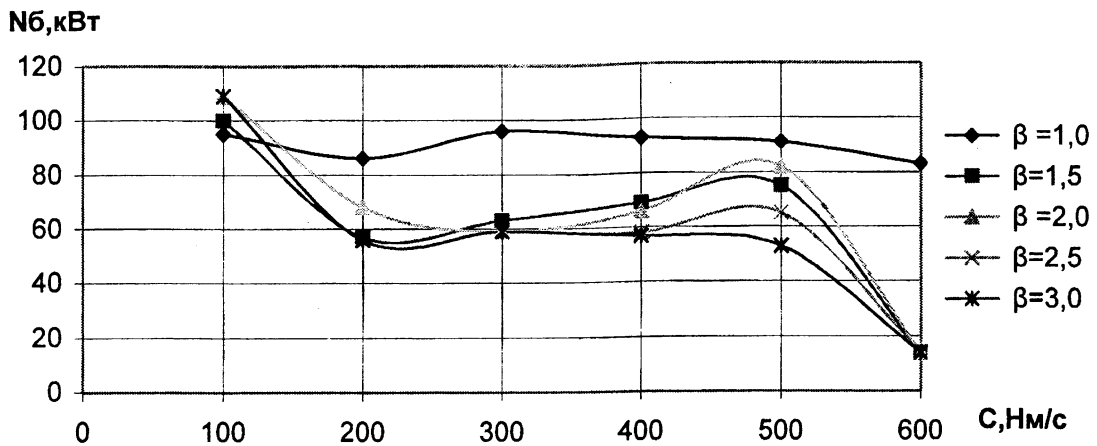


Рис. 2 Зависимость мощности буксования муфты ВОМ от темпа включения и коэффициента запаса

Анализ приведенных зависимостей позволяет сделать вывод, что наиболее приемлемым темпом включения муфты включения ВОМ следует считать 300...400 Нм/с, так как при этом темпе включения оценочные параметры имеют оптимальное соотношение. Увеличение темпа включения до 500 Нм/с приводит к незначительному снижению работы буксования, но при этом растет мощность буксования и коэффициент динамической нагруженности. Дальнейшее увеличение темпа включения муфты включения ВОМ до 600 Нм/с приводит к тому, что разгон рабочих органов сельхозмашин становится невозможным вследствие снижения оборотов двигателя ниже минимально допустимых (на рис. 1 и 2 резкое снижение оценочных показателей). Снижение темпа включения муфты включения ВОМ до 200 Нм/с и ниже приводит к значительному росту работы буксования и не снижает динамическую нагруженность привода.

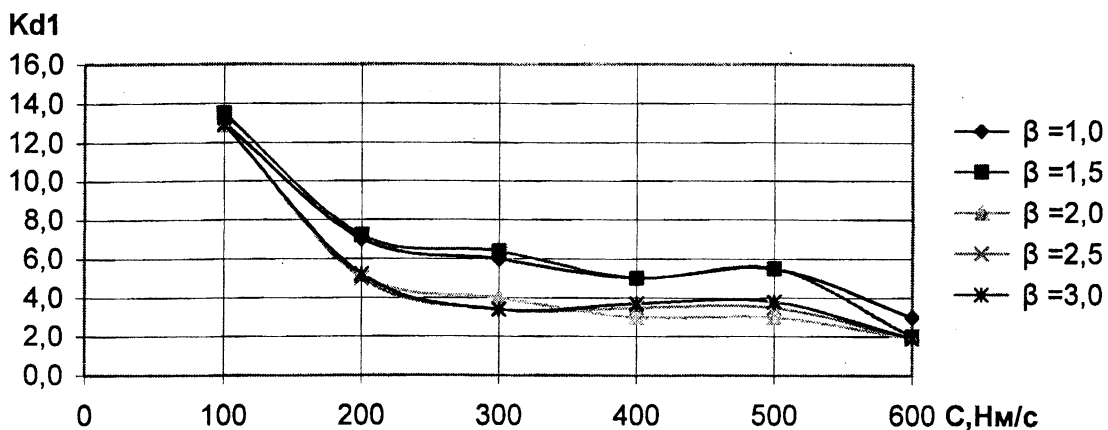


Рис. 3 Зависимость коэффициента динамических нагрузок на валу до муфты ВОМ от темпа включения и коэффициента запаса

Анализ влияния коэффициента запаса муфты включения ВОМ на оценочные показатели позволяет сделать вывод, что наиболее приемлемым является значение  $\beta = 1,5 - 2,0$ , так как при этих значениях работа буксования находится в средних пределах, однако коэффициент динамической нагруженности минимален.

В дальнейших расчетах был проведен анализ влияния параметров динамической схемы на оценочные показатели при выбранных выше значениях темпа включения ( $C=300$  Нм/с и  $C=400$  Нм/с) и коэффициента запаса муфты включения ВОМ ( $\beta = 2,0$ ).

Анализируя влияние податливости элементов привода от двигателя до муфты ВОМ на оценочные показатели процесса следует отметить, что на величину работы буксования она не оказывает существенного влияния. Наибольшее влияние оказывается на коэффициент динамической нагруженности элементов привода, расположенных до муфты ВОМ. Можно рекомендовать значение  $e_{1-2}=0,003(1/\text{Нм})$  и выше.

Анализ влияния податливости элементов привода после муфты включения показывает, что при достижении ее значений  $e_{3-4}=0,3(1/\text{Нм})$  и выше происходит резкое уменьшение работы буксования вследствие значительной “закрутки” элементов привода и быстрого блокирования муфты включения ВОМ, что приводит к повышению динамических нагрузок в приводе примерно в 2 раза. Таким образом можно рекомендовать податливость элементов привода после муфты включения не более  $0,25(1/\text{Нм})$ .

Анализ влияния момента инерции ведущих элементов муфты ВОМ на оценочные показатели процесса при принятом темпе включения показывает, что в возможных при существующих конструкциях пределах его изменения оно незначительно и в докладе графики не приведены. Аналогично влияет изменение момента инерции ведущих частей муфты включения ВОМ на оценочные показатели процесса разгона рабочих органов сельхозмашин.

Следует отметить что момент инерции рабочих органов сельхозмашин оказывает существенное влияние, как на работу буксования, так и на динамическую

нагруженность привода. Следует также отметить, что динамические нагрузки в элементах привода, расположенных до муфты ВОМ, возрастают после ее включения в 2 раза.

*Результаты математического моделирования разгона рабочих органов сельхозмашин позволяют сделать следующие рекомендации:*

1. Для обеспечения оптимального протекания процесса разгона рабочих органов сельхозмашин рациональный темп включения муфты включения ВОМ необходимо поддерживать в пределах 300—400 Нм/с.
2. Коэффициент запаса муфты включения ВОМ принять в пределах 1,5 - 2,0.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ривин Е.И. Динамика привода станков. -М., Машиностроение, 1966, - 204 с. 2. Вернигор В.А., Солонский А.С. Переходные режимы тракторных агрегатов. -М., Машиностроение, 1983, - 183 с. 3. Ксеневиц И.П., Солонский А.С., Войчинский С.М. Проектирование универсально-пропашных тракторов. - Мн., Наука и техника, 1980, - 212 с.

УДК 629.114

**А.Т. Скойбеда, В.Б. Альгин, А.А. Калина**

### **МЕТОДИКА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПРИВОДОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБАЙНОВ**

*Белорусский национальный технический университет,  
НИРУП «Белавтотракторостроение» НАН Беларуси  
г. Минск, Беларусь*

Рост производительности кормоуборочных машин связан с повышением их энергонасыщенности и, как следствие, увеличением нагруженности деталей и узлов приводов, особенно на переходных режимах. При выполнении технологического процесса обычной считается ситуация возникновения перегрузок трансмиссии, являющихся следствием остановки валцов при забивании питающего аппарата зеленой массой или экстренной остановки валцов при попадании в технологический тракт инородных предметов (камней, металла), способных вызвать разрушение ножей измельчителя. Крупные фирмы - производители кормоуборочной техники применяют для защиты питающе-измельчающего аппарата и деталей его привода остановочно-предохранительные муфты, которые в большинстве случаев представляют собой механический узел [1, 2]. Значение максимального воздействия в силовой цепи машины определяется структурой привода, конструкцией, характеристиками и местом установки предохранительного устройства.

В статье вводится понятие системы динамической защиты приводов рабочих органов кормоуборочных комбайнов. Система динамической защиты привода рабочих органов кормоуборочного комбайна включает элементы, обеспечивающие предохранение деталей привода от поломок при перегрузках, возникающих из-за остановки валцов питающего аппарата по вышеуказанным причинам. Состав системы может из-