

## **АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДОВ ВОМ МАЛОГАБАРИТНЫХ ТРАКТОРОВ ПРИ РАБОТЕ С ЭНЕРГОЕМКИМИ МАШИНАМИ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОМ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В настоящее время в сельском хозяйстве нашей страны происходят существенные преобразования, которые привели к появлению различных форм его ведения. С появлением новых форм собственности и организации труда, развитием кооперативных и арендных форм производства, созданием крестьянских, фермерских хозяйств и небольших животноводческих ферм привело к увеличению потребности в малогабаритных энергонасыщенных тракторах. В связи с этим нашей стране ведутся активные научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по созданию семейства малогабаритных тракторов Беларусь-422 с двигателем мощностью 45 л.с. и Беларусь-622 с двигателем мощностью 58 л.с. с целью повышения технико-экономических и эксплуатационных качеств, энергонасыщенности, улучшения условий труда оператора.

Данная работа посвящена исследованию динамических процессов, происходящих в приводе вала отбора мощности (ВОМ) указанных тракторов при работе с энергонасыщенными машинами. Целью работы является на основании проведенных исследований динамических процессов в приводе вала отбора мощности при его включении и разгоне рабочих органов энергонасыщенных машин обосновать параметры системы управления.

В ступенчатых механических приводах ВОМ современных тракторов в качестве механизма включения используются фрикционные муфты. В зависимости от параметров двигателя и динамической системы трактора и сельхозмашин, агрегируемых с этим трактором и условий эксплуатации агрегата, необходимо обосновать параметры включения муфты 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 позволит решать задачи обоснования параметров ВОМ при проектировании.

В основу настоящей работы положено изучение следующих вопросов:

- исследование и обоснование параметров процесса включения муфты вала отбора мощности при разгоне рабочих органов энергонасыщенных сельхозмашин;

- исследование влияния коэффициента запаса муфты включения вала отбора мощности на процессы, происходящие при разгоне рабочих органов энергонасыщенных сельхозмашин и обоснование его выбора;

- исследование влияния динамических параметров (моментов инерции и податливости) элементов привода ВОМ и активных рабочих органов сельхозмашин на процессы, происходящие при их разгоне;

- разработка рекомендаций по выбору динамических параметров элементов привода ВОМ и активных рабочих органов сельхозмашин, параметров процесса включения муфты ВОМ, а также ее коэффициента запаса.

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.

Используя рекомендации работы [3], в расчетной динамической схеме демпфирование не учитываем, так как одна из наших задач — исследование максимальных динамических нагрузок на переходных режимах.

Математическое описание процессов, происходящих в принятой динамической схеме, проводилось на основе уравнений Лагранжа. На основании изложенной математической модели 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 был выбран комплекс оценочных показателей, который позволил решить поставленные в работе задачи.

В качестве оценочных показателей можно принять следующие:

- работа буксования фрикционной муфты ВОМ,  $L_6$ , Дж;
- мощность буксования фрикционной муфты ВОМ,  $N_6$ , кВт;
- 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,  $H^*m$ ;  $M_n$  — номинальный момент двигателя,  $H^*m$ .

Теоретические расчеты проводим, приняв приведенный к ведомому валу муфты включения ВОМ момент сопротивления  $M_c$  постоянным и равным максимальному моменту двигателя.

Закон включения муфты включения ВОМ принимаем следующий:

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

где  $c$  — темп включения муфты ВОМ,  $H^*m/c$ ,  $t$  — время включения,  $c$ .

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,  $H^*m$ .

Результаты математического моделирования разгона рабочих органов сельхозмашин и проведенные расчеты позволяют сделать следующие рекомендации:

Для обеспечения оптимального протекания процесса разгона рабочих органов сельхозмашин рациональный темп включения муфты включения ВОМ необходимо поддерживать в пределах 300—400  $H^*m/c$ .

Коэффициент запаса муфты включения ВОМ принять в пределах 1,5–2,0.

Податливость элементов привода до муфты включения ВОМ должна быть не менее 0,003 ( $1/H^*m$ ).

Податливость элементов привода после муфты включения ВОМ должна быть не более 0,3 ( $1/H^*m$ ).

Значительное влияние на динамическую нагруженность привода оказывает момент инерции рабочих органов сельхозмашин, особенно на элементы привода до муфты включения ВОМ. Наименьшие нагрузки в приводе создают сельхозмашины с моментом инерции до 1,5  $кг \cdot м^2$ .

#### 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.

УДК 681.523.2

Е.Я. Строк, Л.Д. Бельчик, Д.Е. Строк

## УЛУЧШЕНИЕ МОЩНОСТНОГО БАЛАНСА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

*Институт механики и надежности машин НАНБ  
Минск, Беларусь*

Развитие техники в области гидравлических приводов мобильных машин выдвигает проблему энергетической экономии при управлении исполнительными механизмами.

Механические характеристики современных сельскохозяйственных мобильных машин позволяют достигать рабочих скоростей около 30 км/ч. При таких скоростях оператор не способен производить контроль всех необходимых параметров. Наиболее опасным в этом плане является навесное устройство, которое может быть повреждено при столкновении с препятствием. Для решения этой задачи навесное устройство должно удерживаться на определенном уровне над землей без механического контакта в процессе измерения. В этом случае указанный подход должен гарантировать избежание контакта с повреждающими препятствиями путем подъема навесного устройства в определенный момент времени. Реализация такой функции требует автоматического определения расстояния между орудием и препятствием в сочетании с достаточно быстрым откликом позиционного устройства.

В развитых отраслях промышленности для управления по быстрому отклику используется технология сервоклапанов. Однако эта технология в целом непригодна для сельскохозяйственного применения из-за высокой стоимости, повышенных требований к очистке рабочих жидкостей и неудовлетворительного мощностного баланса. Система управления движением навесного устройства, которая может аккумулировать энергию гравитационного поля, значительно уменьшает ее средний расход.

Известные схемные и конструктивные решения дроссельного способа управления, широко применяемые в технических объектах с гидравлическим приводом, построены на вариации сопротивления энергетическому потоку, направляемому в исполнительный механизм, т.е. на диссипации энергии. Сле-