

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-

меняться в зависимости от компоновки машины, но наличие в ней исполнительного остановочно-предохранительного устройства является необходимым условием ее существования. Известны различные подходы к вопросу выбора места установки устройства. Перспективным считается расположение последнего в закрытом корпусе, например, внутри коробки привода рабочих органов (КП), где оно надежно защищено от воздействий внешней среды. Структурно-функциональная схема системы защиты комбайна с исполнительным устройством механического типа показана на рис. 1.

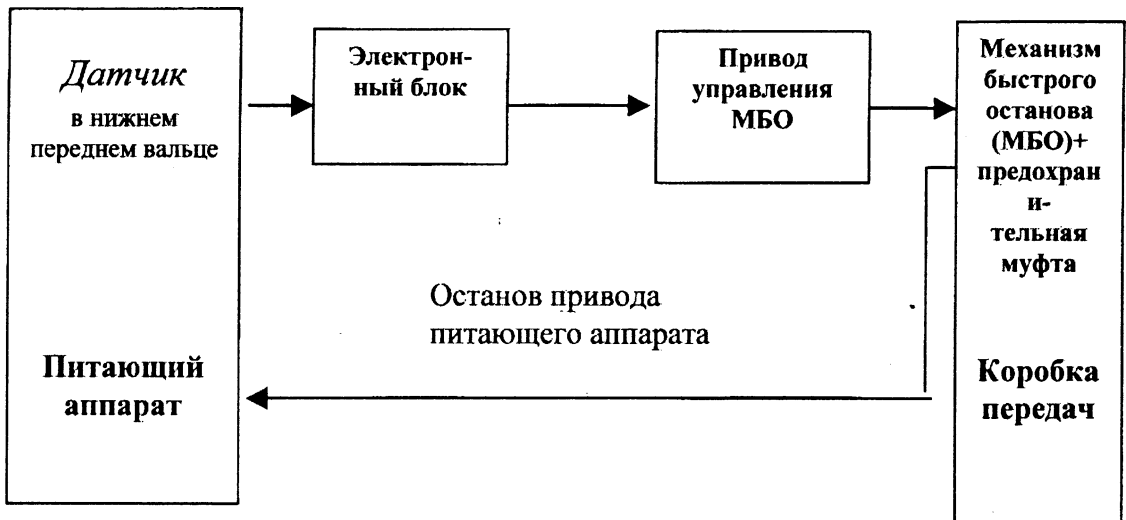


Рис. 1. Структурно-функциональная схема системы защиты кормоуборочного комбайна с механической трансмиссией рабочих органов

В рассматриваемом случае основными элементами системы защиты являются коробка привода рабочих органов (КП) и исполнительный механизм системы защиты. КП управляет несколькими технологическими процессами, протекающими в машине одновременно, и согласует их режимы. Неверное согласование режимов вызывает забивание питающего аппарата и нарушение технологического процесса. КП имеет несколько входов и выходов и может включать в себя не только собственно КП - устройство для изменения скоростей питающего аппарата, но и реверс, конический и раздаточный редукторы, исполнительный механизм системы динамической защиты. Исполнительное устройство системы защиты, как указывалось выше, обычно представляет собой остановочно-предохранительную муфту. К муфте предъявляются следующие требования: предохранение привода от перегрузки, возможность осуществления почти мгновенной остановки частей привода до достижения предельного момента срабатывания муфты; исключение повторных (после останова) включений; восстановление функций устройства после срабатывания без замены конструктивных элементов; наличие демпфирующей способности; защита элементов конструкции от воздействий внешних факторов. Для выполнения последнего требования устройство должно быть компактным.

Таким образом, оба элемента определяют конструктивные особенности уборочной машины и эффективность ее работы. Поэтому при разработке системы защиты комбайна следует применять методику, основанную на комплексном подходе к проектированию:

1. Выполнить анализ и синтез структурной схемы и динамической системы питающей части кормоуборочного комбайна и ее привода. Обосновать рациональность выбранной структурно-функциональной схемы привода рабочих органов машины с системой защиты с учетом значений КПД, показателей надежности, удобства компо-

новки узлов системы для выполнения возложенных на нее функций, возможности обеспечения агрегатирования комбайна с технологическим оборудованием, имеющим различное направление вращения приводных валов. Кроме того, КП должна обеспечивать диапазон регулирования скоростей питающего аппарата больший, чем диапазон регулирования агрегатируемого технологического оборудования, так как в этом случае легче подобрать оптимальные режимы работы агрегатов простым переключением в КП.

2. Исходя из конструктивных особенностей питающего аппарата и кинематических возможностей его привода, определить время, необходимое постороннему предмету для прохождения пути от места его обнаружения до противорежущей пластины (см. рис.2):

$$t = S / (k_c v), \quad (1)$$

где  $S$  - расстояние от начала обнаружения постороннего предмета в зоне датчика до точки над противорежущей пластиной, где после реверсирования питающего аппарата гарантируется непопадание предмета в измельчающий аппарат;  $k_c$  - скольжение твердого предмета в технологическом тракте;  $v$  - окружная скорость гладкого вальца.

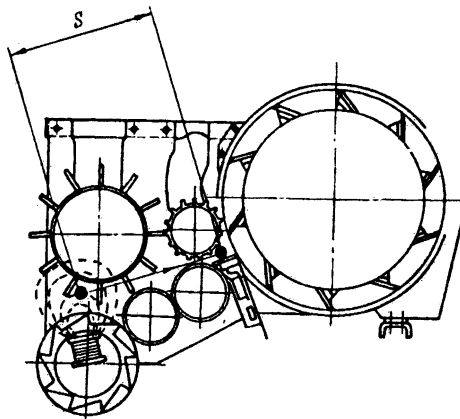


Рис. 2. Движение постороннего предмета по технологическому тракту

3. Обосновать значение максимального крутящего момента ( $T_{max}$ ), который могут выдержать наименее прочные детали привода с вероятностью неразрушения 0,9. При наличии в приводе ременной передачи учесть ее тяговую способность.

4. По значениям  $t$  и  $T_{max}$ , исходя из конструктивных особенностей машины, выбрать типа исполнительного механизма системы защиты и место его размещения в приводе.

5. Рассчитать моменты настройки муфт. В случае применения в качестве предохранительно-остановочного устройства муфты предельного момента с храповым механизмом, моменты определяются по формулам (см. рис. 3):

$$T_{np} = T_{max} / (1 + \delta) \text{ и } T_{np} = T_{ном} \beta, \quad (2)$$

где  $T_{np}$  - предельный момент срабатывания муфты;  $\delta$  - относительная величина верхнего отклонения нагрузки при срабатывании,  $\beta$  - коэффициент запаса по рекомендациям [3, 4].

Из двух найденных значений моментов выбирается меньшее.

Момент начала срабатывания муфты (для кулачковых и шариковых муфт, имеющих осевое перемещение ведомой подпружиненной полумуфты при выключении устройства)

$$T_o = T_{np} K_{ч} \quad (3)$$

где  $K_{ч}$  - коэффициент чувствительности.

В режиме экстренного останова муфта должна обеспечивать мгновенное срабатывание, не дожидаясь достижения предельного момента. В противном случае в приводе возникают дополнительные динамические нагрузки, способствующие снижению долговечности элементов.

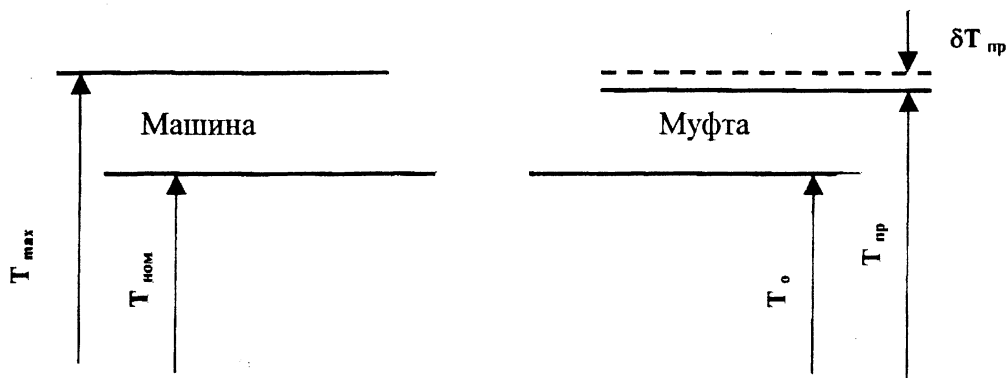


Рис. 3. Поле срабатывания предохранительной муфты.

6. По требованиям к габаритам и быстродействию определить геометрические параметры исполнительного механизма и характеристику пружины. Выбор рациональных параметров облегчает наличие базовой имитационной модели устройства (см. рис 4). Для моделирования следует найти основные динамические характеристики, характер (закон) и диапазон действующих нагрузок. Выполнить прочностной расчет основных элементов.

7. Рассчитать время срабатывания системы защиты в режиме экстренного останова, обеспечиваемое геометрией устройства, в том числе храпового механизма, и быстродействием применяемого электромагнита [5, 6]. Сравнить результат с допускарим значением, рассчитанным по формуле (1). Проверить работоспособность на модели. Сделать вывод о пригодности механизма.

Модель позволяет последовательно варьировать параметры механизма при различных значениях момента сопротивления на ведомом звене, исследовать процесс срабатывания, добываясь наилучших результатов [7]. Некоторые результаты моделирования показаны на рис. 5.

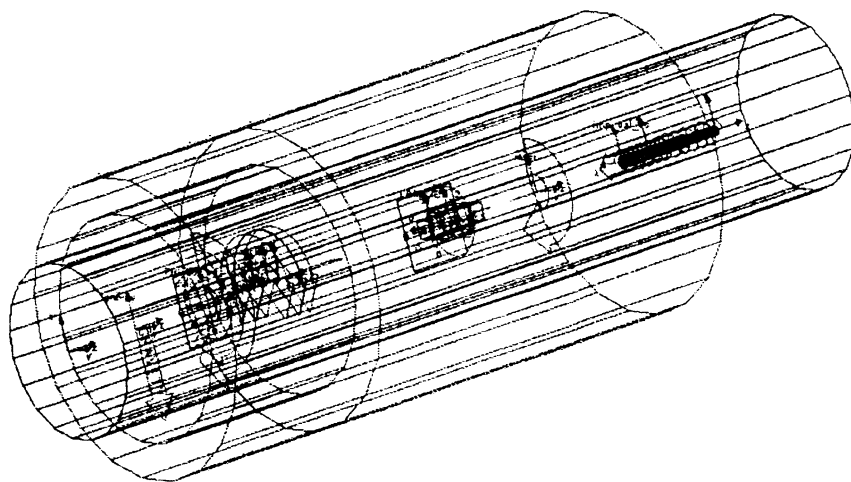


Рис.4. Модель муфты в составе привода в среде ADAMS

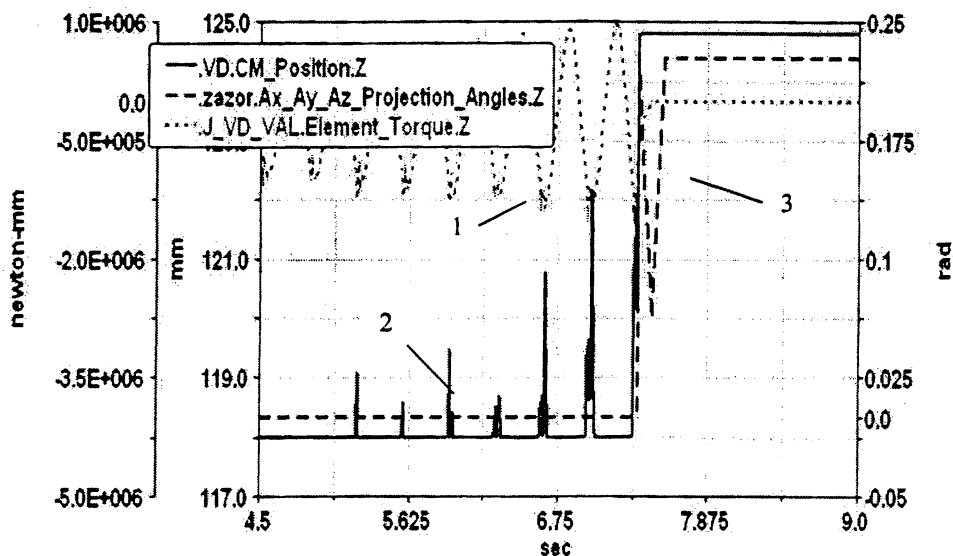


Рис. 5. Срабатывание муфты в режиме предохранения при нарастании момента сопротивления на вальцах по гармоническому закону: 1 – момент сопротивления зеленой массы; 2 – осевое перемещение ведомой полушестерни при выходе кулачков из зацепления; 3 – угловое перемещение поводка

Разработанная методика позволяет ввести понятие системы динамической защиты и показывает необходимость ее формирования на начальном этапе проектирования кормоуборочной машины.

На основе методики выбрана структурная схема и параметры системы защиты перспективного комбайна, разработана конструкция двухрежимного привода рабочих органов. Конструкция позволяет снижать обороты на реверсе силового потока в два раза, повышать КПД привода питающего аппарата, увеличивать число рабочих режимов по сравнению с серийным комбайном в 3...4 раза.

В качестве исполнительного устройства системы динамической защиты рабочих органов предложена двухрядная кулачковая муфта предельного момента, обеспечивающая: бесшумное срабатывание и демпфирование динамических нагрузок; управляемый разрыв потока мощности до начала торможения вальцов; блокировку от случайного повторного включения прямого движения; автоматическую защиту привода от перегрузок.

Разработанный метод поиска рациональных параметров системы защиты позволил определить для комбайнов "Полесье-700", "Полесье-800" и "Полесье-3000" с предлагаемым приводом момент начала срабатывания муфты, предельный момент муфты, время срабатывания в режиме предохранения и при экстренном останове, геометрические параметры механизма и характеристику его пружины.

Обосновано место установки исполнительного механизма системы в узле деления потока мощности коробки передач, что обеспечивает защиту от воздействий внешней среды и уменьшает число деталей привода, нагруженных суммарным тормозным моментом при срабатывании устройства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 4214204. Германия, МКИ А 01Д 75/18. Antriebsvorrichtung fuer die Einzugswalzen eines Felhauchdslers/ Rauch Hans (DE); Claas sauldaan GmbH. – 4p. Uni-

versal – Anbau – Exaktfeld hacksler “Champion 3000”. – Stadtlohn: Mashinenfabrik Kemper GmbH, 1986, -25р. 3. Тепинкичиев В.К. Предохранительные устройства от перегрузки станков. – М., Машиностроение, 1968. - 112с.; 4. Есипенко Я.И. Муфты повышенной точности ограничения нагрузки. – Киев: Наук. думка, 1972. - 64с.; 5. Муфты предохранительные кулачковые, шариковые и фрикционные: Методы расчетов: Рекомендации ГОССТАНДАРТа и НИИНМАШ. – М., 1979. – 27 с.; 6. Разработка приводов рабочих органов и трансмиссий кормоуборочных комбайнов "Полесье": Отчет о НИР (заключит.)/ Рук. А. Т. Скойбеда. - № ГР 01.86.0091539. – Мн., 1990. – 95с.; 7. Калина А.А. Система динамической защиты приводов рабочих органов кормоуборочных комбайнов. Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02/ Ин-т механики и надежности машин НАН РБ. – Минск, 2004. – 22с.

УДК 621.825.5

А. А. Калина

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ НА ПИТАЮЩИЙ АППАРАТ КОМБАЙНА

*Белорусский национальный технический университет  
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 не исключена возможность перегрузок в трансмиссии, которые, в большинстве случаев, наблюдаются вследствие останковки валцов питающего аппарата при забивании последнего зеленой массой или при попадании в зеленую массу инородных предметов (камней, металла и др.). При этом число отказов в комбайне увеличивается в 1,5...2,0 раза. Одним из основных путей снижения нагруженности и повышения надежности приводов рабочих органов является защита деталей приводов от перегрузок. Наиболее эффективным методом защиты приводов считается разъединение его частей при помощи предохранительных устройств, в качестве которых в большинстве комбайнов используются кулачковые или шариковые муфты.

Для исследования приводов питающих аппаратов с предохранительными муфтами методом математического моделирования составляются дифференциальные уравнения (ДУ), отражающие особенности динамического поведения системы в определенных условиях. На рис. 1. показана механическая модель кулачковой предохранительной муфты в составе трансмиссии. На рисунке обозначено:  $I_1$  - приведённый к валу муфты момент инерции вращающихся деталей двигателя и трансмиссии, расположенных до ведущей полумуфты и самой полумуфты;  $I_2$ -момент инерции ведомой полумуфты с обоймой;  $I_3$  - приведённый к валу муфты момент инерции валцов ПА и деталей их трансмиссии;  $I_k$  - момент инерции опорного кольца;  $\omega_i$  – угловая скорость  $i$ -го элемента;  $c_{np}$  - коэффициент жёсткости пружины;  $c_{23}$  – коэффициент жёсткости деталей и механических соединений привода, расположенных между муфтой и валцами;  $k_{np}$  и  $k_{23}$ -коэффициенты демпфирования соответствующих частей привода;  $T_1(t; \omega)$  – движущий момент;  $T_c(t; \omega)$  – момент на исполнительном механизме;  $T_{mj}$ - крутящий момент на муфте, соответствующий  $j$ -ому состоянию;  $m$ -масса поступательно перемещающихся деталей муфты;  $V_a$  - осевая составляющая скорости перемещения ведомой