

УДК 631.312.51

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОРУДИЙ С АКТИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

канд. тех. наук В. В. АЗАРЕНКО, канд. тех. наук, Н. Г. БАКАЧ,
В. К. КЛЫБИК, С. П. КОСТРОМА

(Республиканское унитарное научно-исследовательское предприятие «Институт механизации
сельского хозяйства НАН Беларуси», Минск)

Показаны пути повышения надежности орудий с активными рабочими органами для обработки почвы и по уходу за лугопастбищными угодьями. Предложены направления по увеличению ресурса активных рабочих органов, при помощи установки на роторе режущих элементов на гибкой связи и пружинных зубьев.

Введение. В настоящее время основными требованиями, предъявляемыми к сельскохозяйственным орудиям, являются снижение ресурсопотребления при обеспечении качества выполнения технологического процесса, повышение надежности конструкций и увеличение ресурса исполнительных рабочих органов.

Механизация некоторых технологических процессов в растениеводстве, таких как, например, уход за лугопастбищными угодьями и их перезалужения, основывается на орудиях с активными рабочими органами, которые позволяют обеспечить качественное выполнение технологического процесса за один проход.

Постановка задачи. Анализируя условия применения таких орудий, следует отметить, что более 1,7 млн. га сельскохозяйственных угодий республики в разной степени засорено камнями, кроме того, практически на всех полях встречаются препятствия антропогенного происхождения, которые могут вызвать поломки рабочих органов. Поэтому от технической надежности функционирования исполнительных рабочих органов напрямую зависят не только основные эксплуатационные и качественные показатели работы орудия, но и затраты на их ремонт и восстановление. Всё это и предопределяет общие производственные затраты и эффективность применения орудия в целом.

Основные направления повышения надежности активных рабочих органов - применение специальных конструкционных материалов, совершенствование технологий их изготовления и термообработки, нанесение износостойких покрытий, а также использование различных предохранительных устройств, которые классифицируются по объекту предохранения и конструктивному исполнению (рис. 1).

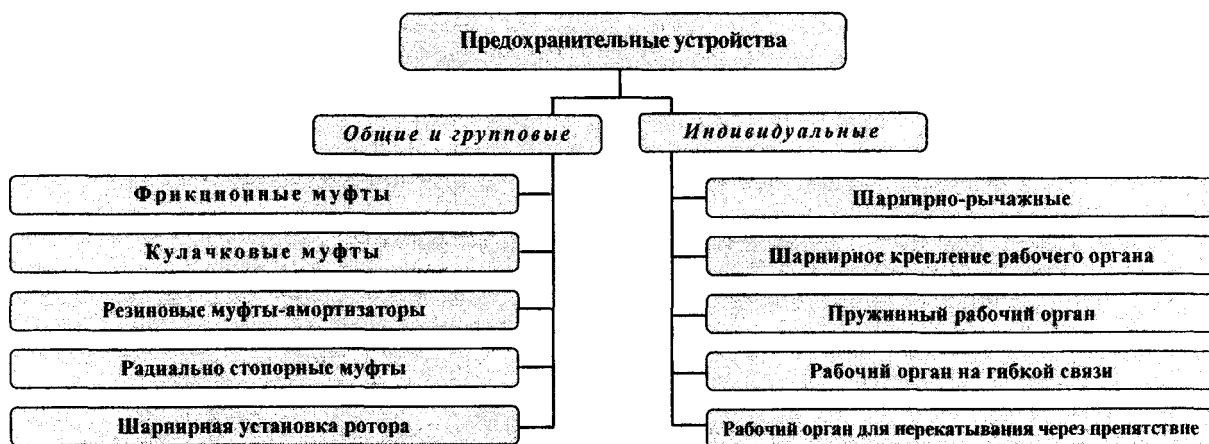


Рис. 1. Типы предохранительных устройств для орудий с активными рабочими органами

По объекту предохранения устройства подразделяются на общие (для всех рабочих органов) или групповые (для части рабочих органов) и индивидуальные (для одного рабочего органа).

Общие предохранительные устройства (муфты) являются обязательным конструктивным элементов для всех современных орудий с активными рабочими органами. Они наиболее просты по конструктивному исполнению и работают по принципу ограничения передачи крутящего момента от вала отборочной мощности (ВОМ) трактора к приводу рабочих органов. При возрастании нагрузки на привод срабатывает предохранительная муфта, которая ограничивает крутящий момент. Однако существенным недостатком предохранителей этой группы является то, что они не могут защитить от поломок самый чувствительный элемент орудия - рабочий орган (нож, зуб и т.д.). Так как при взаимодействии активного

рабочего органа с препятствием время возрастания ударного импульса до аварийного гораздо меньше, чем время прохождения этого импульса по всему приводу до предохранителя и его срабатывания. Поэтому установка муфты на главном приводе является мерой защиты только элементов привода.

Для повышения надежности работы орудий с активными рабочими органами в последнее время используется шарнирная связь крепления ротора с рамой, что позволяет ротору «всплывать» и обходить препятствие. Однако при этом контакт ротора с препятствием (камнем) осуществляется, как правило, одним рабочим органом (зубом). Поэтому при преодолении препятствия, на него действует реакция препятствия, уравнивающая всю силу тяжести ротора. Такое конструктивное решение целесообразно использовать в орудиях с малой шириной захвата. Если же орудие будет большой ширины, то ротор будет иметь значительную массу, а на рабочий орган будет действовать большая сила, которой он не сможет противостоять. Поэтому для ограничения нагрузки на рабочие органы шарнирная установка ротора дополнительно оснащается упругим звеном, воспринимающим часть силы тяжести ротора. При этом доля силы тяжести ротора, воспринимаемая упругой подвеской, с одной стороны, должна обеспечивать выполнение технологического процесса при нормальных режимах работы, с другой - ограничивать величину контактных нагрузок при взаимодействии рабочих органов с камнями или другими препятствиями. В качестве упругого элемента могут быть использованы пружины растяжения или сжатия, а также пластинчатые рессоры.

Одно из таких технических решений использовано в машине фрезерной ФМ-3 и комбинированном почвообрабатывающем агрегате ПАН-3, разработанных в РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси».

Однако применение только одного подхода не гарантирует стопроцентную надежность активных рабочих органов. Наиболее приемлемыми, особенно с точки зрения уменьшения влияния момента инерции вращающихся масс как на сам рабочий орган, так и на детали привода, являются интегрированные системы защиты от перегрузок, включающие использование различных схем индивидуальных автоматических предохранителей (см. рис. 1).

В то же время, как показала практика, шарнирно-рычажные предохранители не нашли широкого применения в орудиях с активными рабочими органами по причине своей большой металлоемкости конструкции и сложности обеспечения регулировки и настройки на расчетное усилие срабатывания.

Рассматривая возможность предохранения рабочих органов от поломок за счет их шарнирного крепления, следует отметить, что шарнирная установка рабочих органов с одной степенью свободы в плоскости вращения предохраняет от повреждения при прямом ударе, но не обеспечивает защиту от бокового удара. Поэтому для увеличения эффективности защиты и повышения ресурса рабочих органов требуются новые подходы к их разработке и компоновочному решению. Так, в зависимости от назначения орудия и его технологического процесса в РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси» были разработаны различные типы рабочих органов, имеющие низкую энергоёмкость процесса и позволяющие работать на почвах, засоренных камнями и которые нашли свое практическое применение в разработках машин.

Примером такого подхода служит использование в качестве почвообрабатывающего органа пружинного зуба, выполненного в виде пружины кручения, который обеспечивает повышение качества обработки и снижение затрат энергии за счет возникающих автоколебаний. Кроме того, пружинный зуб является сам по себе индивидуальным предохранителем, за счет снижения контактного напряжения при взаимодействии с камнем.

Однако, не смотря на то, что конструктивное исполнение активных пружинных рабочих органов в орудиях может быть различно, при этом должно выполняться следующее условие: достигаться надежная работа зуба в диапазоне допустимых величин деформации и превышения усталостной прочности над ресурсом по износу. В связи с этим и с учетом возможности повышения износостойкости контактирующей с почвой части рабочего органа и его рециклинга зубья в продольно-вертикальной плоскости устанавливаются с возможностью опоры их рабочих концов на витки смежного зуба. Такое исполнение позволяет уменьшить угол закручивания пружины при наезде на непреодолимое препятствие и снизить возникающие в пружине напряжения изгиба.

Наиболее отработанной схемой орудия с применением пружинных зубьев, шарнирной установки ротора и упругого звена является агрегат комбинированный почвообрабатывающий ПАН-3, обеспечивающий обработку всех типов почв с формированием выровненного профиля поверхности или нарезку гребней с междурядьем 70x70 или 75x75 см и довсходовое окучивание картофеля.

Конструктивная схема агрегата ПАН-3, представленная на рис. 2, включает раму 1, к которой посредством рычага 2 шарнирно крепится ротор с пружинными зубьями 3. Рычаг 2 опирается на упор рамы 5, посредством которого устанавливается высота подъема ротора над лемехом 4. Между рычагом ротора 2 и рамой 1 установлено упругое звено 6, которое выполнено в виде пружины сжатия 11, расположенной между шатуном 12, шарнирно закрепленном на рычаге 2, и штоком регулируемой длины 13, шарнирно закрепленным на раме 1. Шатун 12 и шток 13, состоящий из трубы с буртиком 14 для пружины, болта 15, ввернутого в трубу и предназначенного для регулирования длины штока и стержня 16, шарнирно при-

соединенного к раме 1, образуют поступательную пару. С помощью болта 15 устанавливается необходимая сила сжатия пружины 11. Ротор приводится во вращение от ВОМ трактора (на рисунке не показан) через привод 10. Сверху ротор защищен ограждением 9. Агрегат для гладкой обработки оборудован декой 7, позади которого установлен опорно-прикатывающий каток 8 с механизмом регулировки глубины обработки почвы.

При этом конструктивная схема пружинного зуба и его крепление на роторе выполнены таким образом, что в случае наезда зуба на препятствие (камень), его рабочий конец для уменьшения угла закручивания пружины может опираться на витки смежного зуба (рис. 3).

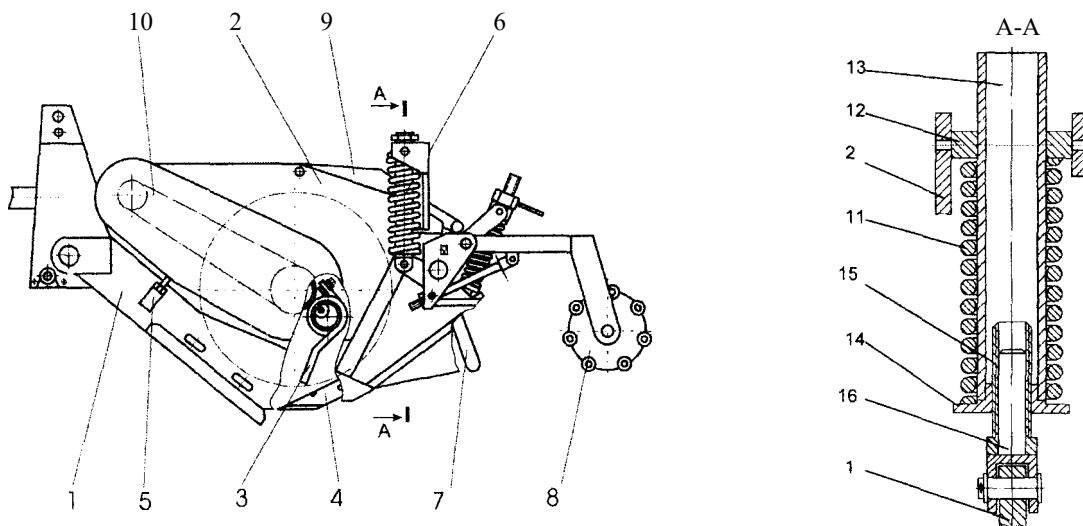


Рис. 2. Конструктивная схема агрегата комбинированного почвообрабатывающего ПАН-3

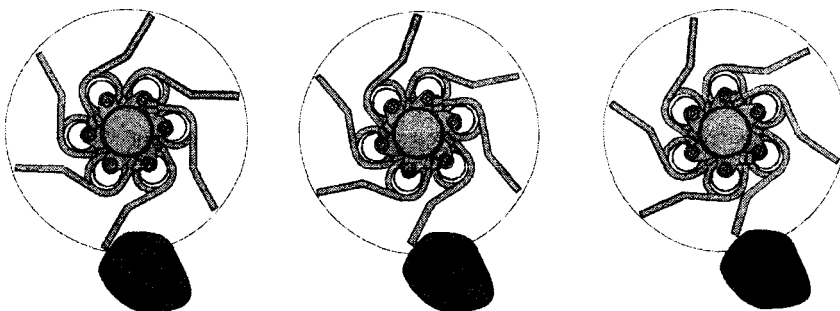


Рис. 3. Схема работы пружинного зуба при взаимодействии с камнем

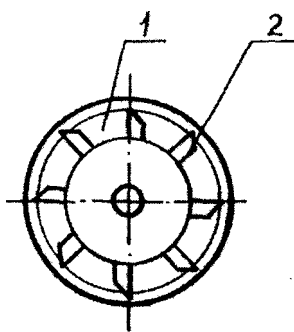


Рис. 4. Конструктивная схема рабочего органа машины МД-3,6

Вторым примером использования специальных рабочих органов для работы на почвах, засоренных камнями является рабочий орган машин для подсева семян трав в дернину МД-3,6 и МТД-3. Конструкция рабочего органа позволяет исключить взаимодействие режущих элементов с препятствием путем его «обкатывания». Рабочий орган представляет собой диск 1, по периметру которого закреплены ножи 2, причем диск немного выступает за режущие кромки ножей (рис. 4). При встрече в почве с препятствием диск перекачивается через это препятствие, не повреждая ножей.

Повысить эффективность защиты рабочих органов можно также установкой их на гибкой тяге, которая позволяет им проворачиваться и отклоняться как в плоскости вращения, так и в плоскости, перпендикулярной к плоскости движения.

Примером такого подхода для повышения надежности рабочих органов может служить конструкция косилки-измельчителя для пастбищ КИ-3, разработанной в РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси» и пред-

назначенной для измельчения сорной растительности, однолетних побегов кустарников, мелких кочек, разравнивания кротовин, разбрасывания экскрементов животных. Рабочий орган косилки-измельчителя представляет собой ротор 1 с горизонтальной осью вращения, на котором по винтовой линии шарнирно на оси 2 закреплены режущие элементы, состоящие из втулки 3, цепи 4 и дискового ножа 5 (рис. 5).

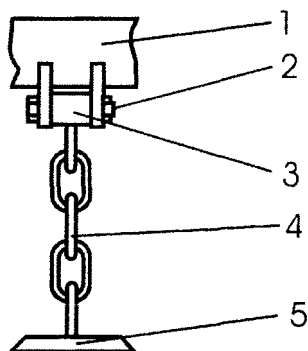


Рис. 5. Конструктивная схема рабочего органа косилки-измельчителя КИ-3

При взаимодействии с препятствием нож может отклоняться в направлении действия контактной нагрузки, при этом величина возникающей контактной силы взаимодействия определяется размерно-массовыми характеристиками ножа и скоростью взаимодействия и может подбираться из условия не превышения допустимых контактных напряжений для соответствующего материала ножа.

Проведенные сравнительные испытания новых рабочих органов на гибкой связи с Г-образными ножами, применяемых на косилках КИП-1,5 и КИР-1,5, показали, что даже после непродолжительной работы на пастбище Г-образные ножи практически все были деформированы, а ножи на гибкой связи не претерпели изменений. Также было отмечено снижение вентиляторного эффекта и вибрации ротора с рабочими органами на гибкой связи.

Выводы. Выполненные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси» по разработке почвообрабатывающих орудий и агрегатов по уходу за лугопастбищными угодьями и результаты их хозяйственной проверки показали перспективность применения новых подходов к повышению надежности орудий с активными рабочими органами на каменистых почвах. При этом одним из перспективных направлений повышения надежности орудий с активными рабочими органами являются шарнирная установка ротора на раме орудия, использование пружинных зубьев и крепление режущих элементов на гибкой связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаренко В.В., Бакач Н.Г., Клыбик В.К. Почвообрабатывающие агрегаты с активными рабочими органами и их применение в Республике Беларусь: Аналит. обзор. - Мн.: Белорусский институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2001. - 24 с.
2. Пат. ВУ 820 У, МПК⁷ А 01В 49/02, 29/04. Почвообрабатывающее орудие / В.В. Азаренко, А.С. Назаров, А.С. Архипенков, Н.Г. Бакач, С.И. Заяц, Г.Г. Тычина, В.К. Клыбик. - № и 20020098; Заявл. 2002.04.05; Опубл. 2003.03.30 // Национ. центр интеллектуальной собственности. - 4 с.
3. Пат. ВУ 899 У, МПК⁷ А 01В 49/02, 33/02. 33/14. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / В.В. Азаренко, А.С. Назаров, А.С. Архипенков, Н.Г. Бакач, С.И. Заяц, Г.Г. Тычина, В.К. Клыбик. - № и 20020325; Заявл. 2002.11.13; Опубл. 2003.06.30 // Национ. центр интеллектуальной собственности. - 4 с.