

УДК 631.331.51

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ С АКТИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ПО КРИТЕРИЯМ НАДЕЖНОСТИ

канд. техн. наук В.В. АЗАРЕНКО

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

Приведена прогнозная оценка надежности машин с активными рабочими органами и их механических приводов на примере машины для подсева семян трав в дернину. Рассмотрена возможность использования при обосновании конструктивных схем машин с активными рабочими органами коэффициента готовности в качестве критерия при оценке вариантов исполнения приводов рабочих органов.

Введение. В последние годы наметилась тенденция увеличения доли сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами. Однако существенным тормозом для разработчиков является отсутствие обобщенной методики технико-экономической оценки и обоснования рационального соотношения между показателями надежности, срока службы и лимитной стоимостью разрабатываемых машин.

Постановка задачи. Передача энергии к активным рабочим органам может осуществляться через механические, гидравлические, электрические и пневматические приводы, а также комбинированные (гидромеханические, электромеханические, электрогидравлические и др.). Наибольшее применение в сельскохозяйственных машинах получили механические приводы, которые в зависимости от источника получения крутящего момента могут быть условно разбиты на 4 группы (рисунок).



Группы машин по типу механического привода

Превалирование механического привода обусловлено простотой в эксплуатации и ремонте, дешевизне изготовления, высоком КПД и невысокими требованиями к подготовке обслуживающего персонала.

В то же время механические приводы различаются по своей конструктивной сложности, типу (открытые или закрытые), что требует обоснование их рациональных параметров, от которых во многом зависит функциональная работа, безотказность и срок службы машин. При этом следует учитывать, что механические приводы сельхозмашин относятся к системам многократного действия, для эксплуатации которых характерна цикличность, сезонность и работа при значительных динамических нагрузках в абразивной и агрессивной средах.

Так, в зависимости от назначения машины ее эксплуатационный сезон составляет 150 - 270 ч ежегодно, а общий срок службы - 5 - 10 лет. Следовательно, расчетная долговечность привода или его составных частей должна соответствовать 750 - 2700 ч, поэтому при проектировании механических передач стремятся достигнуть долговечности, равной сроку службы машины. Если для редуктора и карданных передач подобный подход экономически оправдан, то для гибких передач (клиноременных и цепных) это может привести к неоправданному увеличению массы и удорожанию конструкции.

В связи с этим технический уровень механического привода, характеризующий ряд показателей (назначение, надежность, технологичность, ремонтпригодность, унификация), отражает не только общий уровень технического совершенства изделия, но и технико-эксплуатационные и экономические показатели машины в целом.

Методы исследования. Надежность любых технических устройств и их элементов обуславливается главным образом безотказностью и ремонтпригодностью составных их элементов в заданных объемах функционирования.

Применительно к машинам с активными рабочими органами безотказность зависит в основном от надёжности элементов привода.

В статистически-вероятностном аспекте структурная схема надёжности машины может быть представлена последовательным соединением всех входящих в нее рабочих элементов. При этом вероятность безотказной работы машины (H_M) оценивается произведением вероятностей безотказной работы входящих в нее элементов (H_i), т.е.

$$H_M = H_1 \cdot H_2 \cdot \dots \cdot H_n = \prod_{i=1}^n H_i \quad (1)$$

где n -- количество элементов.

Оценка уровня надежности отдельных элементов и машины в целом производится по обобщенному показателю надежности – коэффициенту готовности K , который для отдельных элементов определяется выражением (2), а для машины в целом – выражением (3):

$$K_{ci} = \frac{T_{cp.m}}{T_{cp.m} + t_{ci}}; \quad (2)$$

$$K_{cm} = \frac{T_{cp.m}}{T_{cp.m} + \sum_{i=1}^n t_{ci}}, \quad (3)$$

где $T_{cp.m}$ – среднее время работы машины за рассматриваемый период; t_{ci} – среднее суммарное время, затрачиваемое на восстановление работоспособности отдельных элементов за рассматриваемый период.

Выразив из формулы (2) значение t_{ci} и подставив его в выражение (3), получим

$$K_{cm} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{K_{ci}} - 1 \right)}. \quad (4)$$

Данная формула позволяет в эксплуатации оценить коэффициент готовности машины по известным коэффициентам готовности входящих в нее элементов, полученным в результате статистической обработки эксплуатационной информации о надежности.

Если принять для упрощения, что $K_{c1} = K_{c2} = \dots = K_{cn} = K_{ср.}$, то выражение (4) примет вид:

$$K_{cm} = \frac{1}{1 + n \left(\frac{1}{K_{ср.}} - 1 \right)}. \quad (5)$$

Таким образом, зная число элементов привода машины и определив в эксплуатации за определенный промежуток времени среднее значение коэффициента готовности или задаваясь его нормативом для всех элементов, можно, используя выражение (5), определить уровень надежности всего привода машины.

Решая поставленную задачу применительно к машинам с активными рабочими органами для подсева семян трав в дернину, в результате анализа конструктивных и компоновочных схем можно констатировать, что привод данных машин полностью определяет их технический уровень и надежность. По конструктивному исполнению в большинстве таких машин используется индивидуальный привод на каждую секцию рабочих органов. Примером такого конструктивного исполнения являются сеялка «Power Till-1500» фирмы «John Deere» (США) и отечественная машина МД-3,6. Привод, как правило, состоит из центрального конического редуктора, передающего крутящий момент от карданной передачи на входе редуктора на два выходных вала, на которых размещены шесть цепных редукторов, индивидуально осуществляющих передачу крутящего момента на каждую фрезерную секцию. При этом многоэлементный привод включает в себя 61 подшипник, 6 двухрядных втулочно-роликовых цепей, с механизмами регулировки натяжения цепи и имеет 30 точек смазки. Вероятность безотказной работы привода машины МД-3,6 определяется вероятностью безотказной работы 10 его основных элементов.

Используя современные методы конструирования механических приводов и технологические возможности современного производства при разработке новой машины МТД-3 для подсева семян трав в дернину в РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси» с целью повышения надёжности приняли конструктивную схему, включающую центральный конический редуктор, на выходном валу которого установлена цепная бортовая передача, осуществляющая передачу крутящего момента на общий барабан, на котором установлены все фрезерные рабочие органы. Такая компоновочная схема привода позволяет значительно упростить конструктивную схему машины и снизить количество элементов привода.

Так, общее количество редукторов уменьшилось до двух, число подшипников до пятнадцати, а количество точек смазки до девяти. Вероятность безотказной работы привода машины МТД-3 определяется вероятностью безотказной работы всего четырех его основных элементов.

В первом приближении расчет коэффициента готовности приводов сравниваемых машин без элементного определения коэффициентов готовности можно произвести по выражению (5), приняв, например, средний коэффициент готовности ($K_{ср}$) для всех элементов 0,995, тогда коэффициент готовности привода машины МД-3,6 ($K_{,,MMI}$) составит 0,95, а машины МТД-3 ($K_{,,MI\partial}$) - 0,98, что достаточно хорошо согласуется с результатами государственных приемочных испытаний и эксплуатации данных машин.

Несмотря на упрощенный подход при расчете, можно заключить, что объединение индивидуальных приводов в один общий повышает вероятность безотказности работы. Более углубленный анализ показывает: замена бортовой цепной передачи на зубчатую, т.е. отказ от гибких передач в приводе, и доведение тем самым ресурса привода до срока службы машины также существенно повышает вероятность безотказности работы.

Выводы. Анализ современных тенденций развития механических приводов сельскохозяйственных машин показывает: высокий технический уровень обеспечивается не только постоянной модернизацией технологических процессов производства, совершенствованием методов технического обслуживания и ремонта, но и использованием последних достижений науки и техники в создании новых конструктивных схем машин, позволяющих снизить в 1,5 - 2 раза материалоемкость, затраты на техническое обслуживание и ремонт, а также повысить их долговечность в 2 - 3 раза.