

УДК 621.825.6

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИИ РАЗРАБОТКИ СТЕНДОВ ДЛЯ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ

Пастухов А.Г

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Я. Горина»

Приведені характеристики етапів розробки стендів для випробування карданних передач. Встановлені якісні критерії раціональності конструкції.

Descriptions of design of stands times are resulted for the test of cardan transmissions. The high-quality criteria of rationality of construction are set.

Постановка проблемы

Обеспеченность техникой в сельском хозяйстве России составляет не более 50 %, в частности, тракторами – на 44 %. Однако и то, что имеется, на 60...70 % изношено и требует качественного капитального ремонта. Решением проблем работоспособности такого машинно-тракторного парка (МТП) является повышение качества технического обслуживания и ремонта (ТОР), а также широкое применение ресурсных испытаний узлов и агрегатов механических трансмиссий (МТ), основу которых составляют новые технологии и оборудование, обеспечивающие повышение ресурса отремонтированных узлов и агрегатов до 100 % уровня от ресурса новых изделий при цене, составляющей 50...70 % стоимости новых [1].

Опыт эксплуатации энергонасыщенных тракторов (К-744, Т-150К, ХТЗ-17221), автомобилей (МАЗ, КамАЗ), сельскохозяйственных машин (КСК-100А, ПРТ-10А, РОУ-6) и зарубежной техники по данным М.Г. Дегтярева, С.А. Лапшина, А.М. Сигаева, Э.П. Флика, И.С. Цитовича, W. Pampel, W. Reinecke, F. Duditz, H. Dietz, J. Glimore, G. Beardslay и других показал, что одними из наименее долговечных агрегатов МТ являются карданные передачи с шарнирами неравных угловых скоростей на игольчатых подшипниках.

Анализ последних исследований и публикаций

Анализ многочисленных научных исследований в области надежности МТ сельскохозяйственной техники (СХТ) показывает, что имеется недостаточно работ в отношении карданных передач, основанных на системной проработке комплекса мероприятий на этапах конструирования, производства и эксплуатации, связанных с разработкой стендов и методик ресурсных испытаний, обусловленных стратегией повышения надежности.

Разработке методов испытаний СХТ посвящены работы И.Н. Величкина, В.Л. Гадолина, Р.В. Кугеля, Л.М. Клятиса, М.И. Лысова, Ю.Н. Ломоносова и др., в которых рассмотрены вопросы совершенствования методов ресурсных стендовых испытаний на надежность, ускоренной оценки надежности и определению ресурса отремонтированных

деталей и агрегатов. По мере повышения сложности и нагруженности машин возникла естественная тенденция к проведению испытаний по схеме «деталь – соединение – агрегат – машина», поэтому в наибольшем количестве испытываются детали и соединения, в меньшем — агрегаты, еще меньшем — машины в целом. При этом стендовые испытания на основе моделирования нагрузок, действующих в реальных условиях эксплуатации, дают представление об истинной картине отказов деталей, а, следовательно, и об уровне надежности машин [2].

Развитие поэлементных испытаний способствовало созданию специализированных стендов для экспериментальной оценки ресурса серийных, опытных и отремонтированных агрегатов трансмиссий, в том числе карданных передач тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин [3].

На основании вышесказанного основной **целью** работы является установление основных направлений разработки стендового оборудования для ресурсных испытаний карданных передач.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- 1) провести анализ конструкций стендов;
- 2) установить качественные критерии рациональности конструкции стенда;
- 3) выявить основные направления совершенствования стендов.

Основной материал исследований

Анализ тенденций совершенствования стендов для испытания карданных передач позволяет выделить следующие этапы: I - характеризуется распространением стендов с прямым потоком мощности по схеме «двигатель - объект - тормоз» (недостатки - повышенный расход электроэнергии, необходимость установки охлаждающих устройств, иной характер нагружения; решаемые задачи - исследование вынужденных крутильных колебаний, испытания уплотнений шарниров в грязевой камере и определение потерь на трение в шарнирах) [3]; II - характеризуется появлением стендов с замкнутым силовым контуром, которые выполнены по схеме «двигатель - силовой контур» (недостатки - большое число элементов кинематической цепи нагружения испытываемых элементов, замыкание силового контура кинематическими парами низшего класса, высокая металлоемкость, высокий расход электроэнергии и др.; достоинства - снижение установленной мощности двигателя до 30...40 % от циркулирующей в силовом контуре; решаемые задачи - испытания на износостойкость и усталостную прочность) [3]; III - характеризуется разработкой ряда конструкций стендов с коаксиальным расположением замыкающих элементов силового контура подшипниками качения для испытаний агрегатов трансмиссий СХТ (достоинства - компактные конструктивные решения со снижением числа элементов кинематической цепи, снижение установленной мощности двигателя до 5 %; решаемые задачи - стенды могут быть использованы для ресурсных испытаний с контролем параметров режимов нагружения и технического состояния карданных передач) [4, 5].

Стендовое моделирование эксплуатационных режимов работы карданных передач включает нагружение крутящим моментом, вращательное движение, создание угла излома шарниров в пространстве и его динамическое изменение. Каждый из указанных факторов нагружения на существующих стендах может быть реализован в двух вариантах, например:

- 1) инвариантность нагруженности заключается в замыкании силового контура последовательно ($\mathbf{З}_П$) или коаксиально расположенными элементами ($\mathbf{З}_К$);
- 2) вариативность привода заключается в том, что карданная передача (шарнир) вращается ($\mathbf{П}_В$) или не вращается ($\mathbf{П}_Н$);
- 3) изменение угла излома в шарнире может осуществляться как статически ($\mathbf{И}_С$), так и динамически ($\mathbf{И}_Д$).

Для поиска вариантов перспективной конструкции стенда используем комбинаторный метод генерирования вариантов решений на основе матрицы, которая формируется построчной записью массива факторов нагружения в зависимости от способа его технической реализации. Сформированная таким путем матрица имеет размер 2×3 , а в результате генерирования получаем восемь вариантов конструкций стенда: $\mathbf{З}_П\mathbf{П}_Н\mathbf{И}_С$, $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_Н\mathbf{И}_С$, $\mathbf{З}_П\mathbf{П}_В\mathbf{И}_С$, $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_В\mathbf{И}_С$, $\mathbf{З}_П\mathbf{П}_Н\mathbf{И}_Д$, $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_Н\mathbf{И}_Д$, $\mathbf{З}_П\mathbf{П}_В\mathbf{И}_Д$, и $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_В\mathbf{И}_Д$.

По варианту $\mathbf{З}_П\mathbf{П}_Н\mathbf{И}_С$ стенды представлены изобретениями *SU 396578*, *SU 898273*, *SU 1508121*. Недостатки указанных стендов: отсутствие привода вращения и динамического изменения угла излома, а также последовательное замыкание силового контура рамой стенда. Конструкция по варианту $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_Н\mathbf{И}_С$ представляет собой частный случай с замыканием коаксиально расположенных элементов контура и может применяться только для оценки статической прочности элементов карданной передачи, так как для ресурсных испытаний потенциальных возможностей нет.

Некоторые технические решения по варианту $\mathbf{З}_П\mathbf{П}_В\mathbf{И}_С$ реализованы в изобретениях *SU 875234* и *SU 1508120*. Недостатки стендов: последовательное замыкание силового контура зубчатыми передачами, энерго- и металлоемкость, отсутствие динамического изменения угла излома. Схемы стендов по варианту $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_В\mathbf{И}_С$ разработаны в технических решениях *SU 875234*, *SU 970169*, *SU 1315851*. Недостатки стенда: отсутствие динамического изменения угла излома в шарнирах и изменения угла излома в горизонтальной плоскости, что снижает полноту моделирования.

Конструктивные варианты решения $\mathbf{З}_П\mathbf{П}_Н\mathbf{И}_Д$ представлены в *SU 585425*, *SU 1084643*, *SU 1362992*. Данные стенды имеют конструктивные особенности, отличающие их друг от друга, однако режим нагружения шарниров при этом идентичен. Недостатки стендов: последовательное замыкание контура рычагами и отсутствие привода вращения шарниров. Вариант стенда по решению $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_Н\mathbf{И}_Д$ близок по технической сущности к решению $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_В\mathbf{И}_Д$, при этом достаточно отключить привод вращательного движения, что приведет к неполному моделированию режима нагружения и позволит проверить некоторые прочностные и кинематические параметры. Стенды по варианту $\mathbf{З}_П\mathbf{П}_В\mathbf{И}_Д$ представлены в изобретениях по *SU 254173*, *SU 974186*, *SU 1633304*. Существенные недостатки стендов: последовательное замыкание контура зубчатыми редукторами, энерго- и металлоемкость и др.

Из рассмотренных вариантов стендов наиболее совершенной конструкцией обладает решение $\mathbf{З}_К\mathbf{П}_В\mathbf{И}_Д$ с точки зрения устройства замкнутого контура и более полного моделирования факторов режима нагружения. Описание такой конструкции представлено в *SU 1234739*. При этом на стенде испытывается карданная передача в сборе, а это значит два шарнира и шлицевое соединение.

По количественному составу следует отметить, что один стенд (6 %) относится к I поколению, два стенда (13 %) — к III поколению, а большинство 13 стендов (81 %) — ко II поколению. Данный факт свидетельствует о том, что основные работы по

совершенствованию стендового оборудования были направлены на сервисное оснащение стендов автоматическими системами моделирования и контроля параметров нагружения, а не на поиски новых решений замыкания их силового контура.

Таким образом, для экспериментальной оценки ресурса карданных передач и их элементов при ресурсных испытаниях необходимо разработать стенд с коаксиальным расположением замыкающих элементов силового контура, например, подшипниками качения, зубчатой передачей и др., и динамическим изменением угла излома в пространстве. Очевидно, что прототипами таких стендов являются решения по *SU 970169* и *SU 1234739* [6].

Выводы и перспективы исследований

Обобщение представленного выше материала позволяет сделать следующие выводы.

1. На основании анализа существующих стендов установлено, что основные работы по их совершенствованию были направлены на сервисное оснащение стендов автоматическими системами моделирования и контроля параметров нагружения, а не на поиски решений повышения КПД силового контура.

2. Для экспериментальной оценки ресурса карданных передач при исследовательских испытаниях наиболее перспективной является конструкция с коаксиальным расположением замыкающих элементов силового контура, например, подшипниками качения, зубчатой передачей и др., и динамическим изменением угла излома в пространстве.

3. Перспективы исследований заключаются в создании теории прикладного проектирования стендов с полной автоматизацией процесса испытаний.

Литература

1. *Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 года / Ю.Ф. Лачуга, Е.И. Назин, С.Г. Митин и др.; отв. ред. А.А. Артюшин. — М.: Россельхозакадемия, Минпромнауки России, Минсельхоз России, 2003. — 50 с.*
2. *Кугель, Р.В. Испытания на надежность машин и их элементов / Р.В. Кугель. - М.: Машиностроение, 1982. - 181 с.*
3. *Машины и стенды для испытания деталей / В.Л. Гадолин, Н.А. Дроздов, В.Н. Иванов и др.; под ред. Д.Н. Решетова. - М.: Машиностроение, 1979. — 343 с.*
4. *Сигаев, А.М. Стенды для ресурсных испытаний силовых узлов / А.М. Сигаев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2001. - № 5. - С. 30-31.*
5. *Сигаев, А.М. Стенды для ресурсных испытаний карданных передач / А.М. Сигаев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2001. - № 6. - С. 45-46.*
6. *Пастухов, А.Г. Усовершенствованные стенды для ресурсных испытаний карданных передач / А.Г. Пастухов // Автомобильная промышленность. — 2008. — № 5. — С. 35-37.*