

**УДК 621.825.6**

## **АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИИ РАЗРАБОТКИ СТЕНДОВ ДЛЯ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ КАРДАНЫХ 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 ( $\mathbf{ЗП}$ ) или коаксиально расположенными элементами ( $\mathbf{ЗК}$ );
- 2) вариативность привода заключается в том, что карданная передача (шарнир) вращается ( $\mathbf{ПВ}$ ) или не вращается ( $\mathbf{ПН}$ );
- 3) изменение угла излома в шарнире может осуществляться как статически ( $\mathbf{ИС}$ ), так и динамически ( $\mathbf{ИД}$ ).

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  $2 \times 3$ , а в результате генерирования получаем восемь вариантов конструкций стенда:  $\mathbf{ЗППНИС}$ ,  $\mathbf{ЗКПНИС}$ ,  $\mathbf{ЗППВИС}$ ,  $\mathbf{ЗКПВИС}$ ,  $\mathbf{ЗППНИД}$ ,  $\mathbf{ЗКПНИД}$ ,  $\mathbf{ЗППВИД}$ , и  $\mathbf{ЗКПВИД}$ .

По варианту  $\mathbf{ЗППНИС}$  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  $\mathbf{ЗКПНИС}$  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  $\mathbf{ЗППВИС}$  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  $\mathbf{ЗКПВИС}$  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  $\mathbf{ЗППНИД}$  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  $\mathbf{ЗКПНИД}$  близок по технической сущности к решению  $\mathbf{ЗКПВИД}$ , 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  $\mathbf{ЗППВИД}$  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  $\mathbf{ЗКПВИД}$  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.*