

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ
ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ КАРДАННЫХ ШАРНИРОВ**

С. П. Ереско, Т. Т. Ереско, Е. В. Кукушкин*, В. А. Меновщиков, А. Е. Михеев

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31

*E-mail: ironjeck@mail.ru

Приведен обзор конструкций испытательных стендов для испытания карданных передач, таких как стенд для испытаний карданных подшипников (недостаток данного стенда – это применение в качестве нагружающего устройства торсионных валов, что снижает точность создания нагрузок в шарнирах карданной передачи); стенды с невозможностью управления процессом нагружения карданной передачи во время испытаний карданной передачи; стенд с замкнутым силовым контуром для испытания агрегатов трансмиссии транспортных средств и стенд для испытаний агрегатов трансмиссий транспортных средств, недостатком которых является быстрый перегрев системы торможения, который возникает из-за отсутствия системы охлаждения. Задачей исследования является создание новых конструкций испытательных стендов на основе проведенного анализа конструкций испытательных стендов. Технической задачей стендов для испытания карданных шарниров на игольчатых подшипниках является испытание карданных передач в широком диапазоне нагрузок, сравнительные испытания шарниров различных типоразмеров. Проведен анализ стендов для испытаний карданных передач на игольчатых подшипниках, в результате которого появилась необходимость создания новой конструкции, отличающейся большим диапазоном параметров нагружения и легкостью настройки. Возникает необходимость создания конструкции систем, которая позволит проводить испытания карданных передач с повышенной точностью настройки угла излома карданной передачи и удобством эксплуатации, а также создания конструкции систем, которая позволит проводить испытания карданных передач с исключением перегрева системы торможения и обеспечит плавность регулирования тормозного момента. Поставленная задача создания новой конструкции, отличающейся большим диапазоном параметров нагружения и легкостью настройки, решается тем, что привод соединен с карданной передачей с помощью муфты через технологическую передачу, а устройство нагружения подключено через раздаточную коробку. Поставленная задача создания конструкции систем, которая позволит проводить испытания карданных передач с повышенной точностью настройки угла излома карданной передачи и удобством эксплуатации, решается тем, что в известном стенде для испытания карданных передач содержатся установленные на основной раме электродвигатель, технологическая передача, выполненная в виде механической коробки переключения передач, присоединенной к входному валу испытываемой карданной передачи, при этом выходной вал карданной передачи соединен с устройством нагружения через раздаточный редуктор, а раздаточный редуктор установлен на дополнительной раме, имеющей возможность перемещения по прорезям основной рамы с фиксацией положения раздаточного редуктора в горизонтальной плоскости по нониусу, отградуированному в единицах угла излома карданной передачи. Поставленная задача создания конструкции систем, которая позволит проводить испытания карданных передач с исключением перегрева системы торможения, а также обеспечить плавность регулирования тормозного момента, решается тем, что устройство нагружения выполнено в виде гидронасоса, вал которого присоединен к выходному валу раздаточного редуктора, входной канал гидронасоса соединен с гидравлическим баком, а выходной канал соединен со входом регулируемого дросселя, выход которого через теплообменник соединен с гидравлическим баком, причем между выходным каналом гидронасоса и входом дросселя установлены предохранительный клапан и манометр, отградуированный в единицах тормозного момента. Конструкция первого предложенного стенда позволяет испытывать карданные передачи разных типоразмеров в широком диапазоне нагружающих моментов и скоростей вращения карданных передач. Конструкция второго предложенного стенда позволяет испытывать карданные передачи разных типоразмеров в широком диапазоне нагружающих моментов, скоростей вращения и высокой точности настройки угла излома карданной передачи. Конструкция третьего предложенного стенда позволяет проводить испытания карданных передач, исключая перегрев системы торможения благодаря охлаждению рабочей жидкости, а также повысить качество эксплуатации за счет обеспечения плавности регулирования тормозного момента.

Ключевые слова: стенд для испытаний, карданный шарнир, игольчатые подшипники, современные представления исследований, конструкция стенда, сравнительный анализ.

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURES TEST APPARATUS FOR UNIVERSAL JOINT

S. P. Eresko, T. T. Eresko, E. V. Kukushkin*, V. A. Menovschikov, A. E. Mikheev

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarsky Rabochoy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
*E-mail: ironjeck@mail.ru

An overview of the construction of test benches for testing carded transmission, such as a stand for the universal joint bearing tests, the lack of a stand is used as a loading device torsion shaft, which reduces the accuracy of creating stress in the joints of the driveline; stands with the inability to control the process of loading the driveline during driveline tests; stand with a closed loop power transmission units for testing of vehicles and stand the test of aggregates of transmissions of vehicles, lack of which is the rapid overheating of the braking system, which occurs due to lack of cooling system is given. The aim of the study is to create a new design of test benches based on our analysis of test benches designs. An object stands for testing of universal joints with needle bearings is to test the driveline in a wide range of loads, comparative tests of joints of various sizes. The analysis stands for driveline test on needle bearings, as a result of which there was a need for a new design, a large range of different parameters of loading and ease of configuration; it is necessary to create a design system that allows testing of cardan transmission with high precision adjustment of the angle of fracture driveline and ease of use; it is necessary to create a design system that allows testing driveline with the exception of overheating the braking system, as well as to ensure smooth regulation of the braking torque. The task of creating a new design, a large range of different parameters of loading and ease of configuration is achieved in that the drive is connected to the driveline via coupling through technology transfer and loading device is connected through a transfer case. The task of creating design systems that will allow testing of cardan transmission with high precision adjustment of the angle of fracture driveline and operating convenience is achieved in that, in a tester in driveline, which includes, mounted on the main frame: motor technology transfer, made in the form of a mechanical gearbox, connected to the input shaft of the test driveline, wherein the output shaft of the driveline is connected to a load device through the draw gear and, distributing gear is mounted on an additional frame, which has the ability to move along the slits the main frame with fixing the position of the dispensing gear in the horizontal plane vernier, calibrated in units of angle fracture driveline. The task of creating design systems that will allow testing driveline with the exception of overheating the braking system, as well as to ensure smooth regulation of the braking torque, is achieved in that the loading device is designed as a hydraulic pump, the shaft of which is connected to the output shaft of the transfer gear and the input channel a hydraulic pump connected to the tank, and the outlet duct connected to the inlet throttle controlled, through a heat exchanger whose output is connected to the hydraulic tank, wherein the outlet channel between the hydraulic pump and the inlet throttle and a relief valve mounted manometer Suitably calibrated in terms of brake torque. Construction of the first of the proposed stand allows you to experience the driveline of different sizes in a wide range of load torque and driveline speeds. The construction of the second sentence of the stand allows you to experience the driveline of different sizes in a wide range of load torque, rotational speed and high precision tuning fracture driveline angle. The construction of the third sentence of the stand allows testing driveline, excluding overheating of the braking system by cooling the working fluid, and improve operational excellence by providing smooth regulation of the braking torque.

Keywords: test stand, universal joint, needle bearings, modern concepts of research, booth design, comparative analysis.

Введение. В стендах, применяемых для испытаний карданных передач машин, вращение карданного вала осуществляется аналогично принятой схеме транспортных и технологических машин, а регулирование осуществляется с помощью редукторов. Существует множество стендов для испытания карданных передач, основанных на схожих принципах, но имеющих значительные различия в конструкции, а также свои преимущества и недостатки.

Подшипниковые узлы являются важнейшими структурными элементами машин и составляют основную часть узлов трения. Отказ зачастую происходит из-за отказа подшипниковых узлов, которые ограничивают долговечность машин. Даже при достаточно качественном изготовлении деталей подшипниковых узлов, например, игольчатого подшипника

качества, характеристики карданной передачи могут оказаться неудовлетворительными, и произойдет внезапный отказ. При этом под отказом следует понимать не обязательно разрушение трущихся (рабочих) поверхностей, а выход одной из характеристик подшипниковых узлов за допускаемые пределы.

Подшипниковые узлы сельскохозяйственной техники выходят из строя в основном из-за абразивного изнашивания, связанного с попаданием грязи и пыли. Наиболее распространенный критерий отказа подшипниковых узлов общего применения, работающих в автомобилях, тракторах, насосах, редукторах, станках, подъемно-транспортном оборудовании, – усталостное разрушение. В то же время для подшипниковых узлов специального применения важны и другие характеристики, такие как жесткость, уровень и спектр

вибрации, момент сопротивления вращению, долговечность и др. [1].

Анализ работ [2–6] показывает, что на современном этапе развития науки и техники повышение качества и конкурентоспособности карданных шарниров на игольчатых подшипниках и карданных передач различных технологических и подъёмно-транспортных машин является одним из важнейших и современных условий, без которых не может быть достигнут научно-технический прогресс. Но до сих пор многие вопросы ещё не получили чёткого ответа ввиду неизученности либо отсутствия нужного объёма исследований.

Постановка задачи исследования. Задачей исследований является создание новых конструкций испытательных стендов для испытаний карданных передач в широком диапазоне нагрузок, сравнительных испытаний шарниров различных типоразмеров, испытаний карданных передач с повышенной точностью настройки угла излома карданной передачи и удобством эксплуатации, испытаний карданных передач с исключением перегрева системы торможения, а также обеспечения плавности регулирования тормозного момента на основе проведенного анализа имеющихся конструкций испытательных стендов.

Анализ конструкций карданных шарниров. Проведенный патентный поиск и анализ конструкций выявил ряд устройств, направленных на решение поставленных задач, таких как испытание карданных передач в широком диапазоне нагрузок, сравнительные испытания шарниров различных типоразмеров, создание новой конструкции, отличающейся большим диапазоном параметров нагружения и легкостью настройки, создание конструкции систем, которая позволит проводить испытания карданных передач с повышенной точностью настройки угла излома карданной передачи и удобством эксплуатации, создание конструкции систем, которая позволит проводить испытания карданных передач с исключением перегрева системы торможения, а также обеспечить плавность регулирования тормозного момента.

Известен стенд для испытаний карданных подшипников [7]. Привод стенда осуществляется от электродвигателя через ременную передачу к замкнутому контуру, состоящему из двух зубчатых редукторов, торсионных и карданных валов, двух муфт. Нагрузка в замкнутом контуре создается закручиванием торсионных валов муфтой нагружения. Для испытаний карданных валов разной длины и создания перекосов в шарнирах редуктор может быть перемещен по пазам на плите в продольном и поперечном направлениях. Недостаток данного стенда – это применение в качестве нагружающего устройства торсионных валов, что снижает точность создания нагрузок в шарнирах карданной передачи.

Известен стенд, который содержит электродвигатель, нагрузочное устройство, ременную передачу, передаточный вал, установленный на опорах качения и через кривошип соединенный с валом в опорах, при этом нагрузочное устройство выполнено в виде вала, на котором по краям расположены опоры, а между ними – нагрузочный блок, на котором укреплен трос

с грузом [8]. К недостаткам стенда можно отнести невозможность управления процессом нагружения карданной передачи во время испытаний карданной передачи.

Известен стенд, содержащий технологическую карданную передачу, состоящую из полого вала, полых крестовин с внешними вилками и двух валов с элементами, служащими для присоединения к испытываемой карданной передаче [9]. В стенд входит также нагрузочный, который содержит рычаги и резьбовые стяжки. К недостаткам стенда относится невозможность управления процессом нагружения карданной передачи во время испытания.

Известен стенд, который состоит из станины, привода, кинематически связанного с одним из валов испытываемой карданной передачи, устройства нагружения, последовательно включенного в силовой контур, технологического карданного шарнира с полый крестовиной, элементов для присоединения испытываемой карданной передачи [10]. При этом одна вилка технологического карданного шарнира жестко связана через присоединительные элементы с одной из внешних вилок испытываемой карданной передачи, а другая вилка технологического карданного шарнира выполнена полый и связана через устройство нагружения и присоединительные элементы с другой из внешних вилок испытываемой карданной передачи. К недостаткам стенда можно отнести невозможность управления процессом нагружения карданной передачи во время испытания и невозможность регулирования угла излома карданной передачи.

Известен стенд с замкнутым силовым контуром для испытания агрегатов трансмиссии транспортных средств [11], который имеет приводной двигатель, вспомогательные передачи и последовательно включенный в силовой контур нагрузочный, имеющий регулируемый тормоз, выполненный в виде гидронасоса с регулируемым дросселем, установленным в его нагнетательной магистрали. Известен стенд для испытаний агрегатов трансмиссий транспортных средств, имеющий приводной двигатель, гидронасос, нагрузочную гидромашину, регулятор нагрузки в виде регулируемого дросселя, предохранительный клапан, гидравлический бак, сообщенный с входным каналом гидронасоса и выходным каналом приводной гидромашин, выходной канал нагрузочной гидромашин сообщен с выходным каналом гидронасоса и с входным каналом приводной гидромашин [12]. Основным недостатком стендов является быстрый перегрев системы торможения, который возникает из-за отсутствия системы охлаждения.

Результаты проведенного анализа. Поставленная задача создания новой конструкции, отличающейся большим диапазоном параметров нагружения и легкостью настройки, решается тем, что привод соединен с карданной передачей с помощью муфты через технологическую передачу, а устройство нагружения подключено через раздаточную коробку (рис. 1).

Стенд состоит из электродвигателя 1, механической коробки переключения передач 2, присоединенной к входному валу карданной передачи 3, и устройства нагружения 4, присоединенного к выходному

валу карданной передачи посредством раздаточного редуктора 5.

За счет использования пониженной передачи раздаточной коробки (рис. 2) к муфте 1 подсоединяется карданная передача, а к полумуфте 2 подсоединяется устройство нагружения, за счёт этого можно получить удвоенные нагрузки при испытаниях или использовать нагрузочное устройство с меньшим тормозным моментом. Нагрузочное устройство выполнено таким образом, что позволяет моделировать вращающий момент на испытуемом шарнире, что приближает испытание к реальным условиям нагружения карданных шарниров в условиях эксплуатации.

Стенд работает следующим образом (рис. 1). Вращающий момент от электродвигателя 1 через механическую коробку переключения передач 2 передается на карданную передачу 3. Коробка переключения передач 2 позволяет менять частоту вращения карданной передачи. Раздаточный редуктор 5 при этом передает карданной передаче тормозной момент, создаваемый устройством нагружения 4, и карданная передача работает под нагрузкой. Раздаточный редуктор 5 позволяет либо отключать нагрузку для удобства монтажных операций, либо подключать нагрузку в режимах повышенных или пониженных передач, что позволяет дополнительно управлять нагружающим моментом и скоростью вращения испытываемых карданных передач.

Стенд представляет собой систему узлов, последовательно установленных на раме. Привод 1 присоединен к технологической передаче. Технологическая передача выполнена в виде механической коробки переключения передач 2, присоединена к входному концу карданной передачи 3 и позволяет менять частоту вращения. Устройство нагружения 4, присоединенное к противоположному концу карданной передачи 3 с помощью раздаточной коробки 5, позволяет моделировать различные по величине нагрузки, как статические, так и динамические.

Поставленная задача создания конструкции системы, которая позволит проводить испытания карданных передач с повышенной точностью настройки угла излома карданной передачи и удобством эксплуатации, решается тем, что в известном стенде для испытания карданных передач [13] содержатся установленные на основной раме электродвигатель, технологическая передача, выполненная в виде механической коробки переключения передач, присоединенной к входному валу испытываемой карданной передачи, при этом выходной вал карданной передачи соединен с устройством нагружения через раздаточный редуктор, а раздаточный редуктор установлен на дополнительной раме, имеющей возможность перемещения по прорезям основной рамы с фиксацией положения раздаточного редуктора в горизонтальной плоскости по нониусу, отградуированному в единицах угла излома карданной передачи (рис. 3).

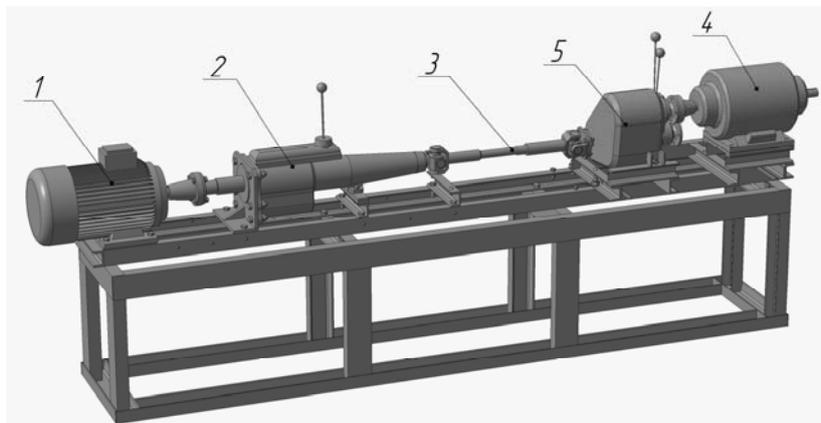


Рис. 1. Стенд для испытания карданных шарниров на игольчатых подшипниках

Fig. 1. Testing bench for probation of the cardan joint on the needle bearer

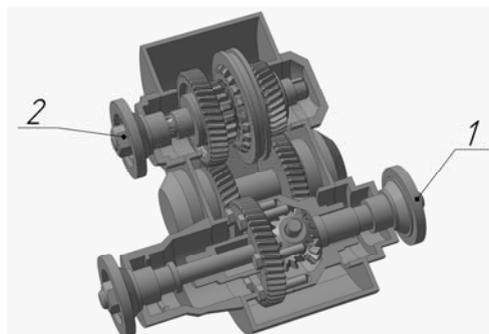


Рис. 2. Схема подключения раздаточной коробки передач

Fig. 2. Connection diagram of the distribution box

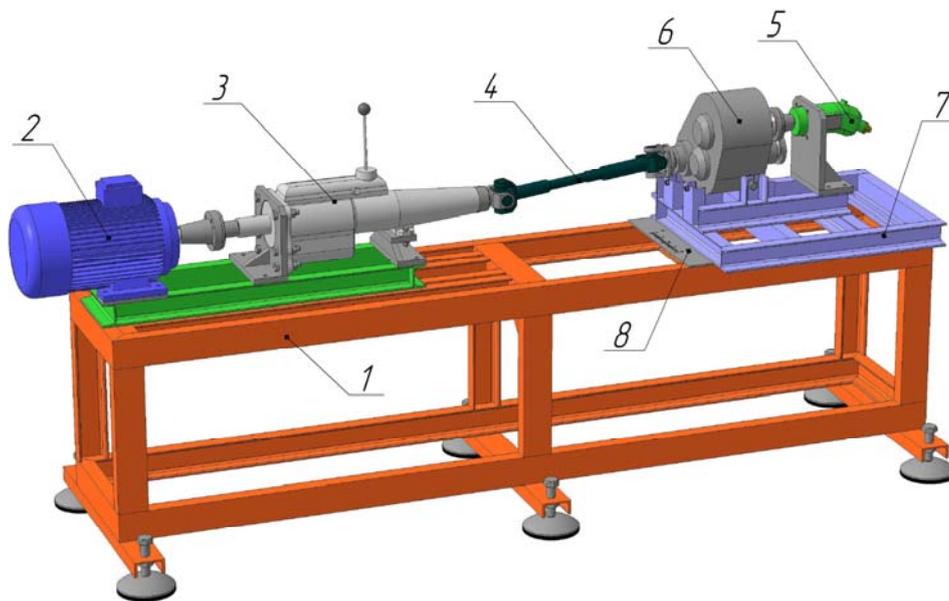


Рис. 3. Стенд для испытания карданных шарниров на игольчатых подшипниках

Fig. 3. Testing bench for probation of the cardan joint on the needle bearer

Стенд состоит из установленных на основной раме 1 электродвигателя 2, механической коробки переключения передач 3, присоединенной к входному валу карданной передачи 4, и устройства нагружения 5, присоединенного к выходному валу карданной передачи посредством раздаточного редуктора 6. Раздаточный редуктор 6 с устройством нагружения 5 установлен на дополнительной раме 7 с возможностью перемещения по прорезям основной рамы 1 и фиксацией положения раздаточного редуктора в горизонтальной плоскости по нониусу 8, отградуированному в единицах угла излома карданной передачи.

Стенд работает следующим образом: вращающий момент от электродвигателя 2 через механическую коробку переключения передач 3 передается на карданную передачу 4. Механическая коробка переключения передач 3 позволяет менять частоту вращения испытываемой карданной передачи. Раздаточный редуктор 6 при этом передает карданной передаче тормозной момент, создаваемый устройством нагружения 5, и карданная передача работает под нагрузкой. Раздаточный редуктор 6 позволяет либо отключать нагрузку для удобства монтажных операций, либо подключать нагрузку в режимах повышенных или пониженных передач, что расширяет пределы изменения нагружающего момента и скорости вращения испытываемых карданных передач. Настройка угла излома карданной передачи 4 осуществляется с помощью нониуса 8 путем перемещения дополнительной рамы 7 по прорезям основной рамы 1 и фиксацией положения дополнительной рамы 7 в горизонтальной плоскости по нониусу 8, отградуированному в единицах угла излома карданной передачи.

Поставленная задача создания конструкции систем, которая позволит проводить испытания карданных передач с исключением перегрева системы торможения, а также обеспечить плавность регулирова-

ния тормозного момента, решается тем, что в известном стенде для исследования карданных передач [14] содержатся установленные на основной раме электродвигатель, технологическая передача в виде механической коробки переключения передач, присоединенной к входному валу испытываемой карданной передачи, выходной вал которой присоединен к устройству нагружения через раздаточный редуктор, установленный на дополнительной раме. Согласно предлагаемому нами техническому решению [15], устройство нагружения выполнено в виде гидронасоса, вал которого присоединен к выходному валу раздаточного редуктора, входной канал гидронасоса соединен с гидравлическим баком, а выходной канал соединен со входом регулируемого дросселя, выход которого через теплообменник соединен с гидравлическим баком, причем между выходным каналом гидронасоса и входом дросселя установлены предохранительный клапан и манометр, отградуированный в единицах тормозного момента.

Конструкция предлагаемого стенда для испытаний карданных передач позволяет исключить перегрев системы торможения из-за охлаждения рабочей жидкости, улучшить условия эксплуатации за счет исключения неустойчивости тормозного момента с помощью плавного регулирования тормозного момента.

Стенд для испытаний карданных передач (рис. 4, 5) состоит из электродвигателя 1, выходной конец которого соединен с технологической передачей 2, соединенной с испытываемой карданной передачей 3, установленными на основной раме 4. Выходной вал карданной передачи 3 соединен с входным валом раздаточного редуктора 5, установленного на дополнительной раме 6. Устройство нагружения выполнено гидравлическим и представляет собой гидронасос 7, вал которого присоединен к выходному валу раздаточного редуктора 5. Входной канал гидронасоса 7

соединен с гидравлическим баком 8 с рабочей жидкостью, а его выходной канал присоединен к входному каналу дросселя 9, регулирующему нагрузку. Между дросселем и гидронасосом установлен манометр 10, отградуированный в единицах тормозного момента, и предохранительный клапан 11 для выпуска избыточного давления в гидравлический бак 8. Выходной канал дросселя подсоединен к гидравлическому баку через теплообменник 12.

Стенд работает следующим образом: вращающий момент от электродвигателя 1 передается на испытываемую карданную передачу 3 через технологическую

передачу 2, гидронасос 7 при этом передает испытываемой карданной передаче тормозной момент, создаваемый и регулируемый дросселем 9, значение тормозного момента определяется с помощью манометра 10, отградуированного в единицах тормозного момента. При избытке рабочего давления срабатывает предохранительный клапан 11 для предупреждения скачка заданного давления рабочей жидкости в гидравлической системе, который выпускает избыточное давление в гидравлический бак 8. Теплообменник 12 охлаждает рабочую жидкость.

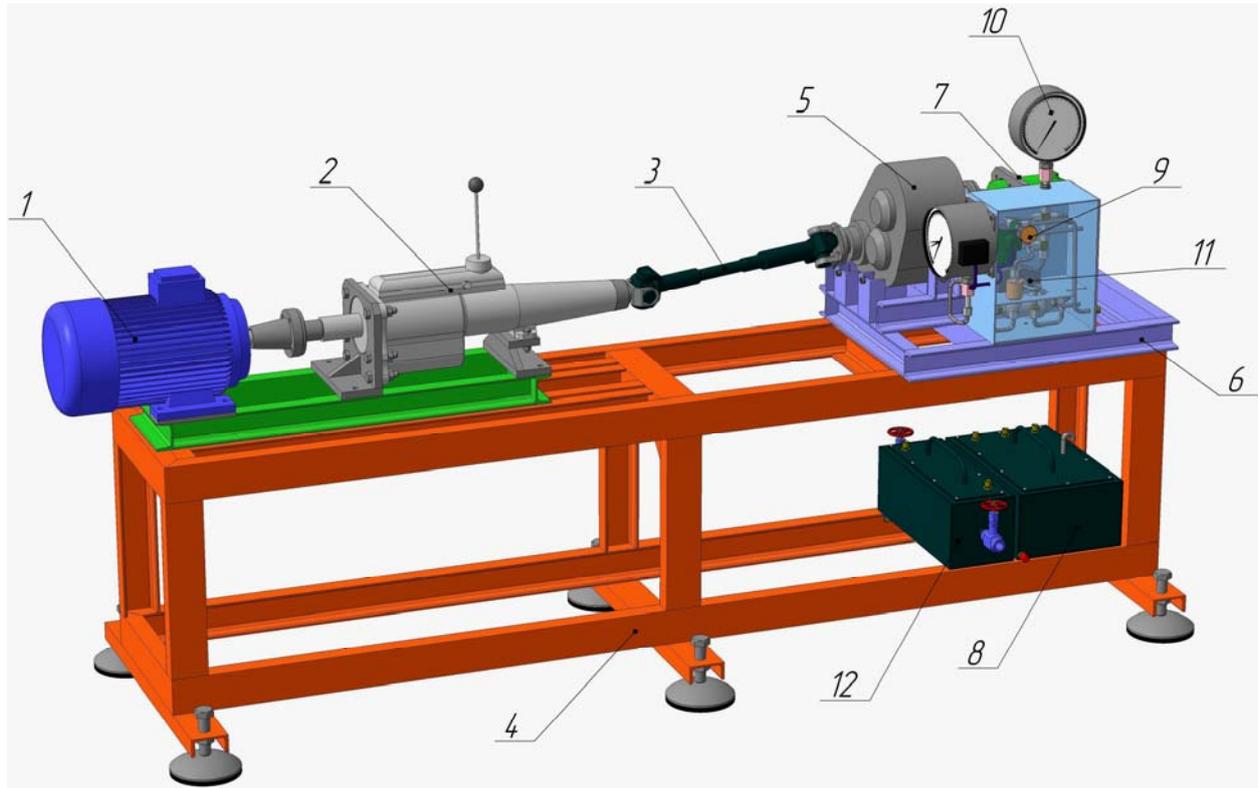


Рис. 4. Стенд для испытания карданных передач (шланги гидравлической системы не показаны)

Fig. 4. Testing bench for probation of the cardan drive (hosepipes of hydraulic system are not shown)

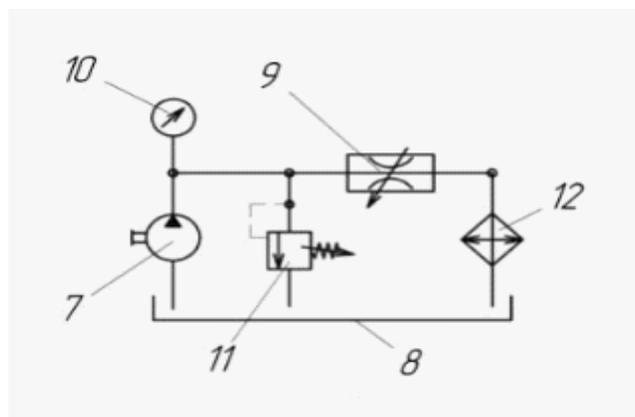


Рис. 5. Гидравлическая схема устройства нагружения

Fig. 5. Hydraulic system of lading facility

Заключение. Таким образом, на основе проведенного анализа известных стендов для испытания карданных передач были решены три задачи: испытания карданных передач в широком диапазоне нагрузок, сравнительные испытания шарниров различных типоразмеров; испытания карданных передач с повышенной точностью настройки угла излома карданной передачи и удобством эксплуатации; испытания карданных передач с исключением перегрева системы торможения, а также обеспечения плавности регулирования тормозного момента.

Предложены три варианта конструкций испытательных стендов. Конструкция первого предложенного стенда позволяет испытывать карданные передачи разных типоразмеров в широком диапазоне нагружающих моментов и скоростей вращения карданных передач [16]. Стенд [14] отличается простотой конструкции, большим диапазоном параметров нагружения и легкостью настройки благодаря наличию рычагов переключения передач на коробке переключения передач и раздаточном редукторе. Конструкция второго предложенного стенда позволяет испытывать карданные передачи разных типоразмеров в широком диапазоне нагружающих моментов, скоростей вращения и высокой точности настройки угла излома карданной передачи [17]. Стенд [13] отличается простотой конструкции, большим диапазоном параметров нагружения и легкостью настройки благодаря подвижной раме и нониусу, отградуированному в единицах угла излома карданной передачи. Конструкция третьего предложенного стенда позволяет проводить испытания карданных передач, исключая перегрев системы торможения благодаря охлаждению рабочей жидкости, а также повысить качество эксплуатации за счет обеспечения плавности регулирования тормозного момента [18]. Стенд [15] отличается простотой конструкции и системой настройки тормозного момента с помощью регулируемого дросселя и манометра давления рабочей жидкости, отградуированного в единицах тормозного момента.

Библиографические ссылки

1. Меновщиков В. А., Ереско С. П. Исследование и совершенствование игольчатых подшипников карданных передач транспортно-технологических машин / КрасГАУ. Красноярск, 2006. 283 с.
2. Кукушкин Е. В., Меновщиков В. А. Основные направления развития, улучшения и совершенствования рабочих характеристик карданных передач на игольчатых подшипниках // Решетневские чтения : материалы XVI Междунар. науч. конф. : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2012. С. 254–256.
3. Кукушкин Е. В., Меновщиков В. А., Ереско Т. Т. Анализ современных представлений и подходов при исследовании усталостных разрушений игольчатых подшипников // Решетневские чтения : материалы XVII Междунар. науч. конф. : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2013. С. 287–288.
4. Кукушкин Е. В., Меновщиков В. А. Малоцикловая усталость игольчатого подшипника // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. : в 2 т. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2013. С. 154–155.
5. Ереско Т. Т., Кукушкин Е. В., Меновщиков В. А. Современное состояние вопроса по исследованию пластического деформирования при статическом контактном нагружении игольчатых подшипников // Механика XXI века : материалы X Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Братск : БрГУ, 2014. С. 37–40.
6. Кукушкин Е. В., Меновщиков В. А., Ереско Т. Т. Вопросы формирования усталостных трещин в материалах игольчатых подшипников карданных шарниров // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : материалы X Всерос. науч.-практ. конф. : в 2 т. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2014. С. 148–150.
7. Малаховский Я. Э., Иванов Ю. Б. Автомобильные сцепления. Методы испытания автомобилей и его механизмов (НАМИ). М. : Машгиз, 1951. Вып. 1. С. 108.
8. Пат. 61371 Российская Федерация, МПК⁷ F 16 D 3/24 (2006.01). Стенд для испытаний карданных шарниров на игольчатых подшипниках / Меновщиков В. А., Ереско С. П., Полюшкин Н. Г. № 2006121298/22 ; заяв. 15.06.2006 ; опубл. 27.02.2007.
9. Пат. 2098788 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 M 13/02. Стенд для испытаний карданных передач / Сигаев А. М., Зданович Б. С. № 96107441 ; заяв. 16.04.1996 ; опубл. 10.12.1997.
10. Пат. 2129710 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 M 13/02. Стенд для испытания карданных передач / Сигаев А. М., Зданович Б. С. № 96103410/28 ; заяв. 21.02.1996 ; опубл. 27.04.1999.
11. А. с. 681344 СССР, МКИ³ G 01M 13/02. Стенд с замкнутым силовым контуром / К. Я. Львовский, В. З. Малаховский, Н. И. Комаров, К. К. Ивлиев. № 2476615/27-11 ; заявл. 14.04.77 ; опубл. 25.08.79. Бюл. № 31. 2 с.
12. А. с. 1569642 СССР, МКИ³ G 01M 13/02. Стенд для испытаний агрегатов трансмиссии транспортных средств / А. И. Смольяков, М. М. Савченко, А. Г. Чернышев, В. Е. Грузинов. № 4409083/25-11 ; заявл. 13.04.88 ; опубл. 07.06.90, Бюл. № 21. 2 с.
13. Пат. 153924 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 M 13/02 (2006.01). Стенд для испытаний карданных передач / Ереско С. П., Ереско Т. Т., Кукушкин Е. В., Меновщиков В. А. № 2014147821/28 ; заяв. 26.11.2014 ; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22. 2 с.
14. Пат. 149002 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 M 13/02 (2006.01). Стенд для испытаний карданных передач / Кукушкин Е. В., Меновщиков В. А., Ереско С. П., Ереско Т. Т. № 2014120845 ; заяв. 22.05.2014 ; опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35. 1 с.
15. Пат. 162876 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 M 13/02 (2006.01). Стенд для испытаний карданных передач / Ереско С. П., Ереско А. С., Ереско Т. Т., Ереско В. С., Кукушкин Е. В., Стручков А. В., Хоменко И. И. № 2015157365 ; заяв. 30.12.2015 ; опубл. 27.06.2016, Бюл. № 18. 2 с.

16. Кукушкин Е. В., Меновщиков В. А., Ереско Т. Т. Конструкция стенда для проведения испытаний карданных шарниров на игольчатых подшипниках // Решетневские чтения : материалы XIX Междунар. науч. конф. : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2015. С. 337–339.

17. Конструкция стенда для проведения испытаний карданных шарниров на игольчатых подшипниках в широком диапазоне размеров с изменением угла излома карданной передачи / Е. В. Кукушкин [и др.] // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2016. № 2. С. 58–73. DOI: 10.15593/24111678/2016.02.05.

18. Расчет гидравлической системы тормозного устройства стенда для испытания трансмиссий транспортно-технологических машин / А. С. Ереско [и др.] // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2016. № 4. С. 60–79. DOI: 10.15593/24111678/2016.04.06.

References

1. Menovshchikov V. A., Eresko S. P. *Issledovanie i sovershenstvovanie igol'chatykh podshipnikov kardannykh peredach transportno-tekhnologicheskikh mashin* [Study and improvement of needle bearing universal joint transmission of transport and technological machines]. Krasnoyarsk, KrasGAU Publ., 2006, 283 p.

2. Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A. [Main directions of development, improve and perfect the performance driveline on needle bearings]. *Materialy XVI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Reshetnevskie chteniya"* [Materials XVI Intern. Scientific. Conf "Reshetnev reading"]. Krasnoyarsk, 2012, P. 254–256 (In Russ.).

3. Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A., Eresko T. T. [The analysis of modern concepts and approaches in the study of fatigue failures of needle bearings]. *Materialy XVII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Reshetnevskie chteniya"* [Materials XVII Intern. Scientific. Conf "Reshetnev reading"]. Krasnoyarsk, 2013, P. 287–288 (In Russ.).

4. Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A. [Low Cycle Fatigue needle bearing]. *Materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики"* [Materials IX Intern. Scientific. Conf "Current issues of aviation and cosmonautics"]. Krasnoyarsk, 2013, P. 154–155 (In Russ.).

5. Eresko T. T., Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A. [Current status of the issue on the study of plastic deformation under static loading, the contact needle roller bearings]. *Materialy X Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Mekhaniki XXI veku"* [Materials X Russian international participation scientific conference "Mechanics of XXI century"]. Bratsk, Bratsk State University, 2014, P. 37–40 (In Russ.).

6. Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A., Eresko T. T. [Questions of formation of fatigue cracks in materials needle bearing universal joints]. *Materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики"* [Materials X Intern.

Scientific. Conf "Current issues of aviation and cosmonautics"]. Krasnoyarsk, 2014, P. 148–150 (In Russ.).

7. Malahovskij Ya. E., Ivavnov Y. B. [Motor-car coupling. Methods of test of cars and his mechanisms]. Moscow, Mashgiz Publ., No. 1, 1951, P. 108.

8. Menovshchikov V. A., Eresko S. P., Polyushkin N. G. *Stend dlya ispytaniy kardannykh sharnirov na igol'chatykh podshipnikakh*. [Stand for universal joints test on needle bearings]. Patent RF, no. 61371, 2007.

9. Sigaev A. M., Zdanovich B. S. *Stend dlya ispytaniya kardannykh peredach* [Stand for the tests of universal joint transmissions]. Patent RF, no. 2098788, 1997.

10. Sigaev A. M., Zdanovich B. S. *Stend dlya ispytaniya kardannykh peredach* [Stand for the tests of universal joint transmissions]. Patent RF, no. 2129710, 1999.

11. Lvovskii K. Y., Malahovskiy V. Z., Komarov N. I., Ivliev K. K. *Stend s zamknutym silovym konturom* [Stand with closed loop power]. Patent USSR, no 681344, 1977.

12. Smolakov A. I., Savchenko M. M., Chernishev A. G., Gruzinov V. E. *Stend dlya ispytaniy agregatov transmissii transportnykh sredstv* [Stand for the tests of aggregates of transmission of transport vehicles]. Patent USSR, no. 1569642, 1990.

13. Eresko S. P., Eresko T. T., Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A. *Stend dlya ispytaniya kardannykh peredach* [The test stand driveline]. Patent RF, no. 153924, 2015.

14. Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A., Eresko S. P., Eresko T. T. *Stend dlya ispytaniya kardannykh peredach* [The test stand driveline]. Patent RF, no. 149002, 2014.

15. Eresko S. P., Eresko A. S., Eresko T. T., Eresko V. S., Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A., Struchkov A. V., Khomenko I. I. *Stend dlya ispytaniya kardannykh peredach* [The test stand driveline]. Patent RF, no. 162876, 2016.

16. Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A., Eresko T. T. [Booth design for testing universal joints with needle bearings]. *Materialy XIX mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Reshetnevskie chteniya"* [Materials XV Intern. Scientific. Conf "Reshetnev reading"]. Krasnoyarsk, 2015, P. 337–339 (In Russ.).

17. Kukushkin E. V., Eresko S. P., Eresko T. T., Menovshchikov V. A., Orlov A. A. [Stand construction for testing the universal joint on needle bearings in wide range of sizes with the angle changing driveline]. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya*. 2016, No. 2, P. 58–73. DOI: 10.15593/24111678/2016.02.05 (In Russ.).

18. Eresko A. S., Eresko S. P., Eresko T. T., Kukushkin E. V., Menovshchikov V. A., Orlov A. A. [Calculation of the hydraulic system of brake device of stand for the test of transmissions of transport-technological machines]. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya*. 2016, No. 4, P. 60–79. DOI: 10.15593/24111678/2016.04.06 (In Russ.).