

УДК 531.3+534.83+5207.114.2+621.43

СТЕНД С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ЗАМКНИЕМ СИЛОВОГО КОНТУРА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Шеховцов В.В., Ходес И.В., Шевчук В.П., Соколов-Добрев Н.С., Шеховцов К.В.

*ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет»,
Волгоград, e-mail: shehovtsov@vstu.ru*

В статье описана конструкция стенда для ресурсных, контрольных, сравнительных и лабораторно-исследовательских испытаний силовых передач колесных и гусеничных тракторов в режиме переменных нагрузок. В конструкции созданного стенда гидравлические устройства используются и для формирования режима нагружения, и для замыкания силового контура. Гидрообъемные трансмиссии, замыкающие силовой контур, состоят из высокомоментных реверсивных аксиально-плунжерных насос-моторов с регулируемой производительностью. Используемая в стенде электрогидравлическая система управления обладает рядом таких достоинств, как высокое быстродействие, высокая удельная мощность, малая инерция подвижных частей при развитии больших усилий, возможность автоматизированного управления по электросигналу задающей программы, обеспечивает возможность воспроизведения на стенде сложных переменных во времени нагрузочных режимов. Важным достоинством системы нагружения стенда является возможность воспроизведения нагрузок с требуемым законом изменения во времени за счет подъема и сброса давления в напорных магистралях гидропередач.

Ключевые слова: стенд для испытания трансмиссий, гидрообъемное замыкание силового контура, электрогидравлическая система управления, нагрузочный режим

STAND WITH HYDRAULIC LOCKING OF POWER CIRCUIT FOR TEST OF POWERTRAINS OF WHEELED AND CATERPILLAR MACHINES

Shekhovtsov V.V., Hodes I.V., Shevchuk V.P., Sokolov-Dobrev N.S., Shekhovtsov K.V.

Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: shehovtsov@vstu.ru

This article describes design of testing stand for life, control, comparative and research tests of powertrains of wheeled and caterpillar tractors at pulsating load mode. In the design of created test hydraulic devices are used both for forming of loads mode and for power circuit locking. Hydrostatic transmissions locking power circuit consist of high-torque reversible axial-piston motor-pumps with adjustable performance. Electro-hydraulic control system used in the stand have some advantages: high speed, high power density, low inertia of moving parts at getting of high forces, possibility of automated control due electro signal of control program. Also this control system provides generation on stand of complex changing in time modes of loading. Important dignity of stand load system is possibility of generation of loadings with required time-depending law of change due rising and resetting of pressure in pressure line of hydraulic transmission.

Keywords: transmission testing, stand, powertrain, locked power circuit, vibrations, loading, test reliability

Создание и доводка конструкций новых тракторов сопровождаются большим объемом и разнообразием исследований и испытаний. Испытания занимают до 50–70% времени доводки конструкций. Особое место среди всех видов испытаний занимают испытания на стендах. В мировом автотракторостроении для испытаний силовых передач машин используются стенды, позволяющие реализовать тождественные эксплуатационным динамические режимы нагружения с сохранением их частотного состава. С учетом этих требований создан стенд с замыканием силового контура гидрообъемными передачами для проведения ускоренных ресурсных, контрольных, сравнительных и лабораторно-исследовательских испытаний силовых передач колесных и гусеничных тракторов в режиме переменных нагрузок [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Прогрессивной тенденцией мирового стендостроения является включение в конструкцию стенда гидравлических нагружаю-

щих устройств, управляемых от электрического сигнала по заданной программе [2, 3, 5]. В конструкции созданного стенда гидравлические устройства используются и для формирования режима нагружения, и для замыкания силового контура. Гидрокинематическая схема стенда приведена на рис. 1.

Привод стенда [1, 2, 3, 4, 5] осуществляется карданным валом через вал отбора мощности испытуемой гидродинамической или механической силовой передачи 1 электрической машиной 4 постоянного тока. В процессе испытаний передача энергии от выходных валов силовой передачи к входному валу (то есть замыкание силового контура) осуществляется гидроагрегатами. Силовой поток отдельно по каждому борту стенда замыкается регулируемыми гидрообъемными передачами, включающими в себя соединенные с испытуемой силовой передачей 1 через согласующие редукторы 2 гидронасосы 6, напорные 29 и сливные 30 магистрали которых зациклены и сообщены

с гидромоторами 5, связанными с входным валом испытуемой силовой передачи 1 через раздаточную коробку 3. При этом отпадает необходимость в длинных карданных валах и других громоздких механических устройствах, замыкающих контур.

Гидрообъемное замыкание силового контура обладает рядом достоинств по сравнению с другими способами замыкания [2, 3, 5]. Одним из этих достоинств является возможность воспроизведения в замыкаемом силовом контуре нагрузок с требуемым законом изменения во времени. Режим нагружения испытуемой силовой передачи реализуется за счет подъема и сброса по заданному закону давления в напорных магистралях гидропередач при помощи спе-

циальных электроуправляемых гидравлических исполнительных механизмов [2, 3]. За счет малой инерционности их рабочих органов реализуются процессы нагружения с частотами до 50 Гц.

Следующим достоинством является компактность и высокая удельная мощность гидроагрегатов, что позволяет на отдельных режимах форсировать воспроизводимые нагрузки по амплитуде в два и даже в три раза [1, 2, 4].

Гидрообъемные трансмиссии, замыкающие силовой контур, состоят из производимых по лицензии фирмы REXROT высокомоментных реверсивных аксиально-плунжерных насос-моторов РНАС 250/320 с регулируемой производительностью.

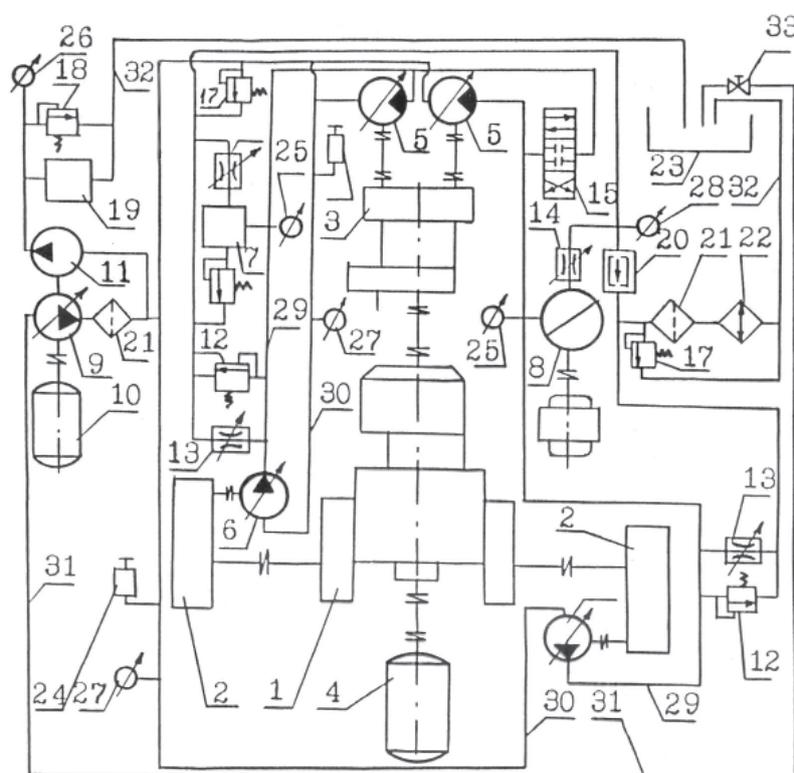


Рис. 1. Гидрокинематическая схема стенда с гидрозамкнутым силовым контуром:
 1 – испытуемая гидромеханическая силовая передача; 2 – согласующий редуктор РМ650;
 3 – раздаточная коробка; 4 – приводная балансирная машина КС56-4; 5 – нагружающий гидромотор; 6 – нагружающий гидронасос; 7 – электроуправляемый гидроклапан УЭГ.Г-80;
 8 – электроуправляемый гидропульсатор; 9 – насос подпитки; 10 – привод насоса подпитки;
 11 – насос системы управления; 12, 17 – предохранительный клапан Г 54-25; 13, 14 – регулируемый дроссель ПГ 55-24; 15 – гидрораспределитель; 16 – привод пульсатора; 18 – напорный золотник;
 19 – система управления давлением; 20 – гаситель гидроудара; 21 – фильтр; 22 – радиатор;
 23 – масляный бак; 24 – кран выпуска воздуха; 25, 26, 27, 28 – манометры; 29 – напорная магистраль; 30 – магистраль низкого давления; 31 – всасывающая магистраль подпиточного насоса; 32 – дренажная труба-коллектор; 33 – вентиль

Крутящий момент, создаваемый гидромотором за счет давления подаваемой к нему гидронасосом рабочей жидкости, прямо пропорционален величине этого

давления. Таким образом, нагрузка на деталях испытуемой силовой передачи пропорциональна давлению в напорной магистрали. Производительность насосов

и расход моторов регулируются бесступенчато от 0 до 350 л/мин, задаются оператором и автоматически поддерживаются следящим устройством насос-моторов во время работы [1, 2, 4].

Одной из важнейших составляющих частей испытательных стендов в связи с необходимостью воспроизведения на них режимов нагружения с сохранением вероятностных характеристик эксплуатационных режимов является система нагружения [3, 5]. Как показывает опыт отечественного и зарубежного стендостроения [3, 15], электрогидравлические системы, обладающие рядом несомненных достоинств (высокое быстродействие, высокая удельная мощность, малая инерция подвижных частей при развитии больших усилий, возможность автоматизированного управления по электросигналу задающей программы) наиболее полно отвечают требованиям к системам, способным воспроизводить сложные переменные во времени нагрузочные режимы. Подобная система нагружения использована в конструкции стенда.

Нагрузка на испытываемую на стенде силовую передачу пропорциональна давлению в напорных магистралях. Путем управления этим давлением формируется нагрузочный режим. Автоматическая система управления нагружением состоит из устройств, задающих закон нагружения, электронного усилителя и электрогидравлических исполнительных устройств [2, 4, 5, 13].

В случае, если необходимо воспроизвести режим нагружения со случайной повторяемостью во времени нагрузок с разными амплитудами и частотами, используется генератор случайного сигнала NRG-201 фирмы RFT. За счет подбора соответствующих фильтров он позволяет воспроизводить нагрузки по случайному закону с сохранением эксплуатационных статистических характеристик процесса – математического ожидания, среднеквадратического отклонения, спектральной плотности и дисперсии.

В качестве исполнительных механизмов, осуществляющих по сигналу управления изменение давления в напорных магистралях, использованы электроуправляемый гидроклапан УЭГ.Г–80 отечественного производства и специально изготовленный электроуправляемый гидропульсатор. Гидроклапан состоит из электрогидравлического блока и золотни-

кового блока с узлом обратной связи. Электрогидравлический блок включает в себя электромеханический преобразователь сигнала и конструктивно соединенный с ним гидравлический мост управления, выполненный на базе дифференциального элемента типа «сопло-заслонка». Гидроклапан по закону, задаваемому системой управления нагрузкой, осуществляет подъем и сброс давления в напорных магистралях. В соответствии с технической характеристикой, он обрабатывает сигналы с частотой до 40 Гц.

Параллельно с электрогидроклапаном УЭГ.Г–80 к напорным магистралям замыкающих силовой контур гидротрансмиссий подключен электрогидропульсатор (рис. 2) собственного производства. Он позволяет воспроизводить близкое к гармонической изменение нагрузки с частотами в диапазоне 0,5–26 Гц. Электрогидропульсатор состоит из ротора 1, в котором через 90° выполнены четыре радиальных отверстия А. По оси ротора также выполнено отверстие В, заглушенное с торца. Вал ротора выходит через отверстие крышки 4 пульсатора и через муфту соединяется с валом приводного электродвигателя постоянного тока. Частоту вращения вала электродвигателя в процессе работы стенда возможно изменять в пределах 0,5–13 Гц. При вращении ротора два раза за один оборот разобшасает и сообщает напорную магистраль со сливом, то есть может обеспечить частоту пульсаций до 26 Гц.

Конструкция пульсатора позволяет менять его пропускную способность (а тем самым осуществлять изменение давления в напорных магистралях) от нулевой до максимальной. Для изменения пропускной способности осуществляется осевое перемещение ротора 1 вместе с крышкой 5, при этом изменяется перекрытие отверстий А в роторе и радиального отверстия в корпусе 2, заканчивающегося выпускным штуцером 7.

На рис. 3 приведен пример участка осциллограммы записи процессов нагружения силовой передачи на стенде при возбуждении гидропульсатором колебаний с разными частотами [8, 9, 10, 11, 12, 14, 15]. Записи процессов на осциллограммах обозначены следующим образом: процесс изменения давления – буквой Р, момента – М, частоты вращения вала привода – цифрой 1, отметчика времени – цифрой 2, частоты вращения тензометрируемого вала – цифрой 3.

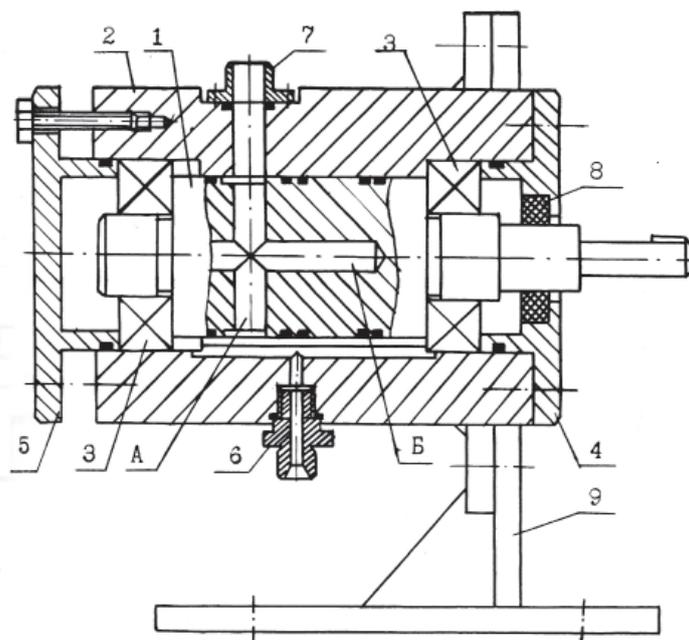


Рис. 2. Электроуправляемый гидропульсатор:

1 – ротор, 2 – корпус, 3 – подшипники, 4 – передняя крышка, 5 – задняя крышка, 6 – штуцер дренажа, 7 – подвод (отвод) давления, 8 – уплотнение вала, 9 – кронштейн крепления

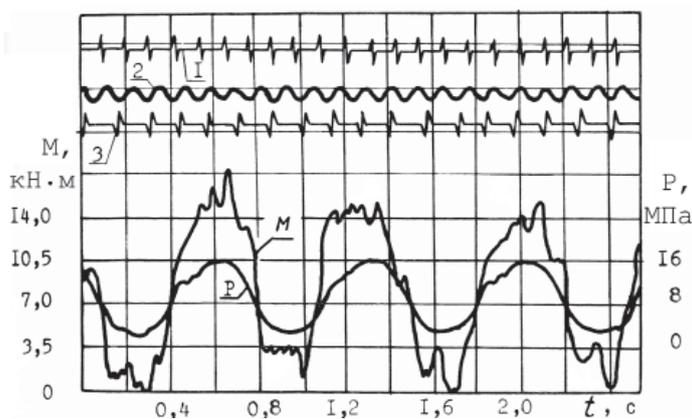


Рис. 3. Характер изменения нагрузок на валу конечной передачи трансмиссии при возбуждении колебаний с частотой 1,6 Гц

Как видно из осциллограммы, величины давления и крутящего момента имеют сходный характер изменения во времени. С подачей сигнала возбуждения с частотой 1,6 Гц давление в напорной магистрали за цикл нагружения изменяется от 2,8 до 16,7 МПа, момент – от 0 до 17,5 кН, то есть от нуля до значения, в 2,1 раза превышающего номинальный [1].

На осциллограмме видно, что, кроме задаваемых и обрабатываемых нагрузочной системой стенда нагрузок с частотой 1,6 Гц, записи процессов изменения нагружающего момента свидетельствуют о появлении в силовом контуре при таких воздействиях также иных колебаний нагрузок с более высокими частотами. Их амплиту-

ды и частоты определяются инерционными и упруго-демпфирующими свойствами элементов локальных колебательных контуров динамической системы стенда [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Анализ комплекта осциллограмм, полученных при возбуждении колебаний с разными частотами и амплитудами, с разным изменением нагрузок во времени [3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] позволил получить обширную информацию о дополнительной динамической нагруженности отдельных деталей и участков валопровода силовой передачи при ее работе на эксплуатационных режимах, во время которых она испытывает нагрузки с подобными амплитудами и частотами изменения, и выработать

рекомендации по корректировке упруго-демпфирующих параметров элементов силовой передачи для снижения этой нагруженности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходес И.В. Стендовое оборудование для испытания трансмиссий тракторов / И.В. Ходес, В.В. Шеховцов, Вл.П. Шевчук // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1988. – № 7. – С. 10–13.
2. Ходес И.В., Орешкин В.Н., Шеховцов В.В. и др. Стенд для динамических испытаний трансмиссий перспективных тракторов ВгТЗ в замкнутом силовом контуре // Повышение технического уровня зубчатых передач энергонасыщенных тракторов: Тез. докл. – Харьков, 1982. – С. 151–152.
3. Шеховцов В.В. Анализ и синтез динамических характеристик автотракторных силовых передач и средств для их испытания: монография. – Волгоград, изд-во РПК «Политехник», 2004. – 224 с.
4. Победин А.В., Тескер Е.И., Шевчук В.П., Котовсков А.В., Шеховцов В.В., Ляшенко М.В., Ходес И.В. Разработка конструкций, экспериментальные и расчетные исследования тягово-транспортных средств // Наука – производству. – 2000. – № 1. – С. 44–48.
5. Анализ и синтез динамических систем автотракторных силовых передач / В.В. Шеховцов; Волгогр. Гос. Техн. ун-т. – Волгоград, 2002. – 228 с.: ил. – Библиогр.: 432 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 08.07.02, № 1258-В2002.
6. А.с. 1422050 (СССР), МКИ G 01 M 13/02. Стенд для испытания ведущих мостов транспортных средств / И.В. Ходес, В.В. Шеховцов, А.А. Скопп; ВолгПИ. – № 4190611/31-11; Заявл. 04.02.87; Оpubл. 07.09.88; Бюл. № 33 // Открытия. Изобретения. – 1988. – № 33.
7. А.с. 1472786 (СССР), МКИ G 01 M 13/02. Стенд для испытания моторно-трансмиссионной установки транспортного средства / И.В. Ходес, В.В. Шеховцов, А.А. Скопп; ВолгПИ. – № 4211515/31-11; Заявл. 16.03.87; Оpubл. 15.04.89; Бюл. № 14 // Открытия. Изобретения. – 1989. – № 14.
8. Шеховцов В.В. Нагруженность силовых передач тягово-транспортных средств // Наземные транспортные системы: Межвуз. сб. науч. тр. – Волгоград: ВолгГТУ, 1999. – С. 60–65.
9. Шеховцов В.В., Шевчук В.П., Зленко С.В. и др. Распространение крутильных колебаний в валопроводе силовой передачи трактора ВТ-100 // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 8. – С. 10–12.
10. Шеховцов В.В. Некоторые особенности проведения крутильных колебаний валопроводом силовой передачи транспортного средства // Наземные транспортные системы: Межвуз. сб. науч. тр. – Волгоград: ВолгГТУ, 2000. – С. 23–26.
11. Шеховцов В.В. Влияние динамической связанности и параметров звеньев трансмиссии на передачу энергии крутильных колебаний // Известия вузов. Машиностроение. – 2002. – № 9. – С. 9–18.
12. Шеховцов, В.В. Влияние демпфирования на нагруженность участков силовой передачи трактора Т-5 «Дончак» на резонансных режимах // Техника машиностроения. – 2002. – № 4. – С. 107–113.
13. Шеховцов, В.В. Управление динамическими свойствами силовых передач стандов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – № 11. – С. 32–35.
14. Ходес И.В., Орешкин В.Н., Шеховцов В.В. Динамическая модель станда для испытания трансмиссий с гидрозамыканием силового контура // Перспективы развития конструкций промышленных тракторов на 1990–2000 годы: Тез. докл. – Челябинск, 1986. – С. 67–70.
15. Шеховцов В.В. Разработка динамической модели перспективного трактора ПО ВгТЗ: статья, депонир. в ЦНИИГЭИавтосельхозмаше, № 1491 – тс 92. – М., 1992.