

УДК 629.1.032.1

Кузьминский В.А., Жменько Р.В., Чучмарь И.Д., Зарянов В.А., Веретенников А.И.

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК КОЛЁСНОЙ БРОНЕТЕХНИКИ

Проводимые в КП ХКБМ им. А.А. Морозова работы по созданию опытных образцов бронемашин повышенной проходимости, а также мероприятия по модернизации силовых установок бронетранспортеров БТР-60, БТР-70 и БТР-80, потребовали проведения значительных по объему полевых и стендовых испытаний. Необходимость проведения стендовых испытаний обусловлена, прежде всего, их качественным превосходством над полевыми по оценке конструкций новых узлов силовых установок на соответствие стандартам и техническим требованиям по мощностным, теплотехническим, экономическим и экологическим показателям.

Актуальность проблемы

Отсутствие до последнего времени возможности определения вышеперечисленных показателей, которые по существующим нормативам получают в ходе стендовых испытаний при долговременной работе силовой установки на номинальных режимах внешней характеристики двигателя с соблюдением следующих необходимых условий:

- поддержания стабильной нагрузки, равномерного вращения валов двигателя и трансмиссии для проведения точных измерений;
- идентичность внешних факторов при возможном многократном повторении опытов.

Основная часть

Для определения в стационарных условиях основных параметров силовых установок бронетехники в КП ХКБМ существует стенд комплексных испытаний моторно-трансмиссионных отделений гусеничных машин [1]. С целью обеспечения испытаний колёсных бронемашин с несколькими ведущими мостами были изготовлены суммирующие редукторы, позволяющие осуществлять стендовыми нагружающими устройствами одновременное торможение выходных валов двух задних ведущих мостов БТР.

В новом виде схема сборки левого и правого нагружающих устройств представлена на рисунке 1, в состав каждого из них входят: карданные валы, суммирующий редуктор, соединительный вал, фрикцион, инерционный барабан и индукторный тормоз типа WS-1200 мощностью 1200 кВт (1600 л.с.).

Суммирующий редуктор представляет собой рядный редуктор с одним выходным и двумя входными валами, к которым через карданные валы и переходные детали передаются крутящие моменты со ступиц ведущих колёс. Исключение в данной схеме передачи мощности парой трения «резиновая крышка–дорожное покрытие» значительно упрощает нагружение силовой установки и не требует решать проблемы, связанные с имитацией дорожного полотна. Таким образом, увеличивается точность измерения мощности на выходных валах ведущих колёс, так как не нужно вводить в рассмотрение сложные математические модели по определению геометрии шин, коэффициентов проскальзывания и сцепления. В индукторном тормозе происходит двойное преобразование энергии: подводимый к ротору крутящий момент тормозится магнитным полем, энергия которого преобразуется в вихревые токи, нагревающие статор. Для

отвода тепла статор охлаждается водой. Инерционный барабан имитирует массу испытуемого изделия, требуемый момент инерции обеспечивается соответствующим набором из 12-ти дисков. Фрикцион служит для предохранения механизмов испытуемого изделия от поломок путём быстрого отключения вращающихся масс инерционного барабана и ротора тормоза.

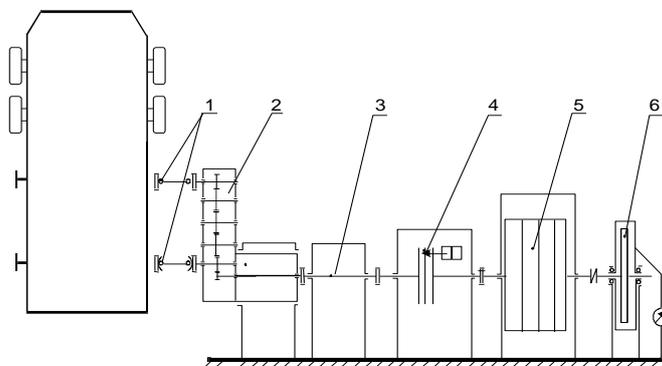


Рисунок 1 – Схема сборки нагружающего устройства для испытаний колёсных БТР (на один борт)

1 – карданные валы; 2 – суммирующий редуктор; 3 – соединительный вал; 4 – фрикцион; 5 – инерционный барабан; 6 – индукторный тормоз

С целью согласования реальных значений моментов и угловых скоростей на ведущих колёсах современных колёсных машин с рабочими параметрами индукторных тормозов WS-1200 передаточное отношения суммирующего редуктора $i = 2$ подобрано таким образом, что полученные характеристики нагружающих устройств (рис. 2) по скоростным, тяговым и инерционным показателям позволяют проводить испытания с достаточно точной имитацией сопротивления движению при различных дорожных условиях. Так например, при радиусе колёс $R = 0,3$ м оба нагружающих устройства могут обеспечить проведение испытаний в диапазоне скоростей движения от 6 км/ч до 136 км/ч и силе тяги от 11500 кгс в начале и до 3900 кгс в конце скоростного диапазона; при $R = 0,5$ м диапазон скоростей составляет 9...226 км/ч, а значения силы тяги изменяются от 6880 кгс до 2320 кгс в соответствии с характеристикой нагружающего устройства.

Приведенный к ступицам ведущих колес момент инерции $I_{\text{н}}у$ вращающихся деталей левого и правого нагружающих устройств без установленных дисков инерционных барабанов при радиусе колёс $R = 0,3$ м эквивалентен массе машины $m = 3,9$ т, а при радиусе $R = 0,5$ м – массе машины 1,4 т в соответствии с формулой [2]:

$$m = \frac{i^2 \cdot I_{\text{т}} \cdot g}{R^2}, \text{ т}$$

Со всеми установленными дисками инерционных барабанов $I_{\text{н}}у$ соответствует массе $m = 14,4$ т при $R = 0,3$ м и $m = 5,2$ т при $R = 0,5$ м, что находится в приемлемом весовом диапазоне для испытаний колесных машин.

В процессе проведения испытаний контроль над режимами работы испытуемого изделия осуществляется с помощью информационно-измерительного комплекса ТН800, состоящего из двух персональных компьютеров, блока согласования крейтового типа на 96 измерительных каналов (с возможностью расширения до 256) и двух принтеров. Данный комплекс позволяет в режиме реального времени с частотой от 1 до

100 Гц производить прием и обработку с точностью до 0,5 % сигналов, поступающих от установленных на испытуемом изделии датчиков. С помощью специального программного обеспечения производится графическое отображение информации на мониторе, а также печать протокола испытаний на принтере и сохранение в файле на жёстком диске компьютера.

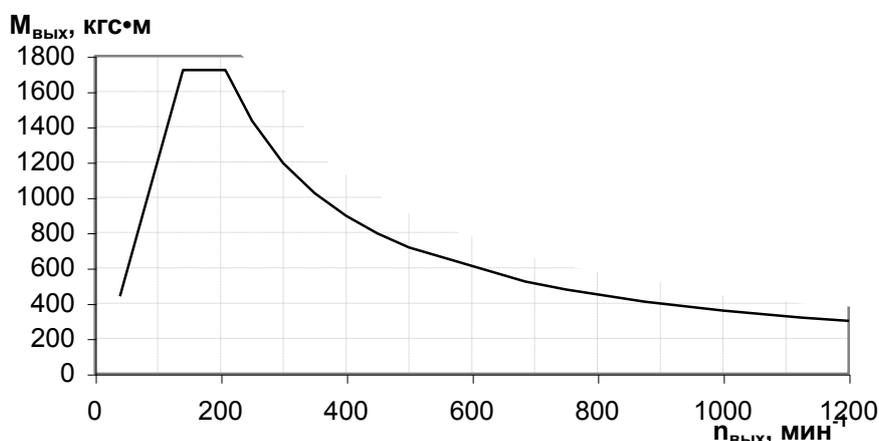


Рисунок 2 – Характеристика нагружающего устройства стенда (на один борт)

Оборудование, измерительная и управляющая аппаратура стенда позволяют проводить испытания в условиях, достаточно близких к реальным условиям работы двигателя, трансмиссии и их систем, а так же обеспечивают повторяемость этих условий при сравнительных испытаниях. В стендовом боксе предусмотрена возможность подачи на воздухозаборники силовой установки воздуха с регулируемой температурой от +20 до +55 °С, что позволяет проводить отработку систем охлаждения для стран с жарким климатом.

К основным видам испытаний, проводимых на стенде, относятся:

- определение мощности на выходных валах испытуемого изделия и параметров силовой установки на разных передачах при работе двигателя на внешней или частичных характеристиках;
- оценка эффективности систем охлаждения;
- измерение теплонапряженности узлов и механизмов внутри силовых установок и тепловыделений наружных поверхностей;
- определение дымности и токсичности выпускных газов при различных степенях нагружения двигателя;
- ресурсные испытания силовой установки, имитирующие движение изделия по среднепересеченной местности при повышенных (до +55 °С) температурах окружающего воздуха [3].

Определение мощности на выходных валах при работе силовых установок под нагрузкой производится на режимах, характеризующихся устойчивым равномерным вращением валов нагружающих устройств, по следующей формуле:

$$N_{\text{âîð}} = \frac{n_{\text{ê}} \cdot (M_{\text{ê}} + \Delta M_{\text{ê}}) + n_{\text{îð}} \cdot (M_{\text{îð}} + \Delta M_{\text{îð}})}{716,2}, \text{ л.с.}$$

где $n_{л}$ и $n_{пр}$ – частоты вращения левого и правого тормозов (мин^{-1}); $M_{л}$ и $M_{пр}$ – тормозные моменты левого и правого тормозов ($\text{кгс}\cdot\text{м}$); $\Delta M_{л}$ и $\Delta M_{пр}$ – потери на трение в левом и правом нагружающих устройствах ($\text{кгс}\cdot\text{м}$), определённые практическим путём на стендах КП ХКБМ.

На стенде по представленной выше схеме были проведены нагрузочные испытания силовых установок разработанных в КП ХКБМ четырёхосного бронетранспортёра массой 16 т и двухосного бронеавтомобиля массой 6,5 т.

Нагружение силовой установки бронетранспортёра, состоящей из дизеля мощностью 220 кВт (300 л.с.) и ступенчатой трансмиссии, производилось через два задних моста (рис. 3), при этом два передних моста были отключены.

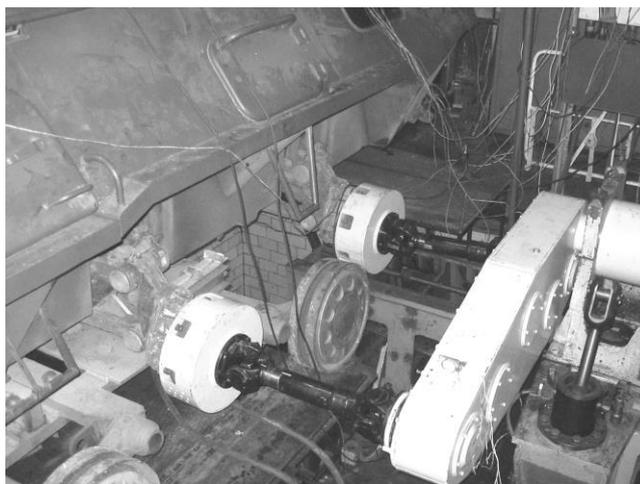


Рисунок 3 – Подключение суммирующего редуктора к ступицам колёс задних мостов бронетранспортёра с помощью карданных валов и переходников

В ходе проведенных испытаний при работе на внешней характеристике двигателя в диапазоне частот вращения коленвала $1600 \dots 2600 \text{ мин}^{-1}$ на 4-ой и 5-ой передачах были получены мощностные характеристики и основные параметры силовой установки бронетранспортёра, представленные на рисунке 4. Как видно из рисунка, измеренные значения мощности на ведущих колёсах $N_{вк}$ свидетельствуют об увеличении механических потерь с увеличением частоты вращения валов в трансмиссии. Вследствие этого на 5-ой передаче наибольшее значение мощности на ведущих колёсах находится в точке 2300 мин^{-1} , а не в точке максимальной мощности двигателя 2600 мин^{-1} .

Силовая установка бронеавтомобиля состоит из ступенчатой коробки передач и дизеля мощностью 89,7 кВт (122 л.с.) Из-за большого расстояния между осями заднего и переднего мостов съём мощности на обоих бортах производился со ступицы колеса заднего моста через кардан к одному из валов суммирующего редуктора (рис. 5).

На рисунке 6 представлены результаты измерений параметров силовой установки бронеавтомобиля на режиме максимальной мощности двигателя, полученные с помощью измерительного комплекса ТН800. Периодическое увеличение и уменьшение температуры охлаждающей жидкости $T_{ож}$ отображает работу системы охлаждения с автоматическим включением и выключением вентилятора. В момент его включения на выходных валах наблюдается скачкообразное снижение мощности $N_{вк}$, соответствующее потреблению вентилятора.

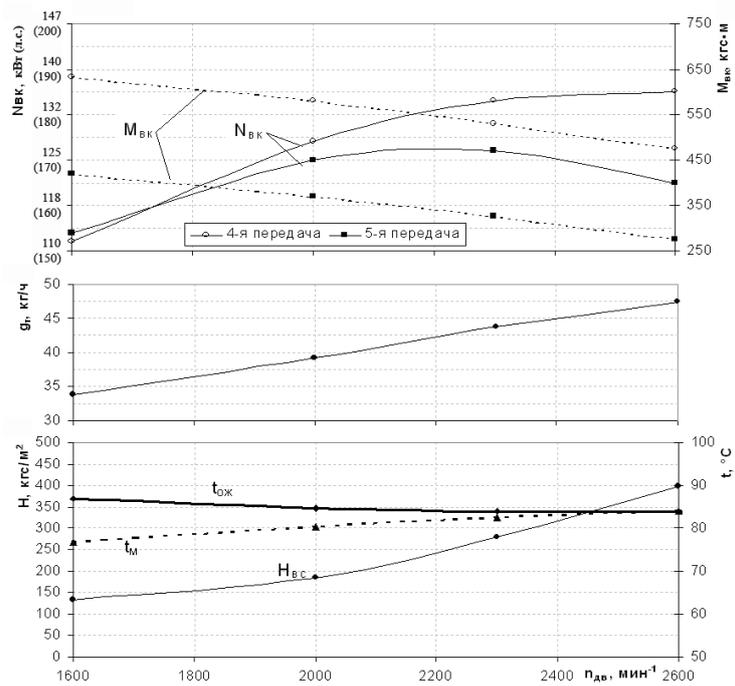


Рисунок 4 – Характеристики силовой установки бронетранспортера



Рисунок 5 – Подключение входного вала суммирующего редуктора к ступице заднего колеса броневедомого

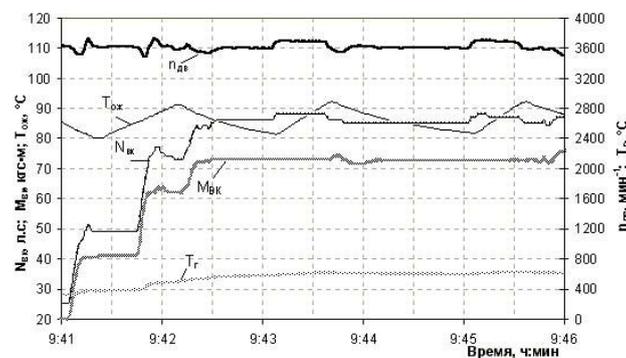


Рисунок 6 – Изменение параметров силовой установки броневедомого при работе на 4-й передаче

Приведенные результаты исследований силовых установок колёсных бронемашин демонстрируют достаточную эффективность стендовых испытаний и позволяют сократить объёмы полевых испытаний по оценке основных технических характеристик изделий

Выводы

Созданный в КП ХКБМ им. А.А. Морзова стенд для испытаний колесных машин массой от 1,4 т позволяет проводить исследования силовых установок на различных режимах работы двигателя и трансмиссии методом одновременного нагружения ступиц колёс одного или двух ведущих мостов.

Проведенные испытания разработанных в конструкторском бюро бронемашин подтвердили работоспособность новой схемы сборки нагружающих устройств с суммирующими редукторами.

Скоростные и тяговые характеристики устройств стенда так же позволяют проводить испытания двух- и трёхосных грузовых автомобилей, автобусов и колесных вездеходов военного и гражданского назначений.

Литература

1. Климов В.Ф., Кузьминский В.А., Жменько Р.В., Кудреватых Д.Н. «Расширение технических характеристик комплексного стенда для испытаний моторно-трансмиссионных отделений изделий БТТ». Вісник НТУ «ХП». Збірка наукових праць. Тематичний випуск «Автомобіле- та тракторобудування». –Харків: НТУ «ХП», –2003,– №4, с. 157–161.

2. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. М., «Машиностроение», 1975 г.

3. Климов В.Ф., Пойда А.Н., Ярмак Н.С., Кузьминский В.А., Белов В.К., Жменько Р.В. «Влияние температуры воздуха на мощностные характеристики силовой установки танка Т-80УД». Механіка та машинобудування – 2000, №2, с. 113–117.

УДК 629.1.032.1

Кузьмінський В.А., Жменько Р.В., Чучмар І.Д., Зарянов В.А., Веретенников О.І.

СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ СИЛОВИХ УСТАНОВОК КОЛІСНОЇ БРОНЕТЕХНІКИ

У статті описано розроблений і виготовлений стенд для випробувань колісних машин масою від 1,4 т, який дозволяє проводити дослідження їх силових установок на різних режимах роботи двигуна та трансмісії методом одночасного навантаження ступиць коліс одного або двох ведучих мостів, а також надані результати досліджень двох бронемашин.