

Разработка маховика с переменным моментом инерции для наземного транспорта

А.А. Козеев, к.т.н., **М.М. Разяпов**, к.т.н., **И.Х. Масалимов**, к.т.н., **М.З. Нафиков**, д.т.н., **М.М. Ямалетдинов**, к.т.н., ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

Наземный транспорт в современном мире в большинстве случаев используется для выполнения перевозки грузов. С увеличением транспортного потока режим работы двигателя транспортных средств переходит в неустановившийся, который характеризуется частым изменением частоты вращения коленчатого вала и передаваемого крутящего момента. Это в свою очередь способствует возникновению динамических нагрузок в двигателе и в трансмиссии, приводит к ухудшению тягово-скоростных свойств и топливной экономичности [1–4].

В связи с этим появляется необходимость разработки маховика с переменным моментом инерции, который помогает двигателю преодолевать дополнительные нагрузки, что приводит к улучшению тягово-скоростных свойств.

При запуске двигателя подвижные элементы будут располагаться на минимальном радиусе за счёт упругости пружины и электромагнитов, тем самым облегчая пуск, снижая нагрузку на коленчатый вал и стартер. При увеличении угловой скорости коленчатого вала установленные подпружиненные подвижные элементы от возникающих центробежных сил будут стремиться к наибольшему радиусу, создавая в результате дополнительный момент инерции. Это необходимо при перегрузках двигателя для преодоления дополнительных сил сопротивления, при этом будет использоваться кинетическая энергия подпружиненных подвижных элементов [5–10].

Целью данной работы является проведение экспериментальных исследований и разработка маховика с переменным моментом инерции.

Материал и методы исследования. Основным параметром маховика является момент инерции. Для проведения лабораторных исследований по определению момента инерции и оценки влияния расположения подвижных элементов на маховике используется лабораторный стенд трёхнитового подвеса, предложенный нами.

Принцип данной методики состоит в том, что испытуемая вращающаяся деталь наземного транспорта устанавливается на трёхнитовом подвесе, а затем определяется период её свободных колебаний относительно оси вращения (рис. 1).

Испытания проводились на маховике автомобиля ГАЗ-3307 (рис. 2), дополненного диском с перемещаемыми грузами.

Диск с грузами выполнен из круга перфорированной сетки, идентичный по размерам маховика автомобиля ГАЗ-3307. В качестве перемещаемого груза использован шестигранник. Для удобства перемещения грузов были вырезаны продольные направляющие. Диапазон изменения радиуса расположения груза составил 65–110 мм.

В итоге мы получили установку для проведения испытаний по замеру момента инерции (рис. 3).

Испытания и расчёты проводили по известной методике:

$$M_i = \frac{8,444a^2t^2m_dg \cdot 10^{-3}}{L}, \quad (1)$$

где a – расстояние между нитями подвеса, 0,16 м;

t – время колебаний, с;

m_d – масса детали в сборе с установкой, 29,75 кг;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

L – длина нити подвеса, 3,2 м.

Были получены результаты:

1) без использования грузов:

$$M_i = \frac{8,444 \cdot 0,16^2 \cdot 4,959^2 \cdot 27,85 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}}{3,2} = 0,4538 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

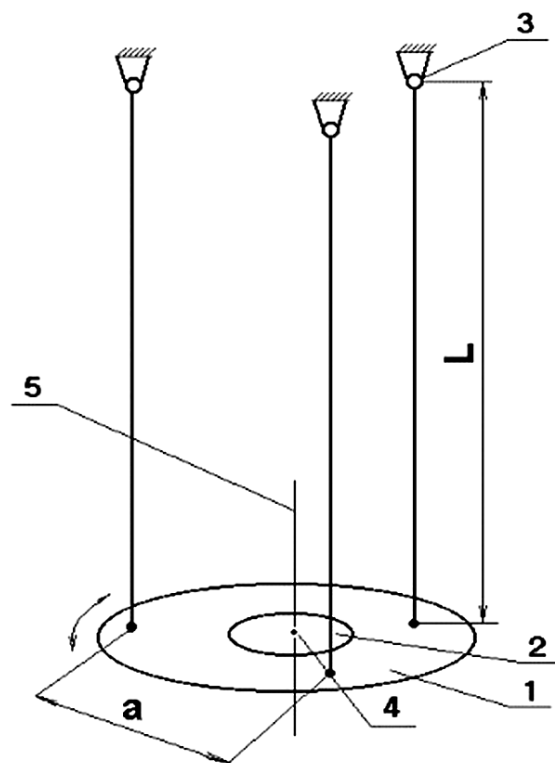


Рис. 1 – Схема трёхнитового подвеса:
1 – металлический диск, 2 – нить подвеса, 3 – крепление нити, 4 – отверстие крепления детали, 5 – ось вращения (ось угловых колебаний)

2) минимальный радиус расположения грузов 60 мм:

$$M_i = \frac{8,444 \cdot 0,16^2 \cdot 4,887^2 \cdot 29,85 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}}{3,2} = 0,4724 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

3) радиус расположения грузов 110 мм:

$$M_i = \frac{8,444 \cdot 0,16^2 \cdot 4,929^2 \cdot 29,85 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}}{3,2} = 0,4806 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

4) максимальный радиус расположения грузов 145 мм:

$$M_i = \frac{8,444 \cdot 0,16^2 \cdot 5,205^2 \cdot 29,85 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}}{3,2} = 0,5359 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Результаты исследования. Проведённые расчёты позволили построить график зависимости коэффициента учёта вращающихся масс от радиуса расположения грузов относительно оси вращения (рис. 4).

По полученным расчётам и приведённому графику можно сделать вывод о нелинейной зави-

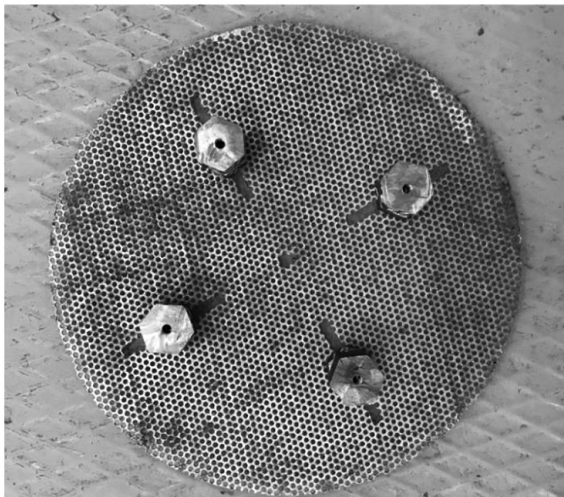
симости коэффициента учёта вращающихся масс от радиуса расположения груза. При наименьшем расположении грузов происходит уменьшение момента инерции, что в свою очередь облегчает запуск двигателя. По мере увеличения радиуса расположения грузов увеличивается момент инерции и коэффициент учёта вращающихся масс. Данное явление положительно повлияет на работу двигателя при работе с перепадами нагрузок, так как дополнительный запас момента инерции поможет их преодолеть.

Проделанные испытания дали возможность разработки маховика с переменным моментом инерции (рис. 5).

Маховик с переменным моментом инерции работает следующим образом. При раскручивании коленчатого вала установленные подпружиненные подвижные элементы от возникающих центробежных сил будут стремиться к наибольшему радиусу, тем самым создавая дополнительный момент инерции. Данное явление необходимо при перегрузках двигателя, для преодоления которых будет использоваться момент инерции подпружиненных подвижных



А



Б

Рис. 2 – Предложенная конструкция маховика: А – маховик; Б – диск с грузами



Рис. 3 – Маховик с переменным моментом инерции (грузы расположены на минимальном радиусе)

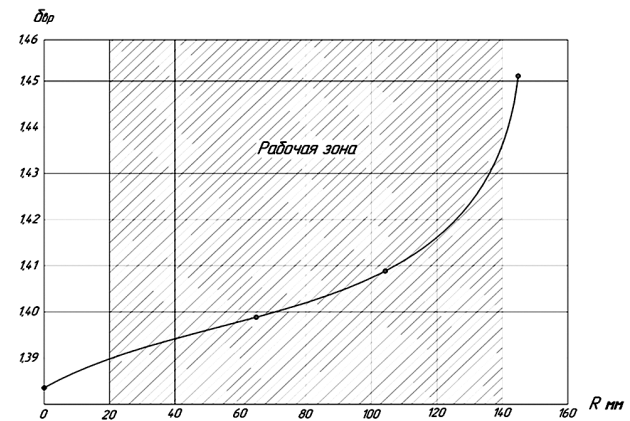


Рис. 4 – График зависимости коэффициента учёта вращающихся масс от изменения радиуса расположения грузов

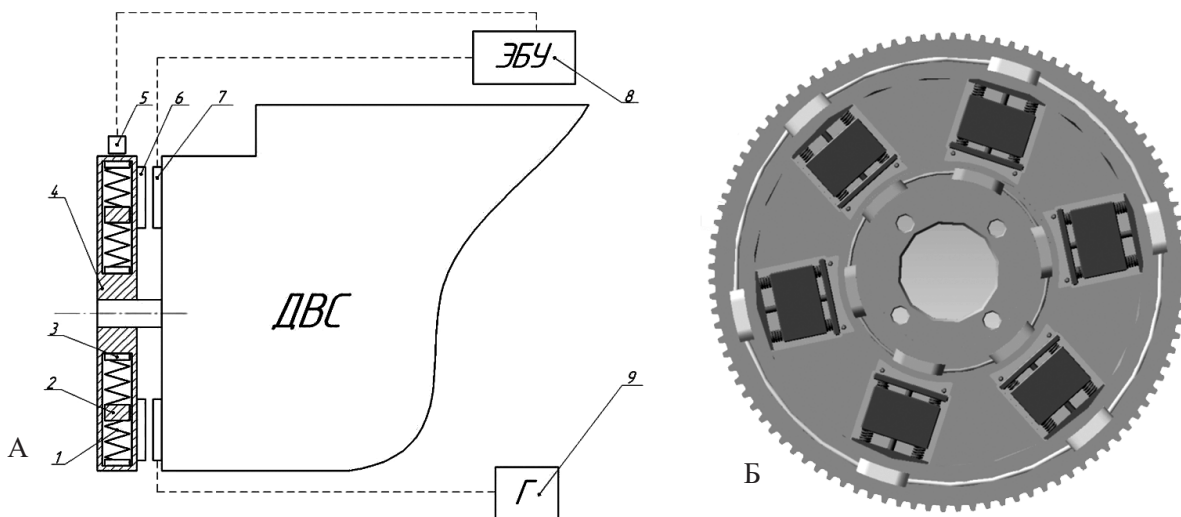


Рис. 5 – Маховик с переменным моментом инерции: А – принципиальная схема, Б – 3D-модель; 1 – пружины; 2 – подпружиненные подвижные элементы; 3 – электромагниты; 4 – корпус маховика; 5 – датчик скорости; 6 – обмотка приемник; 7 – обмотка передатчик; 8 – электронный блок управления; 9 – генератор

элементов. При запуске двигателя подвижные элементы будут располагаться на минимальном радиусе за счёт упругости пружины и электромагнитов, тем самым облегчая пуск, снижая нагрузку на коленчатый вал и стартер. При работающем двигателе возможно изменение положения подвижных элементов. Электронный блок управления посредством датчика оборотов коленчатого вала будет определять, в какой момент необходимо изменение момента инерции, тем самым перемещать подпружиненные элементы за счёт воздействия магнитного поля, образующегося от обмотки передатчика и обмотки приемника. Технология основана на магнетизме и электромагнетизме и базируется на ряде простых принципов работы.

Вывод. Проведённые испытания позволили модернизировать существующие маховики наземного транспорта с установкой дополнительных подпружиненных грузов с возможностью изменения их расположения относительно оси вращения. Данные изменения позволили улучшить тягово-скоростные свойства и топливную экономичность автомобиля или трактора.

Литература

1. Габитов И.И., Неговора А.В. Передовые технологии технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры дизелей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (35). С. 40–44.
2. Неговора А.В., Байрамов Р.А. Совершенствование системы предпусковой подготовки автотракторных дизелей в условиях низких температур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 5. С. 49–50.
3. Модуль для поэлементного диагностирования топливоподающей системы дизелей / А.В. Неговора, А.А. Козеев, М.М. Габдрахимов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 3. С. 13–14.
4. Неговора А.В., Низамутдинов А.И., Хакимов Р.Т. Специализированное устройство для исследования закона подачи топлива в системах питания дизелей // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 3 (29). С. 11–13.
5. Неговора А.В., Махиянов У.А., Ахметов А.Ф. Совершенствование способов диагностирования топливоподающих систем дизелей с электронным управлением // Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Т. 1. № 14. С. 260–265.
6. Габитов И.И., Неговора А.В. Обеспечение работоспособности топливоподающих систем дизелей путем индивидуальной корректировки базовых характеристик управления топливоподачей // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 4. С. 84–88.
7. Нигматуллин Ш.Ф., Габдрахимов М.М., Валиев М.М. Диагностирование насоса топливной системы Common Rail на основе параметрической идентификации колебаний давления в аккумуляторе // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2011. № 4. С. 64–66.
8. Нигматуллин Ш.Ф., Габдрахимов М.М. Стенд для испытания компонентов топливных систем типа Common Rail // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. № 17. С. 200–202.
9. Карачурин Б.Ш., Нигматуллин Ш.Ф., Костарев К.В. Модернизация стенда втс-101 по проверке форсунок топливоподающих систем типа Common Rail // Инженерное обеспечение в АПК: научный сборник / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство образования Республики Башкортостан, Башкирский государственный аграрный университет, механический факультет. Уфа, 2015. С. 58–62.
10. Нигматуллин Ш.Ф., Костарев К.В., Карачурин Б.Ш. Исследование влияния температуры технологической жидкости на цикловую подачу электрогидроуправляемой форсунки // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (35). С. 69–71.