

Работа предложенного механизма газораспределения позволяет в широком диапазоне управлять как зоной закрытия впускного клапана, так и одновременным открытием клапанов в цилиндрах, а так же режимом работы выпускного клапана. Бесступенчатым переходом (в зависимости от числа оборотов двигателя) и изменением тягового режима двигателя (когда клапан открывается позже) практически не изменяется точка полного его открытия при высоких оборотах. Регулировка выпускного клапана присуща только этому механизму, который может устанавливаться на двигатели различных производителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. СССР № 1627742, кл. F 02 D 13/02, опубл. 15.02.91. Бюл. № 6. 2. А.с. СССР № 1634809, кл. F 01 L 1/34, опубл. 15.03.91. Бюл. № 10. 3. А.с. СССР № 1592527, кл. F 01 L 1/00, опубл. 15.09.90. Бюл. № 34

УДК 629.113.65

Пирч А.И., Астахов Э.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ С МАХОВИЧНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В наше время активно ведется поиск альтернативных источников энергии для автомобильной техники. Причин этому несколько. Это и исчерпывающиеся запасы нефти (по прогнозам экспертов разведанных запасов нефти хватит на ближайшие 50 – 70 лет), и вред, приносимый экологии выхлопными газами. Уже созданы силовые агрегаты, способные в будущем составить конкуренцию ДВС: на автомобильной технике устанавливаются электрические и конденсаторные двигатели, двигатели на водородном топливе и на топливных элементах, а также всевозможные их комбинации – так называемые гибридные силовые агрегаты. Все они, без сомнения, перспективны, однако не полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к автомобилям будущего. На наш взгляд, отдельного внимания заслуживает еще один вид накопителей энергии, практически забытый сегодня, – инерционный.

Известны успешные попытки использования инерционных накопителей энергии на военной технике. Так, в середине прошлого века были созданы маховичный миниавтомобиль Д. В. Робенхорста (США), гиробус фирмы “Эрликон” (Швейцария), гиротроллейбус фирмы “Локхид” (США) [1]. Однако все они являлись гибридами, т. е. наряду с маховичным накопителем энергии использовался дополнительный двигатель. В данной работе мы исследуем возможность использования маховика, или супермаховика в качестве основного источника энергии для движения легкового автомобиля в городских условиях.

Предполагается, что такие автомобили будут “заряжаться” от мощных стационарных источников, способных за небольшой промежуток времени раскрутить маховик до необходимых оборотов (так, для полной раскрутки маховика швейцарского гиробуса требовалось несколько минут). Такие стационарные источники могут работать на любом доступном топливе, практически не отравляя атмосферу.

В данной статье мы хотим показать, что маховики, используемые в качестве автомобильного двигателя, не только не уступают двигателям внутреннего сгорания по энергетическим и массо-габаритным характеристикам (что является необходимым условием их использования на транспорте), но и обладают огромными потенциальными возможностями. Пере-

числим некоторые из них: маховик способен выделять огромную удельную мощность, а средняя зарядка может быть сколь угодно мал; накапливается и выделяется именно механическая энергия вращения (не происходит преобразование ее в иные виды энергии), что существенно увеличивает КПД; срок консервации достаточно велик – более месяца; возможность рекуперации энергии, рассеиваемой в тормозах; маховик чрезвычайно долговечен и полностью экологически безопасен; способен стабилизировать корпус кузова, а также обладает массой и другими специфическими преимуществами.

Долгое время такие недостатки быстровращающихся маховиков, как низкая удельная энергоемкость и опасность разрыва, тормозили их применение. Современное же развитие науки и техники подготовило хорошую почву для радикального увеличения полезных свойств маховика, ставшего вполне конкурентоспособным с другими энергоаккумуляторами по ряду показателей и существенно превышающих их.

Определим параметры, которые будут использоваться в расчете: 1. масса автомобиля (с маховиком): $m = 1220$ кг; 2. скорость движения (для использования в городе): $v = 60$ км/ч; 3. расстояние, преодолеваемое при полной зарядке маховика: $L=100$ км; 4. количество остановок: $n=20$; 5. габаритные размеры: длина $L_a = 4,4$ м, ширина $B = 1,6$ м, высота $H = 1,4$ м; 6. радиус колес: $r = 0,31$ м; 7. плотность стеклопластика: $\rho = 2600$ кг/м³; 8. допустимые напряжения стеклопластика: $\sigma = 5 \cdot 10^5$ кН/м² [2]; 9. дорожный просвет: $h=0,31$ м.

Для определения энергоемкости маховика в первую очередь надо знать энергию, необходимую для движения автомобиля. Для этого определим силы сопротивления.

1. Сила сопротивления дороги.

$$F_f = G_a \cdot f = 11968 \cdot 0,01 = 119,68 \approx 120 \text{ Н},$$

где F_f – сила сопротивления качению колес,

$$G_a = m \cdot g = 1220 \cdot 9,81 = 11968 \text{ Н} – \text{вес автомобиля},$$

$f = f_0 \cdot \left[1 + (0,006 \cdot v)^2\right] = 0,009 \cdot \left[1 + (0,006 \cdot 60)^2\right] = 0,01$ – коэффициент сопротивления качению, где $f_0 = 0,009$ – коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля малой скоростью.

2. Сила сопротивления воздуха.

$$F_B = k_B \cdot A_B \cdot v^2 = 0,25 \cdot 2,54 \cdot 16,67^2 = 176,5 \approx 177 \text{ Н},$$

где $k_B = 0,25 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$ – коэффициент сопротивления воздуха,

A_B – лобовая площадь автомобиля, которая вычисляется по формуле:

$$A_B = C \cdot \left[(H - h) \cdot B \right] + n_k \cdot h \cdot B = 0,89 \cdot \left[(1,4 - 0,31) \cdot 1,6 \right] + 2 \cdot 0,31 \cdot 1,6 = 2,54 \text{ м}^2,$$

где $C=0,89$ – коэффициент формы для легковых автомобилей,

$H=1,4$ м – габаритная высота,

$B=1,6$ м – габаритная ширина,

$h=0,31$ м – расстояние от бампера до поверхности дороги,

$n_k=2$ – максимальное число колес одного моста автомобиля,

$v = 16,67$ м/с – скорость автомобиля,

3. Энергия, необходимая для преодоления $L=100$ км.

Энергия, необходимая для движения на расстояние $L=100$ км с $n=20$ остановками определяется выражением:

$$T_{дв} = T_{100} + T_{20} = 30 + 3,4 = 33,4 \text{ МДж},$$

где $T_{100} = (F_f + F_B) \cdot 10^5 = (120 + 177) \cdot 10^5 \approx 30 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 30 \text{ МДж}$ – энергия, необходимая для равномерного движения с крейсерской скоростью на расстояние 100 км,

$$T_{20} = 20 \cdot \frac{m \cdot v^2}{2} = 20 \cdot \frac{1220 \cdot 16,67^2}{2} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 3,4 \text{ МДж} - \text{энергия, необходимая для}$$

20 троганий с места,

С учетом потерь в трансмиссии, а также принимая во внимание то, что полезно может использоваться только около 70% энергии маховика, получим полную энергию, необходимую для движения:

$$T = \frac{T_{\text{дв}}}{\eta_{\text{тр}} \cdot 0,7} = \frac{33,4}{0,8 \cdot 0,7} \approx 60 \text{ МДж},$$

где $\eta_{\text{тр}} = 0,8$ – приблизительный КПД трансмиссии.

4. Расчет маховика.

Кинетическая энергия, запасенная маховиком, выражается формулой:

$$T = \frac{I \cdot \omega^2}{2},$$

где I – момент инерции маховика,

ω – угловая скорость вращения маховика.

Из формулы видно, что увеличение запаса энергии можно добиться либо увеличением момента инерции, либо увеличением угловой скорости. Первый вариант приемлем для небольших скоростей вращения, когда используются стальные маховики (например, на тех же двигателях внутреннего сгорания). При значительных скоростях вращения (энергия возрастает в квадрате) целесообразнее увеличивать энергоемкость применением более легких, но в то же время, более прочных материалов, которые к тому же не так опасны при разрушении, как, например, сталь. Для расчетов принят материал стеклопластик, обладающий достаточной прочностью на разрыв. Хотя уже созданы материалы с лучшими показателями, стеклопластик принят по соображениям доступности и стоимости.

Маховик в качестве формы маховика принимаем равнопрочный диск (Рисунок 1).

Поскольку

$$\frac{h_1}{h} = e^{\frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot r^2}{2 \cdot \sigma}}, \text{ то}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma \cdot \ln \frac{h_1}{h}}{\rho \cdot r^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^5 \cdot 10^3 \cdot \ln 5,48}{2600 \cdot 0,5^2}} = 1618 \text{ рад/с},$$

где ω – угловая скорость вращения маховика,

$\sigma = 5 \cdot 10^5 \text{ кН/м}^2$ – допускаемые напряжения материала,

$\frac{h_1}{h} = 5,48$, где h_1 – ширина в центре, h – ширина на периферии,

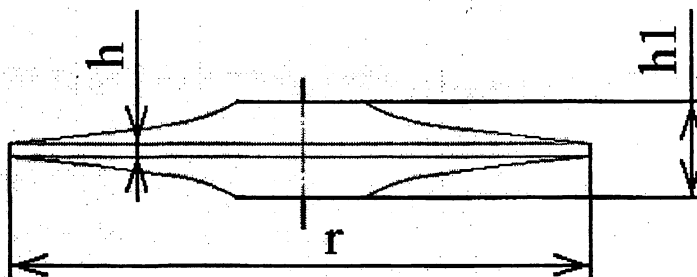


Рисунок 1

$\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$ – плотность материала,

$r = 0,5$ – радиус маховика.

$$n = \omega \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = 1618 \cdot \frac{60}{2 \cdot 3,14} = 15459 \text{ об/мин,}$$

Масса маховика определяется из соотношения:

$$m = \frac{T}{e} = \frac{60 \cdot 10^6}{525 \cdot 10^3} = 114 \text{ кг,}$$

где $T=60/10^6$ Дж – запасаемая кинетическая энергия,

$$e = k \cdot \chi = 0,807 \cdot 650 = 525 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг,}$$

где $k = 0,807$ – коэффициент формы,

$\chi = 650$ кДж/кг – удельная прочность для стеклопластика.

Т.о. маховик массой 114 кг, радиусом 0,5 м, который вращается со скоростью 15459 об/мин, запасает энергию, достаточную для движения легкового автомобиля на расстоянии 100 км с 20 разгонами.

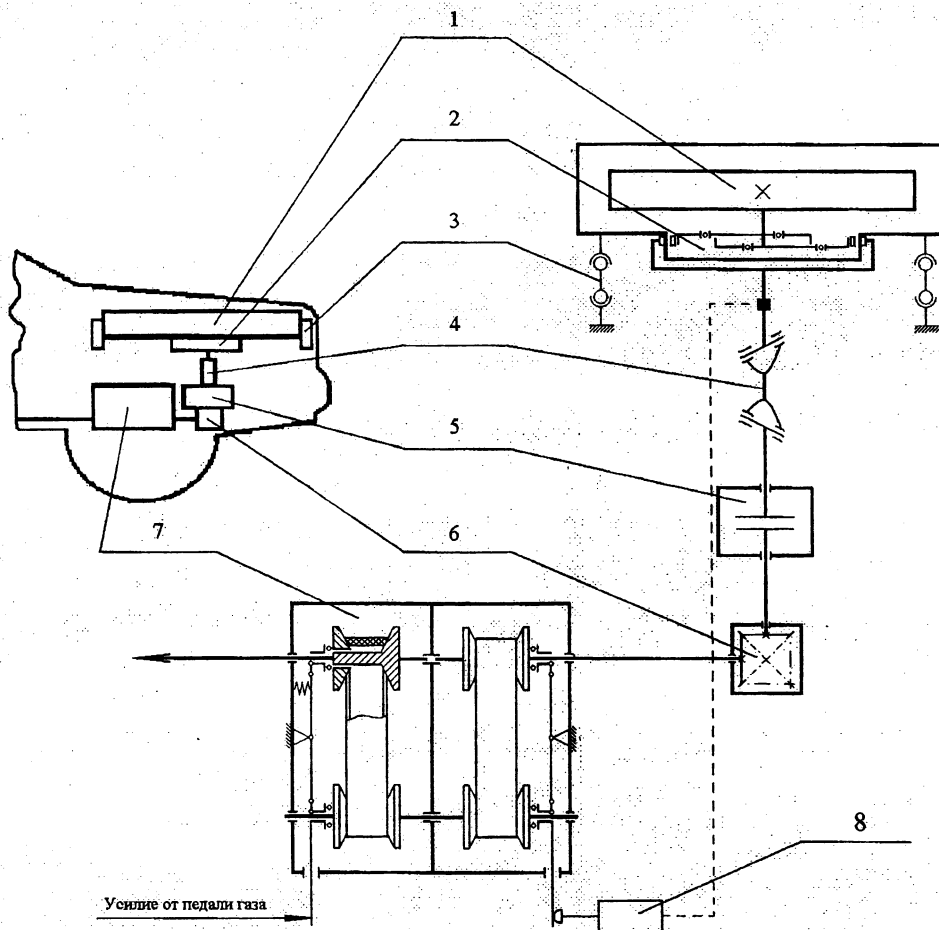


Рисунок 2

Общий вид и кинематическая схема трансмиссии предлагаемого нами автомобиля маховичным двигателем представлена на рисунке 2. Быстровращающийся маховик 1 помещен в герметичный кожух для снижения вентиляционных потерь. Вращение из герметичного корпуса передается с помощью быстроходной волновой передачи 2, использующей генератор волн специальной конструкции, описанный в литературе [3]. Такой генератор волн позволяет применять малое передаточное отношение наряду с быстровращающимся входным валом. Далее вращение через муфту сцепления 5 (механическое однодисковое сцепление:

передается на коническую передачу 6, которая используется для изменения направления потока мощности, поворачивая его на 90° относительно вертикальной оси маховика. Далее следует двухступенчатый клиноременной вариатор 7. Первая ступень автоматическая и предназначена для компенсации уменьшения скорости вращения маховика. Передаточное отношение изменяется с помощью исполнительного устройства 8. Вторая ступень регулируется педалью газа и служит для разгона автомобиля. После вариатора крутящий момент через карданную передачу и дифференциал передается на колеса автомобиля.

В результате исследования данной проблемы мы пришли к выводу о возможности дальнейшей конструкторской разработки автомобиля с маховичным двигателем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гулия, Н. В. Маховичные двигатели.—М., 1976. 2. Джента, Дж. Накопление кинетической энергии: теория и практика современных маховичных систем. 3. Волновые передачи (сборник трудов) под ред. Цейтлина Н. И., Татищева В. Н.—М., 1975

УДК 629.113.65

Саболевский А.К., Астахов Э.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ И РЕАКЦИЙ НА КОРПУСЕ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ С МАХОВИЧНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

*Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Беларусь*

Объектом исследования является мобильная машина с маховичным двигателем на базе стандартного грузопассажирского автомобиля УАЗ-452 ДМ. Целью предлагаемой работы является: 1) исследование возмущающих сил и моментов, возникающих при движении автомобиля с маховичным двигателем по неровной дороге; 2) разработка методики расчета динамических моментов и частот, с которыми они воздействуют на корпус маховика; 3) способы компенсации данных динамических нагрузок и решение конструкции подвеса корпуса маховика к раме автомобиля.

При раскрутке маховика вследствие неполной отбалансированности ротора маховика возникает центробежная сила инерции. Так как маховик будет установлен в электромагнитном подвесе (поз. 2 Рисунок 2) и магнитные подшипники (поз. 1 Рисунок 2), то величина этой силы будет незначительна:

$$F_u = \Delta_s \cdot \omega^2 = 0.5 \cdot 10^{-6} \cdot 2.25 \cdot 10^6 = 1.125 \text{ Н},$$

где F_u – центробежная сила инерции, Δ_s – величина остаточной несбалансированности [2], ω – частота собственного вращения маховика.

Момент, с которым эта сила воздействует на корпус маховика, равен:

$$M_u = F_u \cdot \frac{b}{2} = 1.125 \cdot \frac{0.2}{2} = 0.1125 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где b – высота корпуса маховика.

Следует отметить, что момент центробежной силы инерции будет изменяться с частотой, равной частоте собственного вращения маховика ω :

$$f_u = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{1570}{2 \cdot 3.1416} = 238.73 \text{ Гц}.$$