

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАХОВИКОВ НА ТРАНСПОРТЕ

© 2009 В. С. Соколов¹, О. В. Красных² Г. В. Косторной³

¹канд. физ.-мат. наук, доцент;
Тел. (4712) 56-68-33

²соискатель;

³преподаватель СПТУ

Курский государственный университет

Рассматриваются перспективы и проблемы использования маховиков на транспорте в качестве индивидуальных аккумуляторов механической энергии и рекуператоров энергии в гибридных двигательных установках.

Ключевые слова: аккумулятор энергии, маховик, супермаховик, рекуператор энергии, маховичный и гибридный двигатели.

Современный технический прогресс сопровождается загрязнением окружающей среды и истощением природных источников энергии, например обычных видов топлива: нефти, каменного угля, природного газа и т.д. Об этом говорит и разразившийся общий кризис, одной из составляющих которого является кризис энергетический. Названная теневая сторона технического прогресса ориентирует учёных и инженеров многих индустриально развитых стран искать пути создания принципиально новых энергетически мало затратных и экологически «чистых» источников энергии, технологических процессов, улучшения рекуперации энергии (механической, электрической, химической и т.д.) и использования нанотехнологий, изобретений и полезных моделей, ноу-хау.

Поиски идут в области использования так называемых «вечных» и чистых источников энергии: ветра, морского прибоя, приливов и отливов, рек, солнца и т.д. Другую группу источников и аккумуляторов энергии, которые могут в широких масштабах быть использованы уже в наше время, представляют собой маховики, пружинные двигатели, аккумуляторы в виде поднятого груза и воды, гидро и пневмоаккумуляторы [Гулия 1974]. Наиболее широкая область применения открывается для быстровращающихся маховиков (гироскопов) и особенно их нового типа, получившего название «супермаховика» (Superflywhell) [Гулия 1974; Dann 1973; поиски энергии... 1974].

При ограниченной мощности энергоустановок, определяемой обычно установившимися режимами эксплуатации, для форсирования нестационарных режимов, характеризующихся повышенным расходом энергии, и реализации плавности их работы существует потребность в постоянном её запасе. Роль аккумулятора такого запаса успешно может выполнять маховик. Возросший интерес к маховикам объясняется их новыми конструкциями, используемыми материалами, высокой способностью накапливать энергию (по сравнению с другими устройствами подобного назначения) (см. *Библ. список* в конце статьи) и большим КПД (~ 95%). К тому же они дают экономию топлива, отличаются экологической чистотой и технически безопасны [Гулия 1974; Dann 1973; поиски энергии... 1974]. Сейчас в США испытывается ленточный маховик [Поезд на маховике 2008] из композитного углеродосодержащего материала высотой 1.2 и диаметром 1.5 м, вращающийся в вакуумной камере на

магнитной подвеске с частотой 50.000 об/мин, накапливая 133 киловатт-часа энергии, то есть в 3 раза больше, чем обычный аккумулятор такого же веса. Он позволит экономить 15 % энергии на разгонах. В России использование маховиков на транспорте было впервые предложено инженер-поручиком З. И. Шуберским в 1862 году [Broniarek, Sander 1972]. Ещё раньше (1791) с целью рекуперации кинетической энергии и достижения плавности движения русский механик-самоучка И. П. Кулибин на своей «самокатной» коляске установил массивный маховик.



Рис. 1. а) маховичный двигатель (США); б) коляска Кулибина; в) гировоз Шуберского

Известно, что основными источниками шума и загрязнения воздуха в городах являются автомобили и автобусы, выбрасывающие отработавшие газы повышенной токсичности. Например, автомобиль, пройдя около 900 км, потребляет кислород в количестве, нужном человеку в течение года, а тысяча их способна выбросить за день более 3-х тонн угарного газа. Ситуация ухудшается тем, что сотни тысяч автомашин снуют по дорогам и бездорожью нашей планеты. В городах загрязнение улиц увеличивается из-за блокирования выхлопных газов зелёными насаждениями и большого количества малогабаритного пассажирского транспорта (например, «газелей»). Поэтому создание новых трамвайных и троллейбусных маршрутов и ввод в эксплуатацию больших автобусов способствовали бы улучшению экологической обстановки. Особенно это актуально для городов, расположенных на холмистой местности, имеющих плохие автодороги и интенсивное транспортное движение, где двигатели в основном работают на нестационарных режимах.

Один из способов уменьшить загазованность и шум – оборудование автотранспорта маховичными аккумуляторами и рекуператорами механической энергии. Например, система, включающая супермаховик высокой удельной энергоёмкости с рекуперативной трансмиссией (запатентован в США Робертом Кларком), – приемлемый вариант для решения обсуждаемой проблемы. Супермаховик приводит в движение гидравлический насос с автоматической переменной передачей, обеспечивающей работу двигателя внутреннего сгорания (ДВС) при давлениях, регулируемых педалью акселератора. Двигатели могут работать как насосы, приводимые в движение кинетической энергией экипажа (автобуса, трамвая и т.д.), а насосы действуют как моторы, ускоряя маховик и таким образом восстанавливая большую часть энергии, используемой в предварительном ускорении экипажа. При таком рекуперативном торможении восстанавливается около 25% энергии и более.

По конструкции, форме и используемым материалам сейчас выделяют следующие типы маховиков: ободковые, из стальной ленты, запатентованные в СССР профессором Н. В. Гулиа; стержневые, равнопрочные при вращении (разработаны в США фирмой «Локхид»), и клиновые, напоминающие двухлопастный винт с углом подъёма 7–8°, созданы Д. В. Рабенхорстом в США.

Возможности применения и совершенство маховичного аккумулятора определяются его удельной энергоёмкостью, безопасностью, внутренними потерями (в кожухе) и удельной характеристикой накопления и выделения энергии [Поиски энергии... 1974]. Создание транспортных средств, приводимых в движение индивидуальными маховичными двигателями, пока сопряжено с определёнными техническими трудностями. Поэтому в настоящее время идут по пути компромиссных решений: создают гибридные схемы силовых установок на основе ДВС, двигателей Стирлинга и Ванкеля, газовых турбин, электробатарей и маховиков (гироскопических элементов) [Поиски энергии... 1974; Glera, Helling, Schreck 1973; Broniarek, Sander 1972].

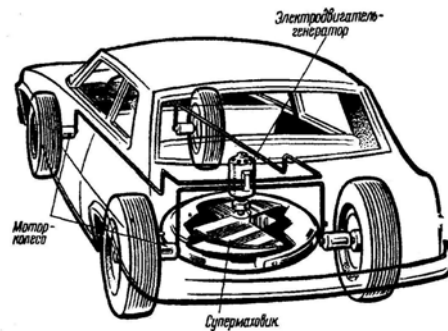


Рис. 2. Автомобиль Рабенхорста

Ниже (рис. 3, 4) приведены некоторые схемы индивидуального и гибридных маховичных силовых установок. Кстати, эти «гибриды» отвечают современным допустимым нормам токсичности отработавших газов, введённым во многих странах в законодательном порядке [Поиски энергии... 1974].

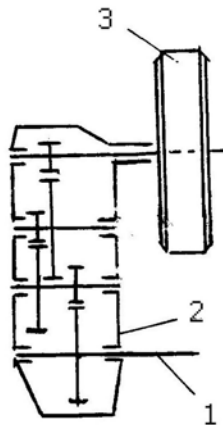


Рис. 3. Индивидуальный двигатель: 1 – вал трансмиссии; 2 – редуктор; 3 – маховик

Для уменьшения неблагоприятных гироскопических эффектов при поворотах экипажа на последнем могут размещаться два маховика, вращающихся в противоположных направлениях. Возможный вариант принципиальной схемы такого экипажа с маховичными аккумуляторами энергии, размещёнными по его бортам, показан на рисунке 4б .

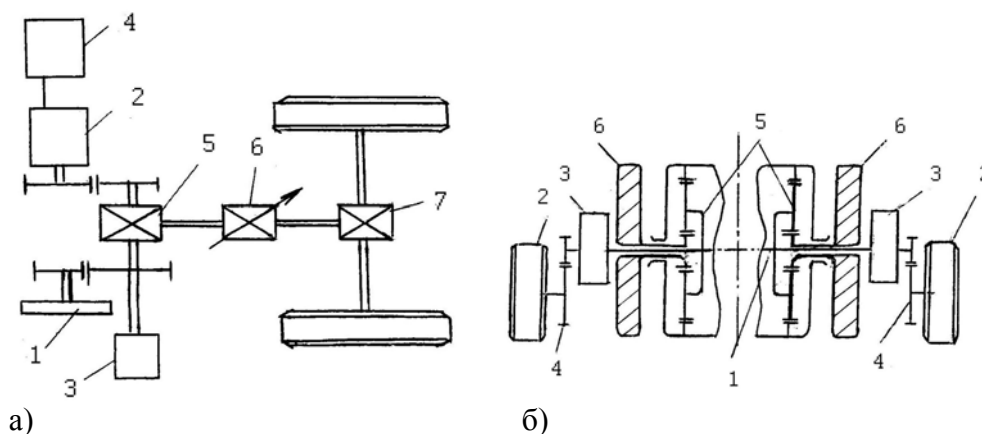


Рис.4. а) структуры гибридных двигателей: 1 – маховик, 2 – электродвигатель, 3 – ДВС, 4 – блок батарей, 5 – дифференциал, 6. – коробка передач, 7 – дифференциал ведущих колёс;

б) принципиальная схема механического аккумулятора энергии с двумя маховиками: 1 – вал трансмиссии машины, 2 – ведущие колёса, 3 – механизмы поворота, 4 – бортовые передачи, 5 – редукторы, 6 – маховики

На транспорте маховики могут иметь жёсткий, упругий, упруго-вязкий или карданов подвесы, а в зависимости от условий эксплуатации – различным образом ориентированы относительно экипажа, но обычно плоскость их вращения горизонтальна. Жёсткий подвес применяется для рельсового транспорта и подвижных средств с малогабаритными маховиками. Упругие и упруго-вязкие подвесы обеспечивают снижение гироскопических нагрузок на опоры маховика и экипаж. В случае карданова подвеса опоры маховика не испытывают гироскопических нагрузок за счёт его прецессии [Гулиа 1974]. Быстро вращающийся маховик оказывает большое влияние на плавность хода, управляемость и устойчивость автомобиля. Под плавностью хода здесь понимается способность экипажа преодолевать различные по профилю и состоянию дороги с наименьшими колебаниями, вибрациями и сотрясениями, действующими на перевозимые грузы и пассажиров. Это действие проявляется на увеличении нагрузок на опоры маховика и экипаж, формировании опрокидывающего (гироскопического) момента и в использовании стабилизирующих и демпфирующих свойств маховика. Влияние маховика на характер динамики экипажа сводится к двум основным факторам движения экипажа: колебаниям и уводу колёс. Кроме этого, из-за гироскопического момента на поворотах экипажа возникают проблемы возможного его опрокидывания, перераспределения реакций на колёса, более раннего проскальзывания одного из колёс и изменения угла их наклона, изменения угла увода и устойчивости (курсовой, на поворотах, при заносах).

При исследовании движения экипажа с маховиками он обычно моделируется двумя его моделями: на жёстких и пневматических колёсах.

Библиографический список

- Гулиа Н. В. Инерционные двигатели для автомобилей. М.: Транспорт, 1974. 64 с.
 Поиски энергии от гончарного маховика до «чёрной дыры» // За рубежом. 1974. № 51 (156). С. 20–21.
 Павлов В. А. Гироскопический эффект, его проявление и использование. Л.: Судостроение, 1978. 208 с.
 Поезд на маховике // Наука и жизнь. 2008. № 6. С. 9.

Соколов В. С. и др. Рассказ о трёх близнецах. Курск: Курск. гос. пед. ун-т, 1997. 57 с. С. 41–53.

Шварцман А. Подземные магистрали // Знание – сила. 1961. № 6. С. 26.

Шуберский З. Маховоз. – Санктпетербургъ // Ж-л Главного управления путей сообщения и публичных зданий. 1862. Томъ тридцатьвторой. С. 152–175.

Broniarek C. A., Sandor C. N. On surface Vehicle Body Motion with Gyroscopic storage of Kinetik Energy // Mech.and Mach. Theory. 1972. № 2.

Clark R. D. The Utelization of Flywell Energy // Paper №711A presented June 1963 de the International Betriebweise. TZ – Abd 94 (1974).

Dann Richard T. The Revolution in Flywheels // Machine Design. 1973. May 17. P. 130–135.

Glera B., Helling J. und Schreck H. Hibriedantrieb mit Gyro-Komponente für Wirtschaftliche Betriebweise. TZ – Abd 94 (1973) H.14.