

потребительских характеристик на опытных образцах техники необходимо проводить в любом случае. Из-за существующих требований по сертификации вновь спроектированный автомобиль должен пройти процесс одобрения типа транспортного средства. Но автомобили, производимые уже на базе спроектированной модели, можно испытывать на виртуальных системах, зная, что результаты мало отличаются от результатов, полученных на реальных дорожных испытаниях.

Если рассматривать процесс проектирования нового изделия в рамках производства грузового автотранспорта, то создание новой модели автомобиля проходит в 4 этапа:

1) разработка эскизного проекта, определение ключевых потребительских характеристик конечного

изделия, утверждение конечной модели, создание конструкторско-технологической документации и изготовление опытного образца. На современных предприятиях на разработку нового продукта отводится в среднем 4 месяца;

2) параллельно с первым этапом проводятся комплексные расчеты как отдельных сборочных единиц, так изделия в целом. Проводятся прочностные расчёты конструктивных элементов, несущих конструкций и элементов, отвечающих за пассивную безопасность. При помощи различных программных оболочек и систем моделируются различные системы автомобиля (двигатель, система охлаждения, системы выпуска и нейтрализации газов, подвеска автомобиля, рама и другие узлы и агрегаты);

3) изготовление опытного образца;

4) проводятся испытания. Уточняются потребительские характеристики автомобиля, которые были заложены на первом этапе. Процесс испытания сам по себе очень длителен и требует больших финансовых и временных затрат.

Современные технологии моделирования параметров на этапе создания модели новой продукции позволяют резко сократить время проектирования, что принесет ощутимый экономический эффект. К тому же использование виртуальных испытаний позволит сэкономить на реальных испытаниях, так как стоимость испытаний может быть в три, пять и более раз больше, чем стоимость создания конструкторской документации.

УДК 621.83.062

*А.А. Благодрагов, А.В. Юркевич, В.А. Солдаткин, А.В. Терешин
Институт машиноведения УрО РАН,
г. Курган*

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ТРАНСМИССИИ АТС МЕХАНИЧЕСКОГО ТРАНСФОРМАТОРА И МАХОВИКА-АККУМУЛЯТОРА

Применение представленного в работе* метода расчета внешней характеристики механического трансформатора – момента с колебательным движением внутренних звеньев – позволяет рассчитывать энергозатраты при движении АТС, в трансмиссии которого, помимо такого трансформатора, установлен маховик-аккумулятор. При этом режимы движения могут определяться по стандартному ездовому циклу (Правила ЕЭК ООН № 84), состоящему из первой части (городской цикл) и второй части (внегородской цикл). Использование маховика-аккумулятора во внегородском цикле малоэффективно. Поэтому здесь рассматривается только городской цикл, состоящий из четырех одинаковых простых городских циклов. Такой цикл представлен на рис. 1.

Трансмиссия АТС имеет четыре режима работы, обеспечивающих: 1 – разгон АТС от ДВС; 2 – разгон маховика от ДВС; 3 – торможение

АТС с помощью разгона маховика; 4 – разгон АТС с использованием кинетической энергии маховика. Заметим, что разгон может быть

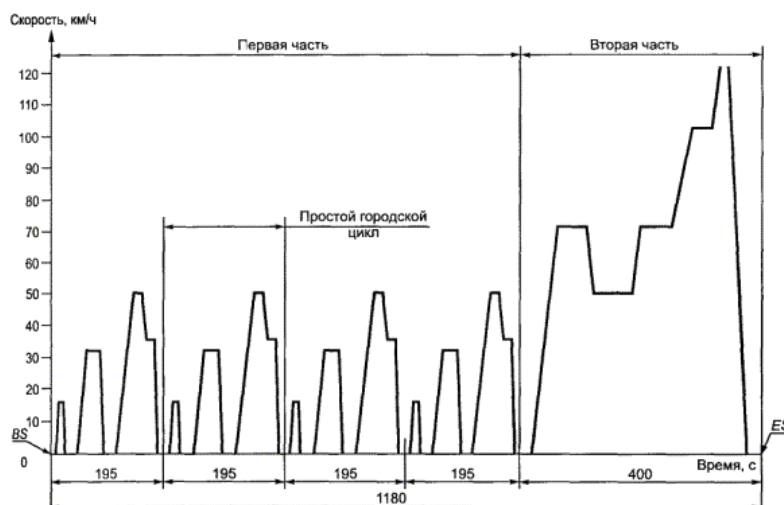


Рис. 1. Стандартный ездовой цикл

* Благодрагов А.А. Расчет внешней характеристики механического трансформатора с колебательным движением внутренних звеньев // Вестник машиностроения. 2011. № 10.

и с нулевым ускорением (движение с постоянной скоростью), когда энергия двигателя или кинетическая энергия маховика расходуется только на преодоление сопротивления движения АТС. Так как скорость движения в городском цикле менее 50 км/ч, то сопротивление воздуха учитывать не будем. Не будем также учитывать внутренние потери в механических передачах.

Кинематическая схема трансмиссии показана на рис. 2. Стрелками показаны направления потока мощности, а величины передаточных отношений i равны отношению угловых скоростей на выходе к угловым скоростям на входе.

В этом случае $i > 1$ соответствует ускоряющей передаче. Предлагаются следующие значения передаточных отношений: $i_1 = i_2 = 2$; $i_3 = 7,07$ (включая простую и планетарную передачи); $i_4 = 0,471$.

Маховик для АТС типа «Газель» представляет собой полуметровый отрезок стальной трубы с толщиной стенки 10 мм и диаметром 300 мм. Для того чтобы его масса была в 100 раз меньше массы АТС, а его кинетическая энергия T_{max} равнялась бы кинетической энергии АТС при скорости 60 км/ч, частота вращения маховика должна составлять 10610 мин^{-1} . Так как частота вращения маховика реально будет всегда значительно меньше 10000 мин^{-1} , то газодинамическое сопротивление можно не учитывать. Вакуумный кожух не требуется.

При выполнении простого городского цикла по Правилам ЕЭК

ООН №84 целесообразно перед каждым подциклом иметь кинетическую энергию маховика примерно $0,3 T_{\text{max}}$ и начинать разгон АТС с использованием этой энергии (4-й режим). Двигатель при этом может работать на холостом ходу. Ускорение АТС регулируется водителем путем большего или меньшего нажатия на педаль, положение которой соответствует определенной величине амплитуды колебаний φ_0^* . Когда ускорение, создаваемое маховиком, окажется меньше требуемого Правилами, подключается двигатель путем простого увеличения частоты вращения его вала и соединения с ведущим валом трансформатора с помощью механизма свободного хода (МСХ). При этом маховик, отсоединенный от ведущего вала трансформатора, продолжает вращаться с постоянной частотой с помощью другого МСХ.

Для обеспечения заданного Правилами замедления АТС включается третий режим. Величина замедления регулируется водителем также, как величина ускорения. Если замедление меньше, чем требуется Правилами, то подключаются тормоза, а третий режим выключается. Накопленная энергия маховика будет использована в последующем подцикле.

При скорости АТС менее 10 км/ч осуществить требуемую Правилами величину замедления с помощью разгона маховика затруднительно. При уменьшении скорости АТС частота вращения ведущего вала трансформатора уменьшается, пе-

редаточное отношение увеличивается, а момент, развиваемый на ведомом валу, становится меньше. В результате интенсивность замедления даже при предельном увеличении φ_0 уменьшается. Поэтому при скорости менее 10 км/ч торможение осуществляется с помощью тормозов. Выбранные параметры трансмиссии позволяют выполнять все требуемые Правилами ускорения и замедления в простом городском цикле и использовать тормоза только при скорости АТС менее 10 км/ч.

Рассмотрим, как следует рассчитывать энергозатраты. Затратами энергии будем считать только ту работу, которую нельзя вернуть. Это работа по преодолению сил сопротивления движению на пройденном пути и работа, затраченная в тормозах на погашение излишней кинетической энергии АТС. Работу, направленную на создание кинетической энергии АТС или маховика, не следует относить к затратам, так как эта энергия может быть использована для преодоления сил сопротивления движению на определенном пути. Так, если разогнать машину до скорости 60 км/ч, а потом отсоединить двигатель, то машина пройдет до полной остановки путь в 700 м. Поэтому работу, затраченную на участке пути от трогания с места до остановки, будем определять по формуле

$$A = mg\psi s_0 + 0,5\delta m v_a^2 - mg\psi s_T,$$

где m – масса АТС; δ – коэффициент учета вращающихся масс при отключенном двигателе, $\delta = 1,04$; ψ – коэффициент дорожного сопротивления, для города $\psi = 0,02$; s_0 – общий путь участка; v_a – скорость АТС, при которой началось использование тормозов; s_T – путь, пройденный при использовании тормозов. Последний член уравнения уменьшает работу трения тормозов, так как s_T способствует снижению скорости.

Расчет по формуле, выполненный для городского цикла, соответствующего Правилам, показал, что АТС, оборудованное маховиком-аккумулятором, расходует энергии на 33 % меньше, чем АТС без такого

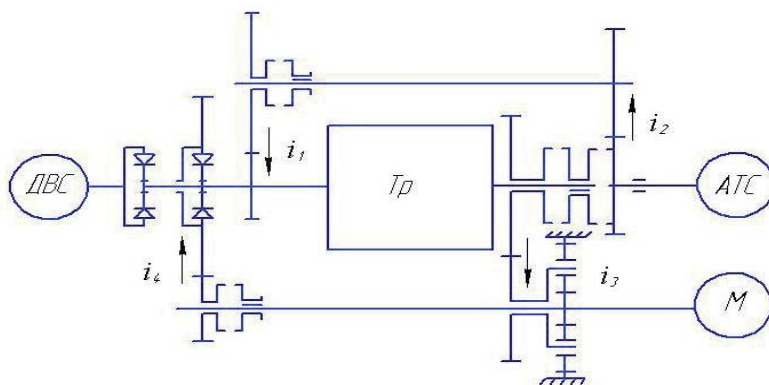


Рис. 2. Кинематическая схема трансмиссии с маховиком-аккумулятором

* Благоднаров А.А. Расчет внешней характеристики механического трансформатора с колебательным движением внутренних звеньев //Вестник машиностроения. 2011. № 10.

устройства. Расход топлива может отличаться еще больше, так как значительная часть разгона АТС и его движение с постоянной скоростью осуществляются с использованием кинетической энергии маховика,

а его зарядка от двигателя может производиться при работе последнего на наиболее экономичном режиме. Подробное рассмотрение этого вопроса – предмет специального исследования. Полученный

здесь результат уже свидетельствует о целесообразности и даже необходимости развития этого направления в автостроении и в первую очередь для АТС, используемых автотранспортными предприятиями.

УДК 629.113

М.С. Бородин
Московский государственный агроинженерный университет
имени В.П. Горячкина,
г. Москва

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕРВИСА ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Оптимальное количество и эффективность деятельности сервисных станций могут быть определены лишь на основе современных научных методов оптимального проектирования производственных процессов на принципах ресурсосбережения и высокой производительности. Поэтому необходимо установить эффективные соотношения между количеством поступающих за единицу времени заявок и производительностью или пропускной способностью соответствующей сервисной станции.

Основными объектами исследования являются сервисные станции и электрические транспортные средства в зоне обслуживания, нуждающиеся в процессе производственной деятельности в заряде тяговых аккумуляторных батарей.

Эффективная деятельность сервисных станций может осуществляться лишь на основе современных научных методов оптимального проектирования производственных процессов, принципах ресурсосбережения и высокой производительности. Данная статья посвящена разработке таких научных методов.

Общей характерной чертой взаимосвязанного функционирования обслуживаемых транспортных средств и сервисных станций является наличие источников заявок или требований и исполнителей этих заявок. Следовательно, имеет место типичная система обслуживания, принципы организации работы которой за-

висят от характера потока заявок или требований.

С учетом возможного множества работающих независимо друг от друга обслуживаемых транспортных средств в различных природно-производственных условиях можно предположить, что поступающий от них поток заявок на выполнение зарядных работ будет случайным в вероятностном смысле. Соответственно и методы исследования взаимосвязанного функционирования обслуживаемых средств и зарядных станций также должны быть вероятностными.

Из приведенного краткого описания следует, что в соответствии с общими принципами исследования операций [1] зарядные процессы являются типичными системами массового обслуживания. Основная задача при этом заключается в установлении эффективных соотношений между количеством поступающих за единицу времени заявок и производительностью или пропускной способностью соответствующей сервисной станции.

Сложность при этом заключается в том, что из-за случайного характера поступления заявок по времени возможны как образование очереди этих заявок с соответствующим ожиданием, так и простой оборудования сервисной станции из-за отсутствия заявок. Разрабатываемые научные методы должны обеспечить минимальные потери от этих простоев как для обслуживаемых, так и для обслуживающих средств.

Наиболее эффективными для решения подобных задач являются общие методы теории массового обслуживания (ТМО) [2, 3], что подтверждается и исследованиями [4] применительно к производственным процессам.

Особенно эффективны методы теории массового обслуживания при наличии в системе обслуживания Марковского случайного процесса, когда потоки событий, переводящие систему из одного состояния в другое, являются пуассоновскими без последствия.

Наиболее эффективными для решения подобных задач являются современные методы оптимизации параметров и режимов работы техники, основанные на многокритериальном системном подходе. Соответственно указанные методы оптимизации целесообразно использовать и при решении задач применительно к процессам зарядки.

Конкретное применение намеченных общих принципов решения оптимизационных задач повышения эффективности зарядных станций показано далее.

Количество транспортных средств в группе m определяется из равенства

$$m = \frac{F_{\Pi}}{D_{\text{кп}} \alpha_{\text{к}} W_{\text{м}} T_{\text{см}} K_{\text{см}}} \leq m_{\text{д}}$$

где F_{Π} – количество подвижного состава в расчетной области, шт.; $D_{\text{кп}}$ – обслуживаемый период, ч; $\alpha_{\text{к}}$ – средний коэффициент исполь-