

Следовательно, необходимые расчеты можно выполнять и по упрощенным схемам практически с той же точностью, реализуемой в исходной динамической модели. Однако необходимо понимать, что при удалении массы значение ее момента инерции в определенном соотношении перераспределяется с соседними массами, вследствие чего нельзя дать точное название полученным массам и упруго-демпфирующим участкам.

Таким образом, упрощение динамических моделей выполняется с целью ускорения и облегчения проведения расчетов при практически неизменной точности. Но так как на сегодняшний день существует большое количество компьютерных прикладных программ, позволяющих реализовать решение слож-

ных математических задач, то расчеты, связанные с динамикой трансмиссии гибридного легкового автомобиля, можно проводить, не упрощая исходную динамическую модель.

Библиографические ссылки

1. Цитович И. С., Альгин В. Б. Динамика автомобиля / Ин-т проблем надежности и долговечности машин. – Минск : Наука и техника, 1981. – 191 с.
2. Молибошко Л. А. Компьютерные модели автомобилей : учебник для студентов учреждений высш. образования по автотрансп. специальностям. – М. : ИНФРА-М ; Минск : Новое знание, 2012. – 294 с. – (Высш. образование).

* * *

A. R. Imangulov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

N. M. Filkin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

On the simplification of dynamic model of powertrain of the hybrid car

Simplification of dynamic models is carried out for the purpose of speedup and ease of performing computations connected with dynamics of mechanical systems when accuracy is approximately constant. The question of necessity of simplifying the parallel hybrid car transmission dynamic model is examined in the article.

Keywords: hybrid car, transmission, dynamic model, method of partial frequencies

Получено: 08.11.13

УДК 656.13.658

Л. Ш. Кадырова, аспирант;

А. Ф. Мкртчян, кандидат технических наук, доцент

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ УТИЛИЗАЦИИ ВО МНОЖЕСТВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЯ

Рассмотрены вопросы утилизации автомобилей, а именно выбор показателей качества автомобиля. Определено, что для выбора показателя качества автомобиля с точки зрения его утилизационной способности необходимо решить две задачи: определение количественных значений показателей утилизации по известным значениям проектных параметров и нахождение наилучшего решения из множества методов утилизации автомобилей.

Ключевые слова: автомобиль, утилизация, вторичное использование материалов

Для оценки качества автомобиля используют различные показатели: надежности, стандартизации и унификации, патентной чистоты, безопасности, технологические, экологические, эргономические, экономические и прочие.

При оценке качества автомобилей показатели необходимо классифицировать. Принято показатели качества продукции классифицировать в соответствии с характером удовлетворяемых потребностей на три группы [1, 5].

К первой группе относят показатели, характеризующие ее функциональную пригодность, надежность, эргономичность, эстетические показатели.

Ко второй группе показателей относятся показатели, отражающие технологичность продукции в сфере ее изготовления, контроля, технического обслужива-

ния и ремонта, а также показатели расхода топлива и экономичности.

В третью группу можно условно выделить показатели, характеризующие способность автомобиля оказывать вредное воздействие на человека и окружающую природную среду.

В зависимости от числа характеризующих свойств различают единичные и комплексные показатели качества автомобиля.

Единичные показатели характеризуют одно из свойств автомобиля, которое может быть выделено и оценено независимо от других свойств.

Комплексные показатели характеризуют совокупность взаимосвязанных свойств из всего множества свойств, образующих качество автомобиля.

Для нормирования требований к качеству используют оценочные показатели. Они количественно характеризуют те свойства, которые образуют качество автомобиля как объекта производства и эксплуатации. По оценочным показателям сравнивают различные модели автомобилей, отнесенные к одному классу по классификационным показателям.

Методика расчета данных показателей и использования их для определения уровня качества автомобиля отражена во многих источниках [1–5] и широко применяется в производственной практике, поэтому целесообразно остановиться на оценке только показателей безопасности и экологичности.

Показатели безопасности характеризуют свойства автомобиля, обеспечивающие безопасность человека во всех режимах его потребления и эксплуатации.

Показатели экологичности характеризуют свойства автомобиля, определяющие вредные воздействия на окружающую среду, возникающие при производстве, эксплуатации, хранении и утилизации. Они определяют: способность к образованию вредных продуктов распада в условиях хранения, утилизации; способность вредных веществ аккумулироваться в почве, воде, в объектах флоры и фауны, в организме человека [1].

Однако при рассмотрении вопросов, связанных с утилизацией автомобилей, оценивается только опасность этого процесса для окружающей среды, но не сам автомобиль с точки зрения его способности быть утилизированным и оценки возможных методов утилизации.

Необходимые для такой оценки показатели утилизационной способности могут учитываться во множестве показателей качества автомобиля двумя способами [6, 7]. Их можно добавить к существующим группам природоохранных показателей, характеризующих экологичность и безопасность автомобилей, и к группам ресурсосберегающих показателей, характеризующих технологичность автомобиля и ресурсопотребление, или выделить в отдельную группу (рис. 1).

По первому варианту в группу показателей технологичности конструкции по аналогии с производственной и ремонтной технологичностью предлагается добавить показатели утилизационной технологичности конструкции автомобилей.

Например, коэффициент разборности автомобиля, коэффициент повторяемости рециклируемых материалов, ресурсоемкость утилизации, а также коэффициенты применения стандартного оборудования при подготовке к утилизации автомобиля, коэффициент применения типовых технологических процессов утилизации и прочее.

По второму варианту показатели утилизации автомобиля выделяются в отдельную группу, поскольку оценку утилизационной способности необходимо проводить не только при проектировании автомобиля, но и при проведении его экологической экспертизы и сертификации, где другие показатели качества автомобиля не используются.

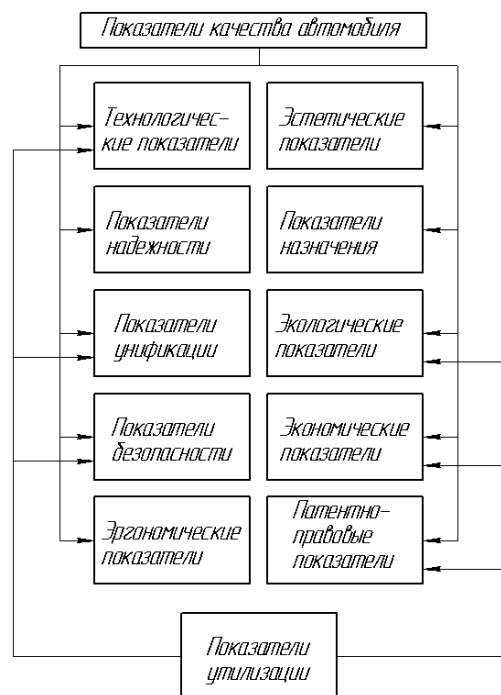


Рис. 1. Номенклатура показателей качества промышленной продукции

В западных странах наиболее прогрессивной считается классификация показателей качества, разработанная Международной организацией по стандартизации, ИСО (International Organization for Standardization, ISO). В стандартах ISO группировка показателей осуществляется в соответствии с этапом жизненного цикла продукции, что дает возможность учитывать требования, предъявляемые к ней на стадиях производства и эксплуатации.

Основываясь на классификации ISO, к существующему множеству показателей качества следует добавить группу показателей утилизации аналогично группам показателей качества предыдущих стадий жизненного цикла автомобилей (рис. 2). Таким образом, выполняется принцип согласования, поскольку группа показателей утилизационной способности становится продолжением классификации показателей качества по сферам проектирования, производства и эксплуатации, что позволяет рассматривать группу показателей утилизации в рамках международной системы показателей качества автомобилей.

На практике для реализации этого принципа необходимо включать показатели утилизации во все стадии разработки и создания автомобилей и отражать в соответствующей проектно-конструкторской документации.

Поскольку процесс проектирования любого автомобиля начинается с разработки технического задания и на этапе его создания формируется система показателей качества автомобилей, то данный документ наряду с другими показателями должен содержать показатели утилизации.

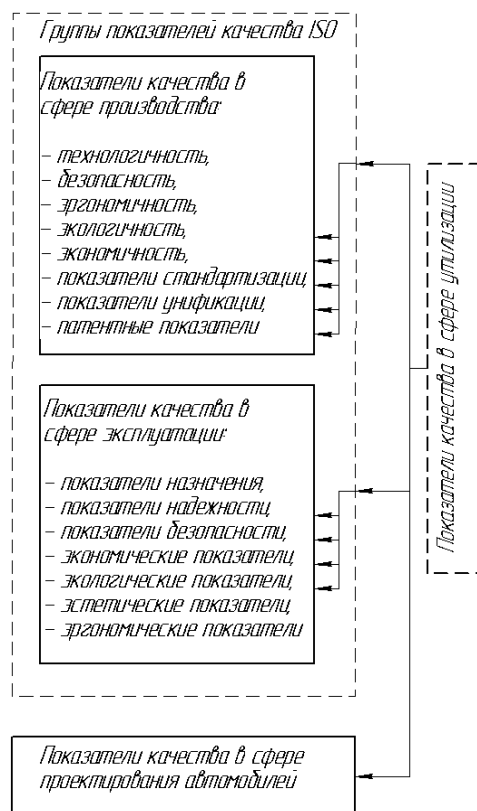


Рис. 2. Схема классификации показателей качества на разных этапах жизненного цикла автомобиля

На этапах создания технического предложения и эскизного проекта сформированные ранее показатели утилизации предлагается использовать при проведении сравнительного анализа конструкторских решений возможных вариантов проектируемого автомобиля. При этом комплекс показателей утилизации может быть применен не только для анализа и оценки возможных методов утилизации, что в совокупности позволит снизить антропогенное воздействие процессов утилизации автомобиля на окружающую природную среду.

Предполагается, что показатели утилизации могут подвергаться повторному рассмотрению и переоценке при разработке технического проекта или формировании комплекта рабочей документации, если возникает необходимость в их корректировке.

Учет показателей утилизации при прохождении экологической экспертизы дает возможность более полно оценить степень влияния автомобиля на природную среду, в процессе его утилизации, а также предотвратить выпуск автомобилей, опасных с экологической точки зрения. Следовательно, полезным может быть решение о включении в список документов, предъявляемых производителями на рассмотрение комиссии по экологической экспертизе, результатов оценки утилизационной способности нового автомобиля, где должна быть определена степень его воздействия на окружающую природную среду в послеексплуатационный период и должен быть обоснован выбор метода утилизации.

Для реализации на практике всех вышеизложенных предложений необходимо решить две задачи: оценки и выбора. В задачу оценки входит определение количественных значений показателей утилизации по известным значениям проектных параметров. Задача выбора заключается в нахождении наилучшего решения, т. е. среди возможных вариантов, характеризующих утилизационную способность автомобиля, необходимо выбрать тот, который наилучшим образом отвечал бы поставленной цели.

Оценку утилизационной способности рассмотрим на примере одной из сложных автомобильных систем, а именно системы зажигания компании Mitsubishi, представленной на рис. 3 [8].

На рис. 4 представлен наиболее сложный элемент системы зажигания – стартер с планетарным редуктором, состоящий из винтов (6 штук), передней крышки, легкосъемного кольца, обгонной муфты, рычага, пластины, упора рычага, солнечной шестерни, водила, сателлитов, шарика, тягового реле, фиксатора корпуса редуктора, корпуса, якоря, заднего подшипника, щеток, щеткодержателя, задней крышки.

На первоначальном этапе разрабатывается технология разборки стартера с планетарным редуктором. За основу принимаем технологию разборки, предлагаемую производителем: отвернуть винты; снять тяговое реле; отвернуть винты; отвернуть болт; снять заднюю крышку; снять щеткодержатель; снять задний подшипник; снять якорь; снять уплотнение «А» (на рис. 4 не показано); снять уплотнение «В» (на рис. 4 не показано); снять пластину; снять сателлиты; снять приводной рычаг; снять стопорное кольцо; снять замочное кольцо; снять обгонную муфту; снять коронное колесо; снять водило планетарной передачи; снять переднюю крышку стартера [8].

Следующий этап заключается в определении показателей утилизации. В данном примере при оценке стартера с планетарным редуктором используем следующие показатели:

X1 – степень разборности изделия;

X2 – степень применяемости рециркулируемых материалов в изделии;

X3 – степень рециклинга изделия;

X4 – степень опасности стартера для окружающей среды после окончания эксплуатации.

На третьем этапе было проведено ранжирование показателей по экспертным оценкам с помощью метода парных сравнений:

$$X1 = X2, X1 < X3, X1 > X4,$$

$$X2 < X3, X2 < X4,$$

$$X3 = X4.$$

$Y0 = 1$, при $X_i = X_j$, $X_i > X_j$; $Y0 = 0$, при $X_i < X_j$, где $i, j = 1, 2, 3, 4$.

По результатам сравнения построена матрица рангов и определены весовые коэффициенты.

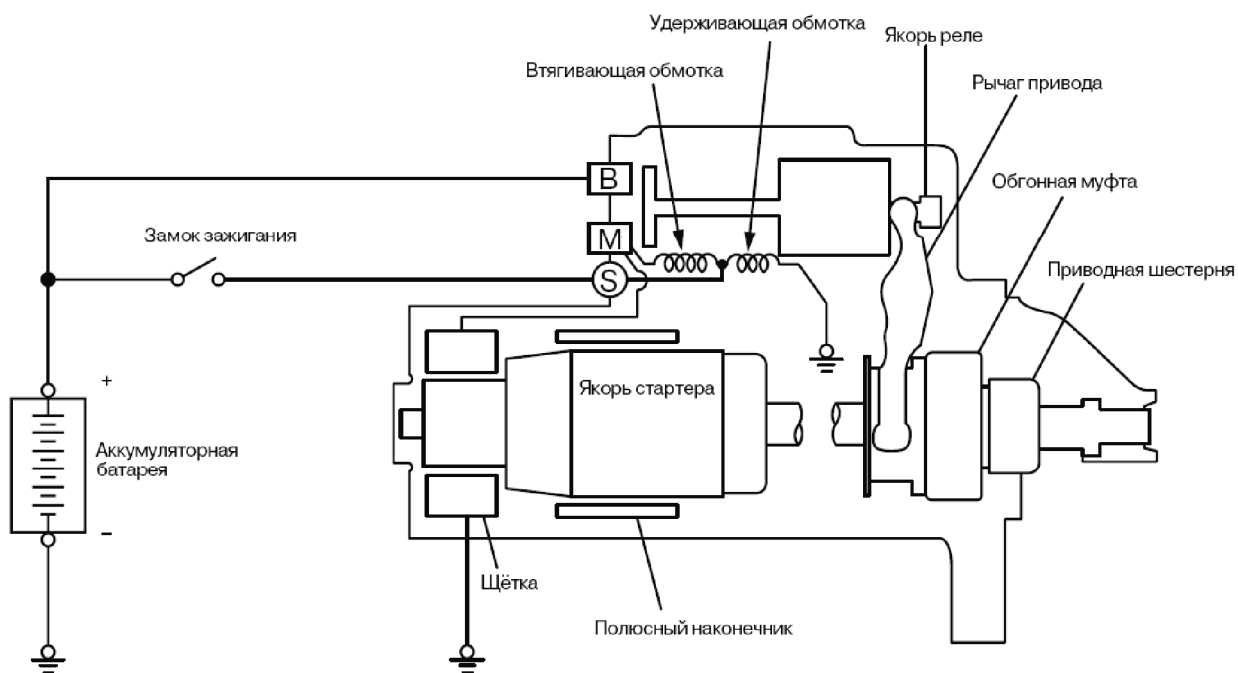


Рис. 3. Система зажигания автомобиля

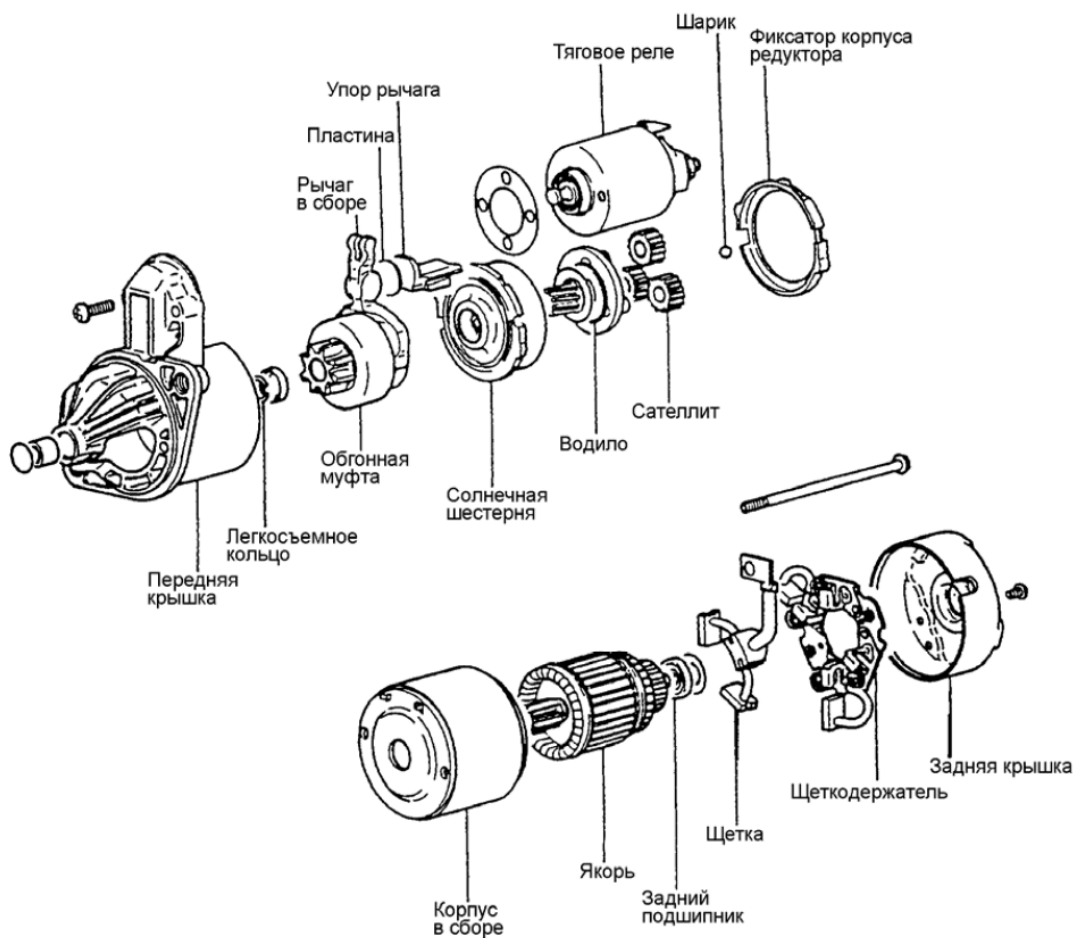


Рис. 4. Схема разборки стартера с планетарным редуктором

Таблица 1. Значения нормируемых весовых коэффициентов показателей утилизации

$X_i \backslash X_j$	X1	X2	X3	X4	$\Sigma jY0$	Нормируемый весовой коэффициент $F_i = \Sigma jY0 / \Sigma i \Sigma jY0$
X1	1	1	0	0	2	0,167
X2	1	1	0	0	2	0,167
X3	1	1	1	1	4	0,333
X4	1	1	1	1	4	0,333
$\Sigma i \Sigma jY0$					12	1

Следующий этап работ заключается в количественной оценке базовых показателей утилизации. В рассматриваемом примере их всего четыре, поэтому все показатели принимаем за базовые показатели:

- Степень разборности:

$$K_p = 1 - H_c / H_{\text{общ}} = 1 - 5/25 = 0,8,$$

где H_c – количество элементов стартера, состоящих из двух и более материалов (обгонная муфта, тяговое реле, задний подшипник, щетки, щеткодержатель); $H_{\text{общ}}$ – общее количество элементов стартера.

- Степень применимости рециркулируемых материалов в стартере с планетарным редуктором.

Сведем все материалы, подлежащие утилизации, в табл. 2.

Таблица 2. Материалы, подлежащие утилизации

Наименование детали	Материал	Масса, г
1. Винты и болты (6 штук)	сталь	30
2. Передняя крышка	алюминий	268
3. Кольца	сталь	15
4. Рычаг	сталь	120
5. Пластина	сталь	18
6. Упор рычага	сталь	115
7. Солнечная шестерня	сталь	340
8. Водило	сталь	98
9. Сателлиты	сталь	180
10. Материалы тягового реле и якоря	медь	140
11. Задняя крышка	алюминий	213
Итого:		1 537

Численность видов материалов, перерабатываемых и используемых повторно (n), равна 3, а общая численность материалов в изделии (P) – 7, поэтому

$$K_{pr} = n / P = 3/7 = 0,4286,$$

где n – число видов рециклируемых материалов; P – общее число видов материалов в стартере.

- Степень рециклинга изделия:

Масса стартера по данным изготовителя составляет 1 800 г. Из табл. 2 видно, что масса утилизируемых материалов равна 1 537 г, таким образом

$$K_{rec} = M_{ут} / M_{изд} = 1 537 / 1 800 = 0,8539,$$

где $M_{ут}$ – масса рециклируемых материалов; $M_{изд}$ – масса стартера.

- Степень опасности изделия.

В стартере с планетарным редуктором нет токсичных элементов, поэтому оно не опасно для окру-

жающей среды, исходя из этого значение показателя X_4 равно 1.

Заключительный этап – определение комплексного показателя утилизации стартера с планетарным редуктором. Для его расчета все значения показателей и их весовые коэффициенты сведены в табл. 3. Комплексный показатель определяем по формуле:

$$\Pi(N) = \Sigma F_i B_i = 0,167 \cdot 0,8 + 0,167 \cdot 0,4286 + 0,333 \cdot 0,8539 + 0,333 \cdot 1 = 0,8165.$$

Таблица 3. Значения показателей и весовые коэффициенты

Базовые показатели	Нормированный весовой коэффициент F_i	Баллы (B_i)
X1	0,167	0,8
X2	0,167	0,4286
X3	0,333	0,8539
X4	0,333	1

Например, стартер без планетарного редуктора обладает значением $\Pi(N) = 0,7481$ (в расчетах не приводится). По рассчитанному комплексному показателю утилизационной способности изделия возможно производить выбор из нескольких вариантов стартеров компании Mitsubishi.

Библиографические ссылки

1. Амиров Ю. Д., Печёнкин А. Н. Оценка качества продукции и рыночная экономика // Стандарты и качество. – 1992. – № 6. – С. 21.
2. Техничко-экономический анализ машин и приборов / Ю. Н. Мымрин, К. А. Грачева, Ю. В. Скворцов [и др.] ; общ. ред. М. И. Ипатов, В. И. Постников. – М. : Машиностроение, 1985. – С. 54–55.
3. Кондратьев Н. В., Родников Е. К. Автоматизация управления качеством продукции на предприятии. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. – 207 с.
4. Прикладные вопросы квалиметрии / А. В. Гличев, Г. О. Рабинович, М. И. Примаков и др. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 136 с.
5. Васильев В. Н., Садовская Т. Г. Организационно-экономические основы гибкого производства : [учеб. пособие для машиностроит. специальностей вузов]. – М. : Высш. шк., 1988. – С. 158.
6. Васькова Н. А., Кургузкин М. Г., Лебедева Ю. А. О методе оценки утилизационной способности изделий на стадии предпроектных и проектных работ // Экология и жизнь : II Междунар. науч.-практ. конф., 25–26 нояб. 1999 г. : сб. материалов / [под ред. В. В. Арбузова]. – Пенза : Междунар. акад. наук экологии и безопасности жизнедеятельности : Приволж. Дом знаний, 1999. – С. 95–97.
7. Васькова Н. А., Кургузкин М. Г., Лебедева Ю. А. К вопросу утилизации сложных технических изделий и систем // Экология и жизнь : II Междунар. науч.-практ. конф., 25–26 нояб. 1999 г. : сб. материалов / [под ред. В. В. Арбузова]. – Пенза : Междунар. акад. наук экологии и безопасности жизнедеятельности : Приволж. Дом знаний, 1999. – С. 39–42.
8. Электрооборудование автомобилей : учеб. пособие / Mitsubishi motors, 2007.

Selection of recycling criteria in variety of automobile quality indexes

Questions of automobiles recycling, specifically, the selection of automobile quality indexes, are examined in the article. It is defined that in order to select automobile quality index from the point of view of its recycling capability it is necessary to solve two problems: definition of values of the recycling criteria by means of known values of the project parameters and finding the best solution from variety of cars recycling methods.

Keywords: automobile, recycling, secondary usage of materials

Получено: 08.11.13

УДК 004.942

В. С. Кузнецов, кандидат технических наук, доцент;
Глазовский инженерно-экономический институт (филиал)
Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова
А. С. Кузнецов, кандидат технических наук, доцент;
Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова
Е. В. Могильников, кандидат технических наук, доцент
Глазовский инженерно-экономический институт (филиал)
Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

ИНТЕГРАЦИЯ САПР В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ КОНТАКТА АРОЧНЫХ ЗУБЬЕВ*

Рассматриваются вопросы повышения эффективности решения прикладных задач исследования локализации контакта арочных зубьев путем создания интегрированного программного решения на основе системы математического программирования и функций интерфейсов программирования приложений (API).

Ключевые слова: арочный зуб, программный комплекс автоматизированного расчета, моделирование планетарных передач с локализованным контактом, математическое программирование

Современные САПР позволяют решать большой спектр стандартных инженерных задач в машиностроении и других отраслях, однако решение специальных исследовательских задач в существующих программных продуктах, как правило, ограничено и требует существенных затрат времени и средств на реализацию. В частности, актуальная задача исследования локализованного контакта арочных зубьев колес в планетарных передачах [1–5] не может быть решена в полном объеме с использованием стандартных САПР. Наиболее эффективным инструментом создания модулей автоматизированного расчета в исследовательских задачах остаются системы инженерных и математических расчетов (MathCAD, Mathematica и др.), обеспечивающие необходимую степень свободы исследователя от работы с программным кодом. Однако решение в таких системах сложных задач, связанных с большими объемами вычислений, часто оказывается невозможным или низкопроизводительным. В этой связи развиваются интегрированные программные решения, в которых комбинируются возможности систем инженерных и математических расчетов и других программ.

Примером реализации такого подхода является программный комплекс (ПК) автоматизированного расчета и моделирования планетарных передач с локализованным контактом «МАТПЛАН», разработанный в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

Ядром ПК являются программные модули (MathCAD) геометрического расчета, синтеза рациональ-

ных параметров, моделирования зацеплений и полей зазоров во всех фазах внешнего и внутреннего зацеплений, реализованные в среде MathCAD. Управление сложными многоуровневыми итерационными вычислениями, процессами передачи данных между модулями, настройками и хранением проекта осуществляет специально разработанный программный модуль (MS Visual Studio 2010). На рис. 1 показана схема движения данных, иллюстрирующая работу программного модуля.

Моделирование поверхности арочного зуба осуществляется на основе математической модели станочного зацепления в среднем торцевом сечении, так как образуемый режущим инструментом профиль заранее известен. Дальнейший синтез геометрических параметров рабочей поверхности зуба (рис. 2) осуществляется на основе кинематических движений формообразования, соответствующих определенной схеме процесса обработки зубьев [1–3].

Такой подход к моделированию пространственных зацеплений передачи 2К-Н позволяет рассмотреть влияние геометрии зубчатых зацеплений в среднем торцевом сечении и кривизны поверхностей зубьев на работоспособность передачи в целом, т. е. определить плотность сопряжения боковых поверхностей зубьев (мгновенное поле зазоров). Наличие в планетарной передаче 2К-Н сателлитов приводит к наследованию во внешнем зацеплении части геометрических параметров внутреннего зацепления, что, в свою очередь, определяет их взаимосвязь.