

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 629.113

С.А. Гагунов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕГКИХ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ УТИЛИЗАЦИИ В КОНЦЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Нижегородский государственный технический университет им П.Е. Алексеева

Вопросы утилизации транспортных средств в конце жизненного цикла являются наиболее важными с точки зрения экологии. Зарубежный опыт в области утилизации транспортных средств позволяет также вести речь и об экономической эффективности данной отрасли, однако для достижения высоких результатов необходимо учитывать требования к утилизации на ранних этапах проектирования изделия. В данной статье проведен анализ отечественной отрасли утилизации. Выявлены основные барьеры в области утилизации коммерческих транспортных средств. Предложена методология проектирования легких коммерческих автомобилей (ЛКА), удовлетворяющая показателям утилизации. Предложен алгоритм проектирования, учитывающий требования инженерного анализа и экономической целесообразности, который обеспечивает ориентированность изделия на возможность утилизации. Приведен расчет показателей утилизации на основе полного набора информации о компонентах транспортного средства. Рассмотрен демонтаж компонентов транспортного средства как ключевой процесс в структуре утилизации. Проведена сравнительная оценка эффективности демонтажа пластиковых изделий коммерческих транспортных средств Группы ГАЗ.

Ключевые слова: утилизация, рециклинг, легкие коммерческие транспортные средства (ЛКА), жизненный цикл.

Введение

Растущий парк автомобилей и, как следствие, возрастающая нагрузка на окружающую среду ставят задачу минимизации отрицательного воздействия автотранспорта на экологию. Одним из ключевых направлений повышения экологичности выступает задача утилизации отслуживших срок транспортных средств. При этом степень повторного использования материалов и компонентов, применяемых при изготовлении автомобилей, имеет существенное значение для повышения энергоэффективности и ресурсосбережения экономики.

В утилизации автомобилей заинтересованы практически все основные участники автотранспортного комплекса. Автопроизводители получают существенную выгоду за счет использования более дешевого вторичного сырья, автотранспортные компании и автовладельцев со стороны государственные обеспечивают денежными субсидиями. Министерство промышленности и торговли посредством утилизации способствует стимулированию обновления парка транспортных средств. Обновление парка подвижных средств также выгодно и для министерства транспорта. За счет утилизации отслуживших срок автомобилей повышаются экологичность и безопасность транспортной системы [1].

Зарубежные государства имеют колоссальный опыт в области утилизации транспортных средств в результате чего данная сфера деятельности приносит довольно внушительный доход, который позволяет отрасли развиваться без существенного вмешательства правительства. Так, в странах Евросоюза, согласно Европейской ассоциации автопроизводителей, прибыль от переработки одного автомобиля в ЕС составляет около 340 евро [2].

Отечественный опыт в области утилизации транспортных средств

В отличие от зарубежных стран, отечественная отрасль утилизации находится сегодня на начальной стадии развития. Наряду с проблемами в правовой сфере, отсутствия единой системой утилизационных центров, существуют сложности в утилизации транспортных средств, конструкция которых не позволяет качественно и быстро осуществить процесс демонтажа и последующую переработку изделия.

Так, вопрос утилизации легких коммерческих транспортных средств Группы ГАЗ имеет большую значимость, ввиду того, что продукция предприятия занимает на отечественном рынке порядка 70% от общего числа продаваемых транспортных средств данной категории. Адаптированность конструкции к утилизации позволяет не только соответствовать экологическим требованиям на отечественном рынке, а также способствует повышению экспортного потенциала продукции. Для наиболее качественного решения задачи утилизации автотранспорта необходимо уже на стадии проектирования новой продукции закладывать возможности максимального повторного использования и переработки компонентов и материалов после завершения этапа эксплуатации автомобиля.

Решением задач, связанных с оценкой экологичности и разработкой методологий проектирования транспортных средств с учетом их последующей утилизации, занимались различные ученые и научные организации.

В трудах [3, 4] рассмотрены технологические схемы утилизации узлов и агрегатов транспортного средства, проведен анализ зарубежного опыта в области утилизации, дана оценка отечественной нормативно-правовой базе.

В работе [5] представлена методика экологической оценки легковых автомобилей в полном жизненном цикле, учитывающая стадии их производства, эксплуатации и утилизации.

В работе [6] представлена методология проектирования усовершенствованных конструкций автотранспортных средств с учетом их последующей утилизации, которая подразумевает использование комплекса рекомендаций, включающих применение технологий модульного принципа проектирования узлов и систем автомобиля, использования в конструкции АТС соединений, способствующих упрощенной разборке деталей и узлов, а также сортировке материалов, выбора конструкционных материалов в узлах и системах с точки зрения их совместимости при рециклировании.

По результатам анализа можно сделать вывод о целесообразности применения вышеуказанных трудов для успешного решения задачи утилизации транспортных средств.

Однако при утилизации легких коммерческих транспортных средств в конце жизненного цикла, существует ряд особенностей, связанных с отсутствием внутренних нормативных документов, определяющих методологию проектирования ЛКА с учетом требований пригодности к утилизации, неподготовленностью базы данных состава продукта для расчета показателей утилизируемости, сложностью организации работы с поставщиками деталей, узлов и агрегатов в части предоставления паспортов материалов и компонентов и т.д.

От выбора методики проектирования легких коммерческих транспортных средств с учетом утилизации напрямую зависит вывод продукции на зарубежные рынки, в особенности на рынок Евросоюза, а также на рынки Российской Федерации и стран Таможенного союза, в которых возрастает тенденция к ужесточению экологических норм.

Детальное исследование требований Правил ООН и Директив ЕС (Правила ООН 133, директивы 2000/53/ЕС и 2005/64/ЕС, стандарт ИСО 22628:2002 и т.д.) показало, что, для приведения конструкции новых и уже выпускаемых автомобилей в соответствие требованиям утилизации необходимо создание методологии проектирования и разработки легких коммерческих транспортных средств, удовлетворяющих показателям утилизации.

Разработка методологии проектирования и разработки легких коммерческих транспортных средств, удовлетворяющих показателям утилизации

На первых этапах разработки данной методологии был определен ряд подходов, которые необходимо применить автопроизводителю:

- разработка и внедрение комплекта стандартов управления целями по утилизации;
- создание специализированной среды коллективной работы для представителей различных областей проектирования продукта и его производства;
- разработка конструкции, ориентированной на возможность переработки с целью повторного использования;
- раннее вовлечение поставщиков в работы по обеспечению пригодности к утилизации;
- отказ от использования опасных материалов, либо непревышение предельных значений (свинец, кадмий, ртуть, шестивалентный хром);
- использование материалов, пригодных к переработке и повторному использованию;
- маркировка компонентов из полимеров и эластомеров;
- разработка и обеспечение доступности Каталогов разборки ТС предприятиям по утилизации;
- гарантирование возможности повторного использования более 85% от массы автомобиля, заложенное уже на стадии проектирования.

Алгоритм проектирования легких коммерческих транспортных средств с учетом требований к утилизации в конце жизненного цикла, объединяющий данные подходы заключается в следующем.

На начальном этапе проектирования производится анализ функционального назначения изделия и параллельно, согласно нормативным документам, определяются требования к конструкции изделия относительно возможности его повторного использования, вторичной переработки и восстановления. На основании данного анализа формируется структура конструкции изделия и выбор его материала. При соответствии характеристик изделия требованиям инженерного анализа осуществляется оценка пригодности материала изделия к его переработке. В случае отрицательной оценки пригодности рассматриваются возможность изменения типа материала изделия и простота демонтажа изделия. После удовлетворения требованиям инженерного анализа, пригодности к утилизации и простоте демонтажа производится расчет затрат и выгоды от переработки изделия с учетом бюджета производства. В случае соответствия результатов расчетов заданным требованиям производится анализ затрат и прибыли при производстве и переработке изделия и запуск производства. При несоответствии результатов расчета требованиям производится изменения конструкции изделия, начиная с первого этапа данного алгоритма.

В процессе проектирования нового автомобиля особенности в части утилизации встраиваются в общий поток работ, представленный на рис. 1.

На этапе планирования продукта определяются законодательные требования на рынках предполагаемой реализации автомобилей. Формируется база данных по составу продукта с возможностью расчета показателей утилизации. На этапе разработки продукта требования по утилизации включаются в состав технических требований к поставщику компонентов. При проектировании учитываются ограничения и рекомендации по пригодности автомобилей к утилизации, осуществляется выбор контрольного транспортного средства (ТС) для расчета показателей. На этапе подготовки производства от поставщиков получают подтверждения о выполнении требований по утилизации в виде оформленных паспортов материалов компонентов. При подготовке производства, также, учитываются требования пригодности к утилизации в отношении процесса производства. На всех этапах проводится мониторинг расчета показателей утилизации и необходимая корректировка конструкции и технологии (в случае выявления несоответствий).

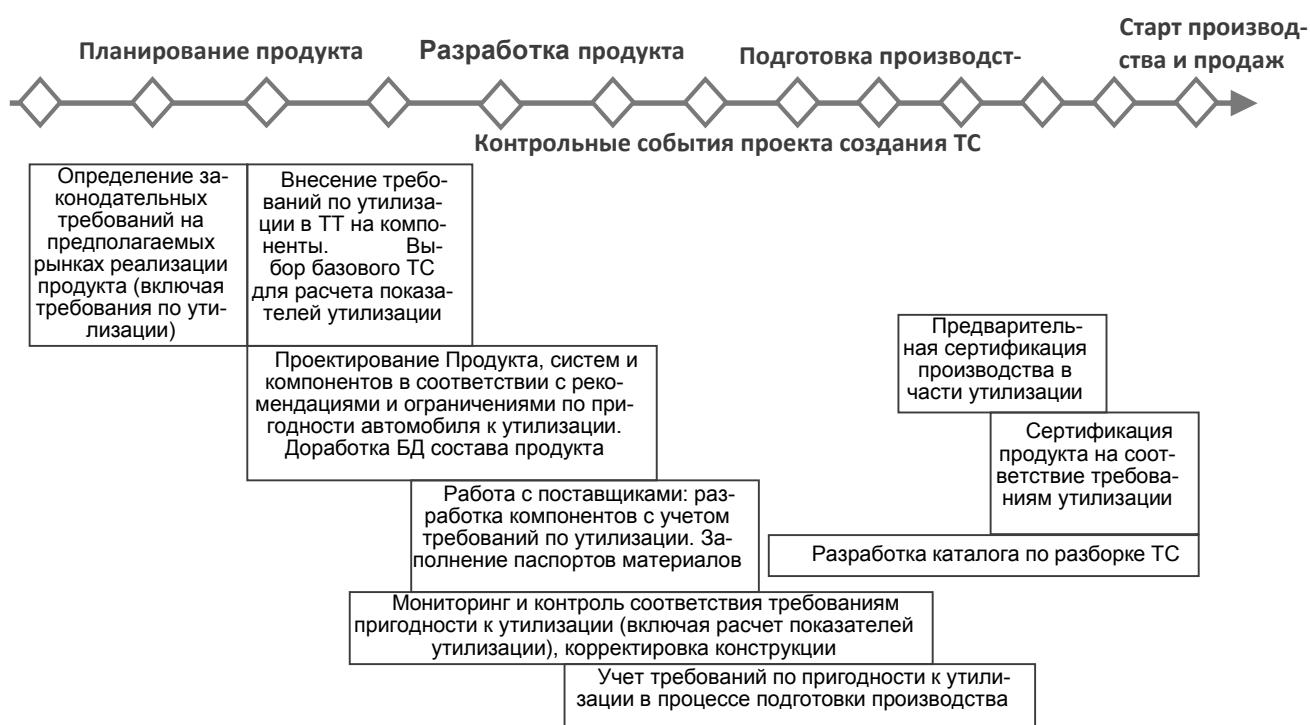


Рис. 1. Поток работ по выполнению требований пригодности к утилизации при создании продукта

С точки зрения продукта можно выделить следующие особенности при обеспечении его пригодности к утилизации.

Концепция продукта:

- максимальный охват затребованных рынком функциональных характеристик путем создания линейки продуктов с минимально необходимым количеством вариантов;
- точное выполнение ожиданий потребителя без заниженных или избыточных характеристик продукта;
- оптимизация конструкции ТС в части идентичности основных характеристик компонентов (равный ресурс, идентичный уровень качества);
- минимизация материалоемкости и энергопотребления продукта на всем жизненном цикле;
- проектирование с обеспечением легкой разборки. Обеспечение устойчивости соединений к воздействию времени (коррозия, старение, изменение свойств), т.е. можно ли будет разобрать автомобиль через 10...15 лет так же легко, как в момент сборки;
- минимизация номенклатуры компонентов из различных материалов, т.е. необходимо стремиться использовать одни и те же компоненты и материалы.

Использование в конструкции экологически «дружественных» материалов:

- минимизация использования опасных материалов (свинец, ртуть, кадмий, шестивалентный хром);
- предпочтение выбору материалов, имеющих наименьшие энергозатраты при производстве продукта;
- применение материалов наиболее пригодных к повторному использованию;
- повторное использование материалов, полученных в результате утилизации; Снижение массово – габаритных характеристик компонентов продукта;
- снижение массы и объема компонентов способствует снижению логистических затрат при производстве и энергопотребления при эксплуатации автомобиля;
- Оптимизация технологии производства:

- использование технологических процессов с минимальной энергоемкостью и наименьшими выбросами вредных веществ;
 - минимизация количества технологических операций;
 - использование материалов, не требующих дополнительной обработки поверхности деталей;
 - минимизация образование отходов;
 - повторное использование отходов в том же технологическом процессе;
 - использование вторичных материалов в производстве автомобилей.
- Использование продукта по окончании срока службы:
- на этапе проектирования предусматривать возможность повторного использования компонентов, после соответствующего ремонта;
 - конструкция должна обеспечивать легкую разборку и разделение материалов;
 - следует использовать модульную конструкцию, что позволяет упростить разборку;
 - материалы должны иметь маркировку (особенно полимеры и эластомеры) для ускорения их сортировки;
 - чем больше материалов пригодно к переработке для повторного использования - тем меньше отходов будут подлежать захоронению;
 - узлы и детали, содержащие опасные материалы, должны легко сниматься, чтобы в дальнейшем не засорять окружающую среду (особенно при сжигании отходов).

Поскольку показатели пригодности к утилизации и восстановлению определяются расчетом по массам материалов компонентов транспортного средства, обозначенным в технической документации автопроизводителя с последующим контролем фактических отклонений в производстве, вопрос управления массами занимает одно из ключевых мест в процессе управления целями по утилизации. Порядок действий по управлению целевой массой автомобиля представлен в табл. 1.

Таблица 1

Порядок действий по управлению целевой массой автомобиля

№	Действие	Этап создания продукта
1	Проанализировать тенденции изменения массовых характеристик автомобилей и их компонентов в будущие периоды. Провести анализ предшествующих моделей собственного производства. Провести анализ значений масс продуктов конкурентов и их компонентов в рамках работы по бенчмаркингу.	Планирование
2	Установить целевые массы для базовых модификаций автомобиля в семействе продукта	Планирование
3	Представить инженерный состав базовых модификаций до крупных систем - первый уровень декомпозиции (кузов, шасси, электрика и электроника, ...). Провести разбивку целевой массы продукта на системы.	Конец этапа планирования
4	Провести декомпозицию систем на подсистемы (колеса, КПП, ...) – второй уровень декомпозиции. Провести разбивку целевой массы на подсистемы.	Начало этапа разработки
5	Провести декомпозицию подсистем на компоненты – третий уровень декомпозиции. Провести разбивку целевой массы на компоненты.	Разработка
6	Разработка конструкции компонентов в рамках неперевышения целевой массы. Корректировка распределения масс в обоснованных случаях.	Разработка
7	Подтверждение достижения целевых значений в производстве. Проведение изменений конструкции в обоснованных случаях.	Подготовка производства

Расчет показателей утилизации осуществляется на основе полного набора информации о составе и массах каждого компонента ТС, вплоть до деталей крепежа, уплотнителей,

наполнителей, припоев и т.д. Взаимосвязь стадий переработки транспортных средств с расчетом показателей пригодности к утилизации представлена на рис. 2.



Рис. 2. Взаимосвязь стадий переработки ТС с расчетом показателей пригодности к утилизации

Другим ключевым моментом в пригодности автомобилей к утилизации выступает обеспечение эффективного процесса разборки автомобиля в конце жизненного цикла [7,8]. Данный критерий напрямую связан с экономической эффективностью утилизации автомобилей. Время на разборку автомобиля определяется особенностями его конструкции, элементами крепления узлов и деталей, наличием инструкций по проведению разборки и т.д. К настоящему времени многие зарубежные автопроизводители уделяют особое внимание на временные затраты, связанные с разборкой автомобиля, так как при увеличении времени разборки возрастает полная стоимость утилизации автомобиля.

Учитывая изложенное, для минимизации временных и финансовых затрат на утилизацию легких коммерческих транспортных средств в их конструкции уже на этапе проектирования закладываются специализированные решения и ограничения, упрощающие разборку. Средствами САД-системы и специализированной системы моделирования технологических процессов производится имитация демонтажа компонента с расчетом траектории и времени операций. Пример моделирования демонтажа пластиковых деталей облицовки «ГАЗель Next» представлен на рис. 3.

Для оценки эффективности демонтажа пластиковых изделий ТС «ГАЗель Next», при проектировании которого были учтены требования по демонтажу в целях утилизации, и ТС «ГАЗель Бизнес» (ГАЗ 3302), в конструкции которого не было заложено требований по демонтажу компонентов, были проведены сравнительные испытания. Суть испытаний заключалась в оценке количества пластиковых компонентов и времени, затрачиваемого на их демонтаж. Несмотря на то, что количество пластиковых деталей на автомобиле «ГАЗель Next», по сравнению с «ГАЗель Бизнес», больше на 15%, время, затрачиваемое на демонтаж данного типа изделий, меньше на 25%. По результатам данного эксперимента можно сделать вывод о том, что данный

подход позволяет минимизировать временные и материальные затраты на обеспечение демонтируемости компонентов, а также, повысить число демонтируемых неметаллических деталей, что увеличивает показатель пригодности автомобиля к утилизации.

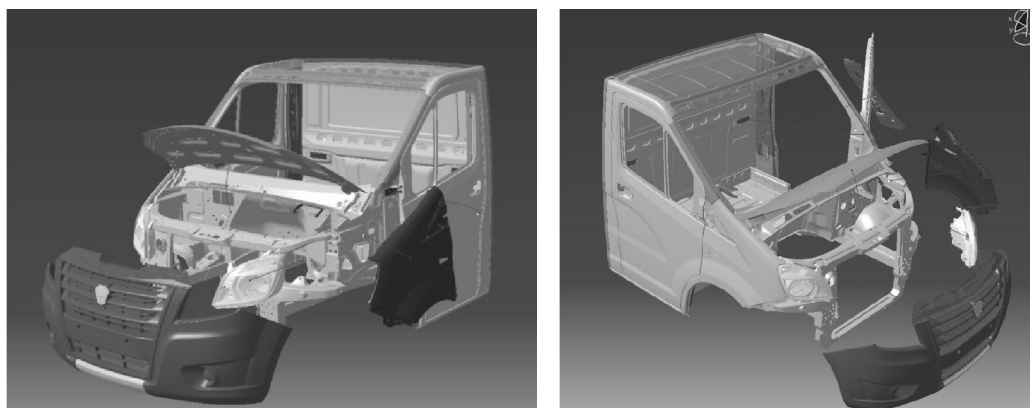


Рис. 3. Моделирования демонтажа пластиковых деталей облицовки «ГАЗель Next»

Результатом вышеуказанных работ являются выпущенные каталоги демонтажа легких коммерческих автомобилей Группы ГАЗ, удовлетворяющие требованиям нормативных документов ЕС в отношении пригодности транспортных средств к утилизации.

Выводы

Таким образом, для обеспечения лидирующих позиций ЛКА ГАЗ на внутреннем рынке и роста продаж на внешних рынках было достигнуто существенное повышение экологической безопасности продуктов, в том числе путем обеспечения пригодности к утилизации в конце жизненного цикла. Результаты данной работы позволили реализовать проект по разработке новых и приведению уже выпускаемых легких коммерческих автомобилей ГАЗ в соответствие Европейским требованиям по пригодности к утилизации в конце жизненного цикла.

Следует отметить, что при непосредственном применении вышеописанной методики проектирования легких коммерческих транспортных средств с учетом утилизации в конце жизненного цикла были получены сертификаты соответствия Директивам 2009/1/ЕС и 2005/64/ЕС на производство и продукцию соответственно, что является одним из условий выхода на экспортные рынки.

Библиографический список

1. **Акулова, А. А.** Организация процесса утилизации автомобилей в уральском регионе: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22 / Екатеринбург, 2017.
2. Официальный сайт «Российской газеты» [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://rg.ru/2013/09/10/transport.html>, свободный
3. **Бобович, Б.Б.** Утилизация автомобилей и автокомпонентов: учеб. пособие / Б. Б. Бобович. – М.: МГИУ, 2010. – 176 с.
4. **Трофименко, Ю.В.** Утилизация автомобилей: монография / Ю.В. Трофименко, Ю.М. Воронцов, К.Ю. Трофименко. – М.: АКПРЕСС, 2011. – 336 с.
5. **Петров, Р. Л.** Экологическая безопасность автомобилей ВАЗ в полном жизненном цикле: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / М., 2006.
6. **Сычев, А.В.** Методология проектирования автомобилей с учетом их последующей утилизации / А.В. Сычев, А.С. Теренченко // Журнал автомобильных инженеров. – 2012. – №1. – С. 34–35.
7. **Крясков, В.Г.** Разработка методологии создания карт демонтажа для целей утилизации / В.Г. Крясков, С.А. Гагунов, А.М. Грошев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №6. – С. 109–117.

8. **Крясков, В.Г.** Анализ способов организации процессов демонтажа вышедших из эксплуатации транспортных средств для нужд утилизации / В.Г. Крясков, Т.В. Анфимова, С.А. Гагунов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – №1(102). – С. 142–149.

*Дата поступления
в редакцию 20.03.2018*

S.A. Gagunov

LIGHT COMMERCIAL VEHICLES DESIGNING WITH CONSIDERING END-OF-LIFE VEHICLES RECYCLING REQUIREMENTS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Development of light commercial vehicles designing methodology satisfying the utilization rates.

Design/methodology/approach: This approach is based on functional and engineering analysis of the projected product and on the requirements of normative documents in the field of recycling

Findings: The analysis of the domestic recycling industry was carried out. The main barriers in the field of commercial vehicles utilization have been identified. A methodology of designing light commercial vehicles (LCV) with satisfies the utilization rates is proposed. The calculation of recycling indicators based on a complete set of information on vehicle components is given. The dismantling of vehicle components as a key process in the utilization structure is considered. A comparative evaluation of the efficiency of dismantling of plastic products of GAZ Group commercial vehicles was carried out.

Research limitations/implications: This work is the basis for creating the GAZ Group products according with the end-of-life vehicles recycling requirements

Originality/value: The introduction of this methodology will provide the leading positions of GAZ Group's products on the domestic market and the growth of sales in foreign markets, and will increase the environmental safety of manufactured vehicles.

Key words: end-of-life vehicles (ELV), dismantling, recycling, material separation, light commercial vehicles (LCV).