

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный агроинженерный университет
имени В.П. Горячкина»**

УДК 656.13:612.787

На правах рукописи

04201353926



АВДЕЕВ ЕВГЕНИЙ АНДРЕЕВИЧ

**Технологическое обеспечение
селективной утилизации
отработанных пластмассовых изделий**

**Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве**

**ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Научный руководитель:
член-корреспондент РАСХН,
доктор технических наук,
профессор Дидманидзе О.Н.**

МОСКВА 2013

СОДЕРЖАНИЕ

| | СТР. |
|---|------|
| Введение..... | 4 |
| Глава 1. Экологические и технологические аспекты утилизации пластмассовых деталей транспортных и транспортно- технологических машин..... | 10 |
| 1.1. Выбывшая из эксплуатации техника как угроза экологической безопасности..... | 10 |
| 1.2. Происхождение пластмасс..... | 11 |
| 1.3. Типы и виды пластмасс..... | 15 |
| 1.4. Пластмассы в конструкции транспортных и транспортно- технологических машин..... | 31 |
| 1.5. Перспективы пластмасс в конструкции ТнТТМ и проблемы их утилизации..... | 53 |
| 1.6. Анализ работ по исследованию технологических процессов утилизация техники и полимерных материалов..... | 58 |
| 1.7. Выводы по главе 1. Обоснование цели и задач исследования..... | 61 |
| Глава 2. Теоретические основы разработки ресурсосберегающих технологий утилизации пластмассовых деталей..... | 64 |
| 2.1. Экологические и технологические проблемы переработки полимерных материалов..... | 66 |
| 2.2. Общие принципы эффективного использования средств технологического оснащения предприятий утилизации транспортно-технологических машин..... | 77 |
| 2.3. Основные элементы технологического процесса утилизации..... | 86 |
| 2.4. Моделирование технологического процесса утилизации пластмассовых деталей..... | 90 |

| | |
|--|-----|
| 2.5. Выводы по главе 2..... | 106 |
| Глава 3. Теоретические основы разработки системы распознавания рельефных маркировок..... | 108 |
| 3.1. Особенности технологического процесса сортировки..... | 108 |
| 3.2. Проблема распознавания образов..... | 109 |
| 3.3. Система распознавания маркировок..... | 111 |
| Глава 4. Экспериментальные исследования..... | 115 |
| 4.1. Программа и методика экспериментальных исследований... | 115 |
| 4.2. Содержание экспериментальных исследований..... | 119 |
| 4.3. Лабораторная база..... | 125 |
| 4.4. Описание опытов..... | 129 |
| 4.5. Выводы по главе 4..... | 141 |
| Глава 5. Результаты моделирования и оптимизации технологических процессов селективной утилизации пластмассовых деталей | 142 |
| 5.1. Структура парка вышедшей из эксплуатации ТиТТМ и потенциал образования полимерных отходов | 142 |
| 5.2. Результаты моделирования и оптимизации постовых работ по утилизации ТиТТМ | 150 |
| 5.3. Результаты моделирования и оптимизации участковых работ по утилизации автотракторной техники | 153 |
| 5.4. Эколого-экономическая оценка ущерба, причиняемого окружающей среде невовлечением в процесс утилизации пластмассовых деталей | 157 |
| 5.5. Определение основных экономических показателей | 165 |
| 5.6. Выводы по главе 5 | 166 |
| Общие выводы..... | 169 |
| Литература..... | 170 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. История пластмасс в автомобилестроении началась одновременно с рождением автомобильного производства: уже для первых изделий бортового электрооборудования потребовались диэлектрические материалы. По мере развития конструкций автомобилей, установки на них аккумуляторных батарей, искровых систем зажигания, приборов систем освещения, контроля, пластических материалов, обладающих заданными свойствами, потребовалось еще больше. Наконец, из них стали изготавливать детали двигателя, трансмиссии, отделки салона, а с 1953 года и кузова легковых автомобилей.

В течение последних 40 лет происходит замена металла пластмассами в легковом и грузовом автомобилестроении, а в последнее время и в сельхозмашиностроении. За эти годы были отработаны технологии массового производства деталей из пластика, сами же пластмассы по своим свойствам стали удовлетворять, а во многом и превосходить требования, предъявляемые к металлам. Увеличение доли использования пластика позволяет сократить массу транспортного средства при сохранении или даже увеличении прочности кузова.

Все эти обстоятельства привели к тому, что доля пластмасс в транспортных и транспортно-технологических машинах (ТиТТМ) непрерывно возрастает. Сразу после второй мировой войны масса пластмассовых деталей в автомобиле составляла 2-5 кг, а номенклатура пластмасс – единицы, то в настоящее время первый параметр повысился до 10-15 % массы автомобиля, а второй – до 60.

Номенклатура деталей из пластмасс также существенно расширилась. Так, на начальной стадии это были детали электрооборудования, шестерни привода распределительного вала двигателя, уплотнение водяного насоса, крыльчатка вентилятора, отдельные втулки, сегодня – также крышки и кожухи газораспределительных механизмов; крышки клапанных коробок; корпуса воздухоочистителей, наружных зеркал и топливных фильтров; впускные коллекторы; поддоны масляных картеров; расширительные бачки, бачки радиаторов системы охлаждения и стеклоомывателей; воздуховоды климатических ус-

тановок; топливные баки и топливопроводы; крупногабаритные пластмассовые наружные панели и детали оперения, кузовов, кабин и их интерьеров; передние и задние бамперы; спойлеры; антикрылья; борта кузовов пикапов; крыши легких фургонов; передние и задние маски автобусов, надколесные ниши, облицовка комбайнов и тракторов, технологические емкости сеялок и опрыскивателей; карданные валы и др.

При производстве пластмассовых автомобильных деталей в настоящее время используются материалы главным образом двух типов – термореактивные (на основе эпоксидных, фенольных и ненасыщенных полиэфирных смол, содержащих добавки и наполнители) и термопластичные (например, полипропилен (ПП), полиамид (ПА), АБС, поликарбонат (ПК), полиэтилен (ПЭ), полиуретан (ПУ) и др.). Причем вторые – предпочтительнее, поскольку отслужившие срок изделия можно подвергать утилизации для повторных двух-трехкратных переработок в новые пластмассовые изделия, тогда как первые к повторному использованию не пригодны.

Массовое применение полимерных материалов в конструкции транспортных и транспортно-технологических машин поставило острую проблему – как и где размещать их отходы в виде технологических выбросов, отработанных изделий. Даже существующие в настоящее время предприятия утилизации вышедшей из эксплуатации техники, призванные преобразовать отслужившее свой срок изделия во вторичное сырье, выделяют в отдельные категории вторсырья только черные и цветные металлы, аккумуляторные батареи, шины, остальное, в том числе и пластики, направляется по самому простому пути – на полигоны для захоронения. Данный путь утилизации неэкономичен ни с точки зрения экологии – пластики разлагаются чрезвычайно медленно, ни с точки зрения экономики – из сферы повторного использования изымаются тысячи тонн ценного вторичного материала.

Транспортные и транспортно-технологические машины, вышедшие из эксплуатации, представляют собой значительную угрозу для окружающей среды ввиду её большого количества, значительной массы и наличия в ней токсич-

ных и длительно разлагающихся веществ, которые оказывают длительное негативное воздействие, как на здоровье людей, так и на экосистемы.

Отходы, образующиеся при утилизации транспортных и транспортно-технологических машин, характеризуются большой неоднородностью по объему, составу и динамике образования, все они при неправильном обращении наносят значительный ущерб окружающей среде. Доля брошенной и разукомплектованной техники в общем количестве наземной самоходной техники, ежегодно выходящей из эксплуатации, не превышает 20 %. При этом на переработку поступают лишь 40 % от этого количества или 8 % от объемов образования, что говорит о крайне низкой эффективности системы утилизации транспортных и транспортно-технологических машин.

Проблема сбора и утилизации ТИТТМ напрямую затрагивает вопросы экологии и охраны окружающей среды. Невовлеченные в сбор и утилизацию ТИТТМ содержат большое количество элементов, негативно воздействующих на окружающую среду: элементы, содержащие свинец; отработанные масла и загрязненные топлива; технические жидкости; пластики и т.д. Из вышеперечисленных компонентов наиболее сложными в утилизации являются пластики из-за их постоянно увеличивающейся доли в конструкции транспортно-технологических машин и неопределенности пути дальнейшего их использования после выбраковки. При этом они в зависимости от вида в большей или меньшей степени оказывают воздействие на такие компоненты окружающей среды как земельные и водные ресурсы, атмосферу.

Полноценная утилизация, вышедшей из эксплуатации техники и ее компонентов, связана с разработкой технологий, позволяющих добиться максимально возможного уровня повторного использования ресурсов, установленного в Директиве Европейского союза 2000/53 ЕС. Реализация эколого-ориентированных ресурсосберегающих технологий утилизации ТИТТМ предпочтительна на производственных площадях станций технического обслуживания и ремонта автомобилей, машинно-технологических станций, ремонтных заводов, учитывая, что в рамках реализации системы утилизационных сборов

производители техники в России обязаны создать систему приемных и перерабатывающих пунктов для списываемой техники. Новизна подобного вида деятельности для большинства предприятий предполагает, что разработка эколого-эффективных ресурсосберегающих технологий утилизации ТнТТМ с обеспечением рециклинга, имеет большое научное и практическое значение.

Объекты исследования. Выбывшая из эксплуатации техника, отработанные пластмассовые детали и материалы, технологическое оборудование, предприятия по утилизации автотракторной техники.

Методы исследования. Теоретические положения, изложенные в работе, основываются на математическом аппарате исследования операций, включая теорию массового обслуживания, теорию вероятностей и математическую статистику. В основу экспериментальных исследований положены натурный пассивный эксперимент, выполняемый в производственных условиях, а также исследование технологического процесса и модельных устройств в лабораторных условиях.

Научная новизна заключается в разработке технологических процессов утилизации ТнТТМ, позволяющих достичь максимально возможного уровня повторного использования материальных ресурсов при рациональных трудовых и финансовых затратах и минимальном негативном воздействии на окружающую среду.

На защиту выносятся наиболее значимые результаты диссертационного исследования:

1. Результаты исследований по определению структуры парка, выбывшей из эксплуатации техники и потенциальные объемы поступления пластиковых деталей на утилизацию.
2. Схема технологического процесса утилизации отработанных пластмассовых деталей автотракторной техники, позволяющая минимизировать массу материалов, попадающих на захоронение.
3. Математическая модель оптимизации режима работы и характеристик постов и участков предприятия утилизации с учетом вероятностного ха-

рактера потока требований на утилизацию и продолжительности их исполнения.

4. Результаты определения продолжительности технологических процессов демонтажа и сортировки отработанных пластмассовых деталей в процессе утилизации нескольких видов техники, включая трактор, грузовой и легковой автомобиль.
5. Концепция и основные характеристики поста и управляющей программы сортировки отработанных пластмассовых деталей автотракторной техники.
6. Результаты оценки сокращения экологического вреда от недопущения компонентов утилизируемой техники в окружающую среду и экономического эффекта от деятельности постов утилизации модельного предприятия на примере Москвы и Московской области.

Практическая ценность работы. Предложенная технология позволяет производить сортировку пластиковых деталей на группы материалов непосредственно при демонтаже со списываемой ТнТТМ, обеспечивая тем самым качественным вторичным сырьем предприятия, перерабатывающие отходы пластика и выпускающие продукцию непищевого назначения и не регламентированную специальными требованиями, в том числе детали интерьера и экстерьера ТнТТМ, с учетом достижений научной организации труда, экономии материальных и трудовых ресурсов, минимизации негативного воздействия на окружающую среду и региональных особенностей парка списываемой техники.

Реализация результатов исследования. Основные результаты исследования используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина», приняты для практического применения в Долгопрудненском филиале ГУП МО «Мострансавто».

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались на Международной научно-практической конференции «Научные проблемы эффективного использования тягово-транспортных средств в сельском хозяйстве» (Москва, МГАУ, 12-13 мая 2011 года), 10-й международной научно-

практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (Оренбург, ОГУ, 25-27 октября 2011 года); Международной научно-практической конференции «Научные проблемы эффективного использования тягово-транспортных средств в сельском хозяйстве» (Москва, МГАУ, 20-22 февраля 2012 года); Международной научно-практической конференции «Инновационные агроинженерные технологии в сельском хозяйстве» (Москва, МГАУ, 8-9 ноября 2012 года); Международной научно-производственной конференции «Современные проблемы инновационного развития агроинженерии и информационных технологий» (Белгород, БелГСХА, 20-21 ноября 2012 года).

Публикации. Основные теоретические положения и результаты исследования опубликованы в 6 научных и учебных работах, в том числе 3 в журналах из перечня ВАК.

Глава 1. Экологические и технологические аспекты утилизации деталей из пластмасс

1.1. Выбывшая из эксплуатации техника как угроза экологической безопасности

Транспортные и транспортно-технологические машины (ТиТТМ) являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды на территориях городских и сельских поселений. Поэтому важной задачей является уменьшение вредного воздействия этой техники на всех стадиях ее полного жизненного цикла, включающего добычу сырья, получение материалов, топлива и электроэнергии для производства, её эксплуатацию и утилизацию. И если вопросы, связанные с оптимизацией конструкции или характера и режимов эксплуатации достаточно хорошо изучены, то вопросы утилизации только в недавнем прошлом обратили на себя внимание. При этом транспортные и транспортно-технологические машины, вышедшие из эксплуатации, представляют собой значительную угрозу для окружающей среды ввиду их большого количества, значительной массы и наличия в них токсичных веществ, которые оказывают длительное негативное воздействие, как на здоровье людей, так и на экосистемы.

Проблема сбора и утилизации ТиТТМ напрямую затрагивает вопросы экологии и охраны окружающей среды. Невовлеченная в сбор и утилизацию ТиТТМ содержат большое количество элементов, негативно воздействующих на окружающую среду:

- свинецсодержащие элементы;
- отработанные масла;
- технические жидкости;
- пластики и т.д.

Данные элементы в большей или меньшей степени оказывают воздействие на такие компоненты окружающей среды как земельные ресурсы региона, водные ресурсы и атмосферу.

В структуре негативного влияния ТиТТМ и отходов технического обслуживания (ОТО) на окружающую среду городских и сельских поселений основ-

ную роль играет загрязнение почв. Негативное влияние от разрушения почв и земель под воздействием отходов ТИТТМ выражается главным образом в деградации земельных ресурсов, загрязнении земель химическими веществами, захлавлении земель несанкционированными свалками. Основная экологическая нагрузка от негативного воздействия ТИТТМ приходится на объекты водной среды – 82 % и на почвы – 18 % [24].

С ростом парка транспортных средств в стране растет количество ОТО и выводимых из эксплуатации ТИТТМ. Сложившаяся сеть организаций по сбору и переработке автотракторной техники и её компонентов развивается стихийно, действует избирательно в отношении отходов по ценности и затратности, без учета интересов регионов.

Значительная масса ОТО либо просто выбрасывается на территории региона в леса, овраги, сливаются на землю или в канализацию, либо вывозятся на свалки бытовых отходов. В то же время большинство материалов, содержащихся в вышедших из эксплуатации ТИТТМ и ОТО, подлежат вторичной переработке и являются стратегическим сырьем для отечественных предприятий черной и цветной металлургии, химической промышленности и т.д.

1.2. Происхождение пластмасс

В 1835 году французский горный инженер, физик и химик Анри Виктор Реньо (Regnault), иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук, работавший в лаборатории Юстуса фон Либигса в Гессене, изобрел винилхлорид. Переехав во Францию, ученый продолжил исследования. Однажды Реньо забыл убрать с подоконника пробирки, содержащие винилхлорид в растворе. За несколько дней под влиянием солнечного света в них произошли удивительные изменения: образовался белый порошок. Реньо проводил с ним различные опыты, но не смог ни растворить его, ни вызвать никакой другой реакции. Таким образом, Реньо, впервые получил поливинилхлорид, известный нам сегодня под аббревиатурой ПВХ.

Только лишь в 1878 году продукт полимеризации винилхлорида был исследован более подробно. И еще 34 года потребовалось на то, чтобы результаты исследований стали достоянием промышленности. В 1912 году немецкий уче-

ный Фриц Клане сформулировал основные принципы индустриального производства пластмассы и получил патент на производство ПВХ из винилхлорида. В своей лаборатории он разработал первую дисперсию пластмассы и трудился над пригодностью и применением ПВХ первые тонны которого в 1931 году выпустил концерн BASF. С 1950 года поливинилхлорид стал активно использоваться в автомобильной промышленности.

Параллельно с этими событиями в Великобритании развивалась другая история, начавшаяся в конце 50-х гг. XIX в. и увенчавшаяся открытием Александра Паркеса, который в 1862 году изобрел первый пластификатор. Как раз в тот период – период бума колониальной политики – особым спросом мира пользовались украшения из слоновой кости. Более того, только слоновая кость подходила для изготовления шаров в сверхпопулярной и престижнейшей игре – бильярде. Но ни промышленность, ни все новые и новые внешние территориальные завоевания не покрывали потребности в необходимых материалах. Именно поиски их замены – дело, сулившее громадные прибыли, – толкнули ученого к исследованиям. Однако его надеждам не суждено было сбыться. Представив в 1862 году на Международной выставке в Лондоне свое детище паркезин – первый полимер, полусинтетический пластик, добытый из целлюлозы, Александр Паркес в конечном итоге потерпел фиаско: характеристики этого материала оставляли желать много лучшего. И это несмотря на то, что в процессе работы над паркезином ученый всячески старался придать ему все необходимые свойства. На различных этапах своих исследований он сталкивался с серьезными трудностями. Сначала синтезировал нитроцеллюлозу, но ее параметры не подходили для игровых шаров – она была легко бьющейся. Тогда он решил добавить в нее камфору, которая смягчила бы вещество, не испортив формы. Смесь нитроцеллюлозы, камфоры и спирта подогревалась до текучего состояния, далее заливалась в форму и застывала при нормальном атмосферном давлении. Но и этого оказалось мало – материал оказался легковоспламеняемым. Все дальнейшие попытки привести характеристики паркезина к каким-то оптимальным значениям не увенчались успехом.

Хотя, как это часто бывает, более успешно реализовать идеи первооткрывателя, развив их и усовершенствовав, и получить при этом всемирную славу смог совершенно посторонний человек. Джон Хайт (США) в 1873 году смог

найти вещества, которые нейтрализовали взрывчатую сущность паркезина. Предприимчивый американец сразу же зарегистрировал торговую марку Celluloid TM, полностью открестившись от первоисточника, забытого современниками и потомками. Его совсем не пугало, что изготавливаемый компанией Celluloid Manufacturing Company целлулоид по-прежнему оставался легкогорючим, - главное, что он не взрывался. Мистер Хайт наладил производство расчесок, игрушек, шариков для гольфа и пинг-понга и т.д., заработав на этом, не в пример Александру Паркесу колоссальное состояние. Можно сказать, что Хайт был первым, кто действительно заработал на полимерах. Ведь благодаря уникальным свойствам материала, твердеющего под воздействием тепла, а потом снова становящегося пластичным, целлулоид стал невероятно популярным. Также целлулоид как нельзя лучше подходил для изготовления кино- и фото- пленки.

Конец XIX – начало XX века можно по праву назвать звездным часом целлулоида. Из него изготавливают буквально все: рукоятки ножей, шариковые ручки, сувениры, различные безделушки, письменные приборы, бытовые и хозяйственные мелочи. Более того, две крупные компании – Hannibal Goadwin и Eastman Kodak Company – борются за право монопольного выпуска заветного материала для нужд кино- и фотоиндустрии. Чтобы устранить конкурента, Hannibal Goadwin подала в суд, обвинив Kodak в нарушении авторских прав. И выиграла дело. Но слава целлулоида ушла так же неожиданно, как и началась, - он все еще оставался легкогорючим, поэтому в середине 20-х годов прошлого столетия был заменен более практичным и безопасным полиэтиленом.

Примерно в это же время, в конце XIX века, в Европе шли другие исследования. Немецкие ученые не стали модифицировать или усовершенствовать изобретение британца. Они в 1897 году открыли казеин – протеин, образующийся при сворачивании молока под воздействием протеолитических ферментов. Ученые обнаружили, что казеин придает материалам эластичность, а при остывании – твердость и прочность. Его стали использовать для производства пуговиц и вязальных спиц.

Первый же полностью синтетический пластик был разработан химиком Лео Бейкелендом (Baekeland) в США в 1907 году. Лео искал синтетический заменитель шеллака – воскообразного вещества, выделяемого тропическими на-

секомыми. Спрос на шеллак возрос из-за возможности применения его в качестве изолятора в электрических проводах. Ученый изобрел жидкое вещество, наподобие смолы, которое после застывания превращалось в удивительно прочный материал. Изделия из него не растворялись даже в кислоте. Первые телефонные аппараты были сделаны именно из «находки» Бейкеленда. В 1906 году доктор Бейкеленд обнаружил, что между фенолом и формальдегидом может протекать химическая реакция с образованием смолы. Вначале жидкая или немного тягучая смола может стать после нагрева твердой, довольно тугоплавкой и нерастворимой.

Сама по себе затвердевшая бакелитовая смола – твердое хрупкое вещество с небольшой прочностью, очень напоминающее натуральную смолу. Ее использовали как добавку к лакам, особенно в электротехнике для изоляции. Потом обнаружилось, что она превосходно клеит древесину в фанерном производстве. Но в чистом виде для конструкционных целей она не находила применения. Поворотным пунктом послужили наблюдения Бейкеленда - он обнаружил, что если к смоле до ее затвердевания добавить волокон, то это резко меняет ее прочность. С этого и началось использование так называемых формовочных порошков, представляющих собой смеси частично затвердевшей смолы и коротких целлюлозных волокон, применяемых обычно в виде древесной муки. Такой сухой порошок насыпают в нагретую стальную пресс-форму. Здесь порошок размягчается, и под давлением получившаяся масса затекает во все уголки формы, после чего происходит необратимое отвердевание. Первой серийной деталью, сделанной по этой технологии, считается ручка рычага переключения скоростей автомобиля «Роллс-Ройс» (1916 году). Появившись на свет, пластик сразу попал на конвейер автопроизводителя.

Материал, получивший название бакелита, быстро приобрел популярность, так как был легким и дешевым; он делал нетрудоемким изготовление деталей даже очень сложных форм. Но широкое его распространение сдерживалось тем, что обычный технический бакелит был слабым и хрупким, поскольку в него добавлялись очень короткие волокна, лишь незначительно упрочнявшие смолу. Он был хорош лишь тем, что смесь легко формовалась, и поэтому стоимость производства была небольшой.

Хотя надо отдать должное открытию Бейкеленда, после которого челове-

чество не просто поняло и со всей очевидностью осознало прелесть и преимущества нового материала, но и стало стараться всячески усовершенствовать его. Появлялись все новые и новые виды и типы пластиков - нейлоны, пропилены и т. д., что в конечном итоге привело к стремительному распространению пластмассы по всему миру.

В 1937 году было организовано поточное производство поливинилхлорида, который стали изготавливать уже очень многие компании помимо BASF, в 1938 году полистирола, в 1942 году – полиэтилена низкой плотности, в 1957 году – полиэтилена высокой плотности и полипропилена. Можно сказать, что массовое производство практически всех известных сейчас пластмасс было налажено между 1937 и 1957 годами.

Единственным новым в ряду этих пяти полимеров с 1957 года стал полиэтилентерефталат (PET - в международной классификации), широко известный нам по бутылкам с газированными напитками и менее знакомый по некоторым элементам обшивки.

При этом новые полимеры все еще открываются, но связано это в первую очередь с приданием уже известным материалам новых свойств и характеристик путем сплавления, смешивания и комбинирования. Да к тому же объем производства этих новых полимеров на порядок ниже, чем приведенных выше термопластов.

1.3. Типы и виды пластмасс

В настоящее время существует огромное количество разнообразных пластических масс, при этом более 30 их видов используется для изготовления кузовных деталей и элементов обшивки транспортных и транспортно-технологических машин. Для производства каждого из этих изделий применяется какой-либо определенный тип пластмассы, полимера – чистого или в комбинации с другими полимерами.

Вес автотранспортных средств может быть уменьшен благодаря использованию различных пластиков. С сокращением массы среднегабаритного автомобиля на каждые 100 кг потребление топлива уменьшается примерно на 0,5 литров на каждые 100 км, а выбросы CO₂ сокращаются – на 13 г/км. Обладая

более низкой плотностью, чем металлы, пластики наиболее перспективны с точки зрения снижения веса. Содержание пластика, используемых в современных среднегабаритных автомобилях, уже достигло 15 %, и эта цифра будет расти благодаря новым концепциям в дизайне и/или комбинациям материалов.

В то же время теплостойкость пластика оставляет желать лучшего, к тому же способность накапливать статические заряды создает определенные трудности при его использовании и обработке.

Минусы пластика успешно перевешивают их положительные свойства и уже существуют перспективные разработки цельнопластмассовых кузовов для серийных транспортных средств, многие кузова спортивных автомобилей изготавливаются из пластика. Из всего этого можно сделать вывод, что скоро то время, когда пластики станут обладать более широким спектром так необходимых для производителей качеств и благодаря этому полностью вытеснят традиционные материалы, такие как металл, дерево, стекло. Уже сегодня детали кузова из пластмасс удовлетворяют требованиям американского предписания по безопасности автомобиля MVSS 215 (Motor Vehicle Safety Standard), гласящего, например, что подобные детали должны выдерживать столкновения на скорости 5 Mph (8 км/ч) без повреждения.

Пластмассы (пластические массы, пластики) – это большой класс легко формуемых полимерных органических материалов, из которых можно изготавливать легкие, жесткие, прочные, коррозионностойкие изделия. Причем при формовании изделий пластмассы находятся в вязкотекучем состоянии, а при эксплуатации – в твердом.

Эти вещества состоят в основном из углерода (С), водорода (Н), кислорода (О) и азота (N). Все полимеры имеют высокую молекулярную массу – от 10000 до 500000 и более; для сравнения: кислород (О) имеет молекулярную массу 32.

Некоторые органические пластические материалы встречаются в природе, например: асфальт, битум, шеллак, смола хвойных деревьев и копал (твердая ископаемая природная смола). Обычно такие природные органические формуемые вещества называют смолами. В ряде случаев в качестве сырья для производства пластмасс применяются природные полимеры – целлюлоза, каучук

или канифоль; чтобы достичь желаемой эластичности, их подвергают различным химическим реакциям.

Хотя модифицированные природные полимеры и находят промышленное применение, большинство используемых пластмасс являются синтетическими. Органическое вещество с небольшой молекулярной массой (мономер) сначала превращают в полимер, который затем прядут, отливают, прессуют или формуют в готовое изделие. Сырьем обычно являются простые, легкодоступные побочные продукты угольной и нефтяной промышленности или производства удобрений.

При производстве пластмасс мы имеем дело с полимеризацией. Полимеризация – это метод синтеза полимеров, при котором взаимодействие мономеров и (или) олигомеров не сопровождается обычно выделением побочных низкомолекулярных соединений [102].

В зависимости от характера превращений, происходящих в полимере при формировании изделий, пластмассы подразделяют на термопласты и реактопласты (термореактивные или термоотверждающиеся пластики) (рис. 1.1).

Все линейные или слегка разветвленные полимеры термопластичны. Это означает, что они могут многократно размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении. При этом, в сущности, физическом процессе, похожем на повторяющиеся расплавление и кристаллизацию металла, химических изменений не происходит. Нам же важно, что при утилизации из собранных выбракованных изделий можно сделать такие же.

К термопластам относятся: полиэтилен (PE – в международной классификации); полипропилен (PP); полиметилметакрилат (PMMA); поливинилхлорид (PVC); полиоксиметилен (POM); полиамиды (PA); поликарбонаты (PC); сополимеры акрилонитрила-бутадиенастирола (ABS) и т.д.

Реактопласты, наоборот, хоть и размягчаются, нагреваясь при производстве формового изделия, но при последующем охлаждении они превращаются в твердые неплавящиеся тела, которые невозможно снова размягчить без химического разложения. Необратимое затвердевание вызывается химической реакцией сшивки цепей. Получаются реактопласты тогда, когда процесс полимеризации протекает более чем в двух направлениях, что влечет за собой возникновение молекул, образующих не просто линейные цепи, а трехмерную сетку.

Такие материалы являются чрезвычайно термостойкими (в масштабах пластиков), поэтому они используются, например, для производства деталей картера в подкапотном пространстве. Однако следует учитывать, что при образовании полимерной сетки вещество становится более жестким и хрупким. К реактопластам относятся: фенолоформальдегидные смолы (PF – фенолоформальдегид); эпоксидные смолы (EP); алкидные смолы и пр.

Приведенное выше разделение пластиков на термопласты и реактопласты, не очень четкое. Некоторые материалы выступают в обеих формах (один из них – полиуретан, PU), другие начинают в виде одной, а затем переходят в иную (например, перекрестно сшитый полиэтилен), а в некоторых соединениях две формы смешаны (например, низкопрофильные полиэферы). Но все-таки знать это разделение полезно.

Также, можно выделить и третью группу пластмасс – эластомеры. В их строении тоже присутствует сетка, но если у реактопластов из многочисленных молекулярных цепей возникает одна-единственная «крепко» сшитая трехмерная сеть, то у эластомеров эта сетка не такая сильная – присутствуют лишь отдельные соединения молекулярных цепей между собой. Вообще же, эластомеры – это полимеры, обладающие при обычных температурах высокоэластичными свойствами, то есть способные к огромным (до многих сотен процентов) обратимым деформациям растяжения. Типичные эластомеры – каучуки и резины. В силу своего строения эластомеры неплавки и нерастворимы, как реактопласты, но все же набухаемы. В автомобилестроении их можно увидеть в виде уплотнителей или спойлеров.

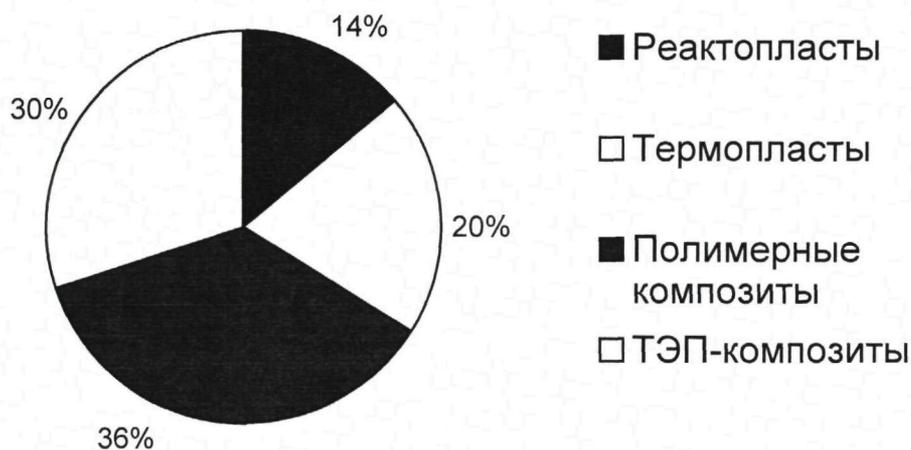


Рисунок 1.1 – Полимерные материалы для автомобилестроения (по значимости для производителей полимерных материалов) [17]

В приведенной табл. 1.1 указаны встречающиеся в легковом автомобиле пластмассы (как правило, подобные обозначения выштамповываются на внутренней стороне пластмассового изделия и забираются в галочки, как, например, >PP<)

Таблица 1.1 Основные типы термопластмасс [3, 96, 56]

| Наименование | Код материала (ISO 1043/DIN 7728) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Акрилнитрил-бутадиен-стирен | ABS |
| Фторированный гидрокарбонат | FEP, PFA |
| Полиамид 11, 12 | PA 11, 12 |
| Полиамид 6 | PA 6 |
| Полиамид 66 | PA 66 |
| Полиамид 6 + фибергласс | PA 6 – GF |
| Полиамид 66 + фибергласс | PA 66 – GF |
| Полиамид 6/6Т + фибергласс | PA 6/6Т – GF |
| Полифталамид + фибергласс | PPA – GF |
| Полибутилен | PBT |
| Плибутилен + фибергласс | PBT – GF |
| Поликарбонат | PC |
| Поликарбонат + фибергласс | PC – GF |
| Полиэтилен | PE |
| Полиэтиленрефталат | PET |
| Полиэтиленрефталат + фибергласс | PET – GF |
| Полиметилакрилат | PMMA |
| Полиоксиметилен | POM |
| Полипенилен-эфир | PPE |
| Сульфид полипенилена | PPS |
| Полипропилен | PP |
| Полипропилен + фибергласс | PP – GF |
| Полистирен | PS |
| Поливинилхлорид пластифицированный | PVC – P |
| Поливинилхлорид непластифицированный | PVC – U |
| Полиуретан твердый | PUR |
| Полиуретан мягкий | PUR |
| Стирен-акрилонитрил | SAN |
| Стирен-бутадиен | S/B |
| Полиимид | PI |
| Политетрафторэтилен | PTFE |

Если в прошлом идентификация типа пластиков не всегда была простой, то теперь наружные пластмассовые детали новых моделей помечаются на об-

ратной стороне согласно рекомендации «Союза немецких автопроизводителей» (Verband fuer Deutsche Automobilindustrie – VDA).

В старых транспортных и транспортно-технологических машинах, и особенно отечественного производства, эта маркировка может отсутствовать.

Для таких ситуаций, существуют системы, предлагающие определить приблизительный химический состав пластика, например, по цвету пламени во время его горения или по выделяемому запаху. Также встречаются системы экспресс-определения типа пластика, основанные на спектрометрии [81, 122].

Визуально и на ощупь нам никогда не определить, что за пластик перед нами, но в деле идентификации может помочь и тот факт, что для изготовления деталей в зависимости от их функциональности в силу различия нагрузок, которые на них накладываются в процессе эксплуатации автомобиля, применяются определенные пластмассы. Для бамперов – один вид пластиков, для внутренней обшивки другой, для декоративного обвеса – третий и т.д. (таблица 1.2). Производители техники нередко используют разработки собственных или их обслуживающих химических центров, синтезирующих все новые и новые полимеры. По различным оценкам, до 60 % всех пластиковых деталей, встречающихся в современном автомобиле, изготавливаются из модифицированного полипропилена (PP/EPDM).

Полипропилен по своей структуре относится к виниловым полимерам и похож на полиэтилен, с той разницей, что к каждому второму атому в его основной цепи присоединена метильная группа.

Полипропилен – экологически чистый, твердый и прочный синтетический пластик различной толщины (от 5 до 15 мм), сегодня используемый в Западной Европе практически во всех областях промышленности. Он устойчив к воздействию ультрафиолетовых лучей и химических реактивов, растворим в ароматических углеводородах только при температурах выше + 120°C. Для полипропилена характерны высокая ударная прочность (ударная вязкость с надрезом 5-12 кДж/м²), высокая стойкость к многократным изгибам, низкая паро- и газопроницаемость; по износостойкости он сравним с полиамидами. Полипропилен - хороший диэлектрик. Он устойчив к воздействию кипящей воды.



Рисунок 1.2 – Примеры маркировок пластмассовых деталей

Таблица 1.2. Место пластика в современном автомобиле [18, 99]

| Компонент автомобиля | Материалы |
|---|---|
| Рассеиватели | ПК |
| Панели приборов, обрамления окон, бамперов, спойлеров, колпаков, решеток радиаторов, рукояток, регуляторов зеркал и другая автосветотехника. Детали кузова и крыльев, крышка вещевого ящика, облицовка динамика. Корпус заднего света | ПК, АБС, полиэфир - модифицированный полифениленоксид, смеси и сплавы на основе ПК и АБС, акрилонитрил-стирол-акриловыйэфир, акрилостиролак-рилат+ПК, АБС и ПВХ |

| | |
|--|--|
| Детали и панели кузова, бамперы, колпаки для колес, защитные корпуса для кабельных соединений, крышки подушки безопасности | Наполненные и ненаполненные ПБТФ, термопластичные и термо-реактивные ПКМ |
| Бамперы, панели приборов, спойлеры, брызговики, коврики-поддоны | Полиолефиновые ТЭПы |
| Элементы внутренней отделки (рулевые колеса, вспененные сидения, подлокотники, подголовники, абсорбирующие бруски, кнопки переключения, рукоятки, консоли). Детали экстерьера легковых (передний и задний брызговики, накладка на ступеньку в дверном проеме автомобиля) и грузовых автомобилей (крупногабаритные обшивки на крыло автомобиля) | ПУ, ППУ, полиуретановые ТЭПы |
| Детали кузовов (капот двигателя, крышка багажника, крыло двери, решетка радиатора), спойлеры, колпаки колес | Смеси на основе ПА и полифениленэфира. Смеси на основе ударопрочного ПС и полифениленэфира |
| Бамперы | ПП |
| Автомобильная электротехника, панель приборов, консоль интерьера и кожух пола, панель клавишных переключателей, крышка вещевого ящика, полка багажника, бампер, декоративные накладки и молдинги, брызговики, накладки (клыки) бамперов, уплотнители, прокладки, заглушки, эластичные крышки и решетки, эластичные крышки фар, коврики-поддоны | Наполненный стекловолокном, минералами ПП, модифицированный и эластифицированный ПП |
| Детали внешней и внутренней облицовки (комплекс деталей перед автомобиля, приборная панель, облицовка дверей). Педали сцепления, рычаг коробки передач, ручки, держатели для внешнего зеркала, солнцезащитные козырьки, детали каркаса, вентиляционные рамы | ПП, наполненный древесной мукой. Наполненные длинноволокнистыми волокнами (например, стекломатами) термопласты: ПП, ПА-6, ПА-66, ПА-12 |
| Обивка внутреннего интерьера, покрытия сидений, элементы внутренней облицовки багажника | Синтетические волокна, тканые и нетканые материалы на основе волокон ПА, ПВХ, ПЭТ, ПКМ на основе натуральных волокон |
| Воздушные подушки | Нейлон, ПЭТ-волокно |
| Ремни безопасности, приводные ремни, корд покрышек | Волокна из углепластиков |

| | |
|---|--|
| Корпуса зеркал, люк, корпуса электроприводов, задние световые указатели, дверные ручки, ручки управления сиденьями, приборная панель, декоративные детали руля, коробка ремня безопасности, воздушный вентилятор, передняя полка и фары, боковые зеркала, детали карбюратора, разъемы электропроводки, компоненты системы зажигания, рефлекторы фар, корпуса датчиков тормозной системы, крышки отсеков безопасности (воздушные подушки), детали дворников и стеклоочистителей, корпуса трансмиссий, дисплеев | ПЭТ, ПБТФ |
| Корпуса зеркал | ПА-6, ПА-66 |
| Декоративные колпаки колес, корпуса светотехники (фар, фонарей, рассеивателей, катафотов, указателей поворотов, плафонов освещения салона), петли дверей автомобиля | ПА стекло-, минерало-, углеродонаполненные, эластифицированные |
| Элементы светотехнических приборов, автомобильные бейджи, декоративные наклейки, решетки радиатора, солнцезащитный козырек, фонари заднего хода, световые панели, защитные стекла приборной панели, консоли, зеркало заднего вида, люк | ПММА, акрилостиролакрилат |
| Крупногабаритные детали кузова автомобиля, бамперы, колпаки для колес, наружные ручки дверей автомобилей, корпус привода стеклоподъемника, корпус зеркала заднего вида, кронштейн внутреннего зеркала, детали регулятора сиденья, рефлекторы фар, корпуса топливных фильтров, детали стеклоочистителя, облицовка радиатора | ПБТФ |
| Автомобильные дворники, приборные щитки. Детали механизма ремней безопасности, механизма сидений, механизмы педалей, стеклоподъемников, дверных замков, устройств регулирования отопления, осевых вентиляторов, вододетелителей, кондиционера; рычаги для открывания бензобака, подрулевые переключатели, устройства регулировки наружных зеркал, решетки автомобильных динамиков, элемент автоматического управления люком | Легкотекучие марки полиформальдегидов ПОМ |

Полипропилен обладает низкой термо- и светостойкостью, поэтому в него вводят специальные добавки - стабилизаторы полимерных материалов. В автомобилестроении часто используют модифицированный полипропилен EPDM (Ethylene-Propylene Diene elastomer) – тройной сополимер этилена, пропилена и диена. Русское обозначение – СКЭП (синтетический каучукэтилен пропиленовый). EPDM – чрезвычайно гибкий материал, обладающий отличными температурными характеристиками. Имеет очень высокую химическую стойкость. Устойчив к разбавленным кислотам и большинству щелочей, моющим средствам, маслам, полярным растворителям. Характеризуется высокой атмосферостойкостью. Стоек к ультрафиолетовому излучению, озону, влаге.

Уплотнитель на основе EDMP слабо подвержен износу и механическим повреждениям. EPDM также обладает лучшей стойкостью к разрывам, нежели материалы Silicone rubber. У него большая, чем у чистого полипропилена, морозостойкость. Вообще же PP / EPDM относится к термопластам. Удобен в работе, его легко сваривать и клеить.

Поликарбонат. Для поликарбоната характерны легкость, высокая ударопрочность, устойчивость к химическому воздействию и перепадам температур, пожаробезопасность в сочетании с простотой обработки. Ударная прочность в 250 раз превышает характеристики обычного стекла и в 10 раз – органического. Он противостоит любым ударам, поглощая их энергию, но не разрушается. Поликарбонат обладает самой высокой стойкостью к перепадам температуры по сравнению с другими пластмассами. Поликарбонат – трудновоспламеняемый самозатухающий материал. Температура его возгорания составляет + 570°C. Подвергнутый действию открытого огня материал плавится. При отсутствии постоянных внешних источников высокой температуры плавление просто прекращается. Поликарбонат имеет ряд замечательных свойств (некоторые из них можно найти у других пластмасс, но все вместе они присутствуют только в поликарбонатах), например: высокая механическая стойкость, даже при очень низких температурах; высокая стойкость к влиянию атмосферных факторов [114]. Но, к сожалению, поликарбонаты очень чувствительны к воздействию растворителей и имеют склонность к растрескиванию под воздействием внутренних напряжений.

Поливинилхлорид – преимущественно линейный термопластичный полимер винилхлорида. Это чаще всего пластик белого цвета; физиологически безвреден. Поливинилхлорид достаточно прочен, обладает хорошими диэлектрическими свойствами. Он ограниченно растворим в кетонах, сложных эфирах, хлорированных углеводородах; устойчив к действию влаги, кислот, щелочей, растворов солей, промышленных газов, бензина, керосина, жиров, спиртов; совмещается со многими пластификаторами (например, фталатами, фосфатами, себацинатами); стоек к окислению и практически негорюч. Правда, он растворим при комнатной температуре в небольшом числе растворителей.

Поливинилхлорид обладает невысокой теплостойкостью; при нагревании выше + 100°C заметно разлагается с выделением HCl, вследствие чего может приобретать окраску (от желтоватой до черной); разложение ускоряется в присутствии некоторых солей, под действием УФ-облучения, сильных механических воздействий. Но при всем при этом поливинилхлорид аморфен и не имеет точки плавления. Для повышения теплостойкости и улучшения растворимости поливинилхлорид подвергают хлорированию.

Поливинилхлорид – экологически чистый продукт, представляющий собой химическое соединение углерода, водорода и хлора, который состоит примерно на 43 % из этилена (побочный продукт очистки нефти) и на 57 % из связанного хлора, получаемого из каменной и поваренной соли.

Особенно важное свойство поливинилхлорида – огнестойкость, связанная с присутствием хлора в его молекуле (около 55 %). Хлор придает поливинилхлориду жесткость – полимер размягчается лишь при высоких температурах; по этой причине в некоторых случаях приходится вводить пластификаторы (10-40 %), чтобы сделать его более легко формуемым, выдавливаемым и выдуваемым. Поливинилхлорид используется в больших количествах в производстве волокон, пленок, труб, резины, формованных изделий, искусственной кожи и покрытий. Поливинилхлорид (PVC) является наиболее распространенной пластмассой. Такая популярность этого материала обусловлена тем, что его можно производить с различной степенью эластичности.

Сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола (ABS) – ударопрочный аморфный материал. Теплостоек до + 110 °C, выдерживает низкие температуры (до - 40 °C). Дает блестящую поверхность (имеются специальные

марки с повышенным блеском). Обладает высокой стойкостью к ударным нагрузкам по сравнению с полистиролом (PS), ударопрочным полистиролом (HIPS) и другими сополимерами стирола. У него хорошая химическая стойкость. Стоек к щелочам и смазочным маслам. Специальные марки имеют антистатические свойства. Пригоден для нанесения гальванического покрытия, металлизации (имеются специальные марки), а также для пайки контактов. Характеризуется пониженными электроизоляционными свойствами. Нестоек к УФ-излучению (хотя использование специальных добавок повышает стойкость к ультрафиолетовому излучению). Рекомендуется для точного литья. Имеет высокую размерную стабильность. ABS – это вязкая и одновременно жесткая пластмасса. Относится к группе термопластов. Вязкость определяет каучук (бутадиен), а жесткость – акрилонитрил. Как и все пластики, содержащие каучук, ABS со временем теряет вязкость и становится хрупким (здесь особую важность приобретает дата изготовления в маркировке детали). Старение этого пластика резко ускоряется под воздействием солнечного света, поэтому его надо обязательно окрашивать.

Полиуретаны – это полимеры, содержащие в основной цепи макромолекулы уретановые группировки (PU). Обычно полиуретаны получают поликонденсацией ди- или полиизоцианатов с соединениями, содержащими активные атомы водорода, например двух- и трехатомными спиртами. Этот процесс часто называют полимеризацией или полиприсоединением. Поэтому свойства полиуретанов изменяются в очень широких пределах (в зависимости от природы и длины участков цепи между уретановыми группировками, от структуры – линейная или сетчатая, молекулярной массы, степени кристалличности и др.).

Полиуретаны могут быть вязкими жидкостями или твердыми (аморфными или кристаллическими) продуктами – от высокоэластичных мягких резин до жестких пластиков. Полиуретаны устойчивы к действию кислот, минеральных и органических масел, бензина, окислителей; по гидролитической стойкости превосходят полиамиды. Линейные полиуретаны растворимы в некоторых полярных растворителях (например, диметилформамиде, диметилсульфоксиде).

Полиуретаны используют в виде пен, каучуков, термопластов, волокон, лаков, клеев, латексов для приготовления герметизирующих составов и др. Изделия из полиуретанов получают методом жидкофазного литья непосредствен-

но из исходных мономеров или из предварительно полученных полимеров. Полиуретан обладает повышенной устойчивостью к УФ-излучению и повышенной эластичностью при отрицательных температурах.

Химическая устойчивость в большой степени зависит от вида, времени действия, температуры, количества и концентрации действующего агента. Концентрированные кислоты и растворы щелочей воздействуют на полиуретан уже при комнатной температуре. Контакт с этими реагентами не должен допускаться. К разбавленным кислотам и растворам щелочей полиуретан при комнатной температуре устойчив. При контакте полиуретана с насыщенными углеводородами, такими как дизельное топливо, изооктан, петролейный эфир, керосин, имеет место обратимое набухание, которое при комнатной температуре составляет примерно 1-3 % и связано со снижением предела прочности на разрыв максимально на 20 %. После испарения и исчезновения набухания исходные механические свойства почти полностью восстанавливаются. В ароматических углеводородах, таких как бензол и толуол, полиуретан нестойк даже при комнатной температуре и набухает до 50 % с ухудшением механических свойств. К смазочным жирам и моторным маслам полиуретан устойчив даже при высоких температурах, причем набухание в них очень мало.

Полиамиды (РА) – это целая группа пластмасс с известными всем названиями, такими как капрон, нейлон, анид и др. Они продолжительное время могут работать на истирание, ударопрочны, способны поглощать вибрацию. Стойки к щелочам, бензину, спирту, устойчивы в тропических условиях. Это конструкционный кристаллизующийся материал с высокой механической прочностью. Известный всем своей прочностью кевлар – это не что иное, как одна из модификаций полиамида. Полиамиды представляют собой высокомолекулярные гетероцепные полимеры линейного строения. В обозначении полиамидов цифрами указано число углеродных атомов в звеньях полимерной цепи, а также наличие полимерного связующего и стекловолоконного наполнителя (стеклонаполненных полиамидов).

Полиамидные волокна получают путем переработки различного органического сырья - нефти, природного газа, угля. Основные свойства изделий из полиамидов: высокая формоустойчивость и прочность, низкая светостойкость, высокая электризуемость. Полиамиды отличаются химической стойкостью по

отношению к углеводородам и их производным, составляющим основу минеральных и синтетических масел и консистентных смазочных материалов, промывочных и консервационных сред. Сепараторы из стеклополиамидов выдерживают длительное воздействие масел и смазочных материалов без существенного изменения, обеспечивая высокий ресурс подшипников. Вместе с тем полиамиды неудовлетворительно работают в условиях прямого воздействия радиации, вызывающей интенсивное старение полимерного материала. Стойкость к старению сепараторов из стеклополиамидов в процессе хранения и эксплуатации подшипников высокая (15 лет), при этом уровень сохраняемости прочностных свойств сепараторов составляет 65-70 %. Полиамиды относятся к классу наиболее перспективных конструкционных термопластичных материалов, нашедших широкое применение в качестве материала сепараторов подшипников общего назначения различных конструкционных групп. Кроме того, из них изготавливают шестерни, болты, гайки, шкивы и др.

Полиамид – это термопласт. Высокоэластичен, но при этом обладает высокой жесткостью и прочностью. Практически не восприимчив к органическим растворителям. Чаще всего полиамид используют для производства съемных автомобильных колпаков.

Ненасыщенный полиэфир, укрепленный стекловолокном (UP-GF) – много лет пластмассу UP-GF обозначали как GFK, то есть «пластмасса, укрепленная стекловолокном». Но сейчас к разным видам пластмасс добавляют стекловолокно, поэтому появилась необходимость в другом названии. Производство изделий из ненасыщенного полиэфира со стекловолокном (запчасти с большой поверхностью, капоты, детали для двигателей, багажников, крылья) только начинается, и в основном на данном этапе мы имеем дело с кустарным производством, т. е. со способом ручной выкладки. Сейчас же идет активная подготовка к постановке технологии промышленного производства на поток. Для стеклопластика характерно наличие скрытых усадочных раковин. Другая особенность стеклопластика ручной выкладки – наличие на нем смазки, которой обрабатывали форму при изготовлении детали. В отличие от всех остальных пластмасс, у которых смазка удаляется растворителем и прогреванием, смазка для стеклопластика – поливиниловый спирт – удаляется только водой. Если на

детали из стеклопластика нет маркировки, то она все равно легко узнаваема по неровной, волнистой обратной стороне.

Полиметилметакрилат (PMMA) – это прозрачный аморфный материал с хорошими оптическими свойствами (в том числе в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах частот). Относится к акриловым полимерам или к акрилатам. Обладает высокой твердостью, имеет очень высокую атмосферостойкость, стоек к UF-лучам. Рекомендуются для точного литья. Характеризуется высокой стабильностью размеров. Отличается хорошими электроизоляционными свойствами. Имеет высокую химическую стойкость, в том числе к автомобильному топливу (в отличие от поликарбоната).

Полиметилметакрилат широко используют для изготовления украшений, оптики и других товаров, где желательно высокое качество.

Полибутилтерефталат (PBT) – это кристаллизующийся конструкционный материал. Относится к классу полиэфиров. Характеризуется высокой жесткостью, прочностью, устойчивостью к ударным нагрузкам, износостойкостью. Отличается высокой стойкостью к растворителям, автомобильному топливу, смазкам, тормозным жидкостям (существенно выше, чем у полистирола), к бытовым чистящим средствам. Устойчив к образованию трещин. Отличается низкой стойкостью к горячей воде, щелочам. Обладает хорошими диэлектрическими свойствами, дугостойкостью. Имеет небольшое водопоглощение. Стабильность размеров выше, чем у полиамидов. Имеет высокий коэффициент линейного термического расширения. Дает отличное качество поверхности изделия (глянец). Хорошо металлизуется. Может покрываться автомобильным лаком. Специальные марки могут подвергаться лазерной маркировке. Отлично сваривается всеми методами.

Полиацетали (POM, полиформальдегид, полиоксиметилен) – это высококристаллические термопластичные материалы, сочетающие высокий модуль упругости при растяжении и изгибе с достаточно большой ударной вязкостью, хорошими антифрикционными характеристиками, высокой стойкостью по отношению к органическим растворителям. К минеральным маслам полиацетали стойки при температурах до + 100 °С, при более высоких температурах происходят набухание и растворение полимера. Полиацеталь – кристаллизующийся конструкционный самосмазывающийся материал. Данный материал имеет от-

личные пружинные свойства. Отличается высокой усталостной прочностью при динамических и знакопеременных нагрузках. Имеет низкую ползучесть при высокой температуре. Износостоек, обладает низким коэффициентом трения. Имеет высокую размерную стабильность, в том числе при высокой влажности. Химически стоек к автомобильному топливу, слабым кислотам и щелочам. Обладает отличной стойкостью к растрескиванию. Нестоек к радиации. Дает отличную блестящую твердую поверхность. Хорошо окрашивается. Допускает лазерную маркировку. Полиацетали рекомендуются для точного литья. Их применяют для колец некоторых типов ненагруженных шарикоподшипников бытовой техники и для сепарирующих элементов крупногабаритных роликоподшипников опорно-поворотных устройств. Материал применяется в виде заготовок, получаемых методом литья под давлением, из которых механической обработкой изготавливают сепараторы подшипников.

Фенолоформальдегидные смолы (PF) – это реактопластические материалы, одни из первых термореактивных смол, которые все еще находят широкое применение. Они представляют собой пластмассы, образующиеся при реакции фенола с формальдегидом и другими альдегидами при общем обсуждении реактопластов, получаемых поликонденсацией.

Готовые изделия из фенолоформальдегидных смол – от пуговиц до корпусов радиоприемников и телевизоров – прочны и огнестойки; они устойчивы при высоких температурах, сохраняют форму и размеры, не растворяются и не набухают в воде и в органических растворителях.

Эпоксидные смолы (EP) – термореактивные полимеры, широко применяемые для литья, инкапсулирования, а также в качестве покрытий, связующих для слоистых материалов (ламинатов) и клеев. Эпоксидные смолы – одна из разновидностей синтетических смол, широко используемых при производстве лакокрасочных материалов, клеев, компаундов, а также абразивных и фрикционных материалов. Основное свойство эпоксидных смол – способность к полимеризации до твердого состояния в присутствии отвердителя. Отвержденные смолы характеризуются высокой адгезией к металлам, стеклу, бетону и другим материалам, механической прочностью, тепло-, водо- и химической стойкостью, хорошими диэлектрическими показателями.

1.4. Пластмассы в конструкции транспортных и транспортно-технологических машин

Интенсивное применение пластмасс в передовом автомобилестроении за рубежом началось с первой половины 70-х годов XX века (табл. 1.3, рис. 1.3) [99]. Из года в год, от модели к модели удельное содержание пластика по началу преимущественно на легковых автомобилях постоянно возрастало и ныне достигло среднего уровня около 15 % от собственной массы.

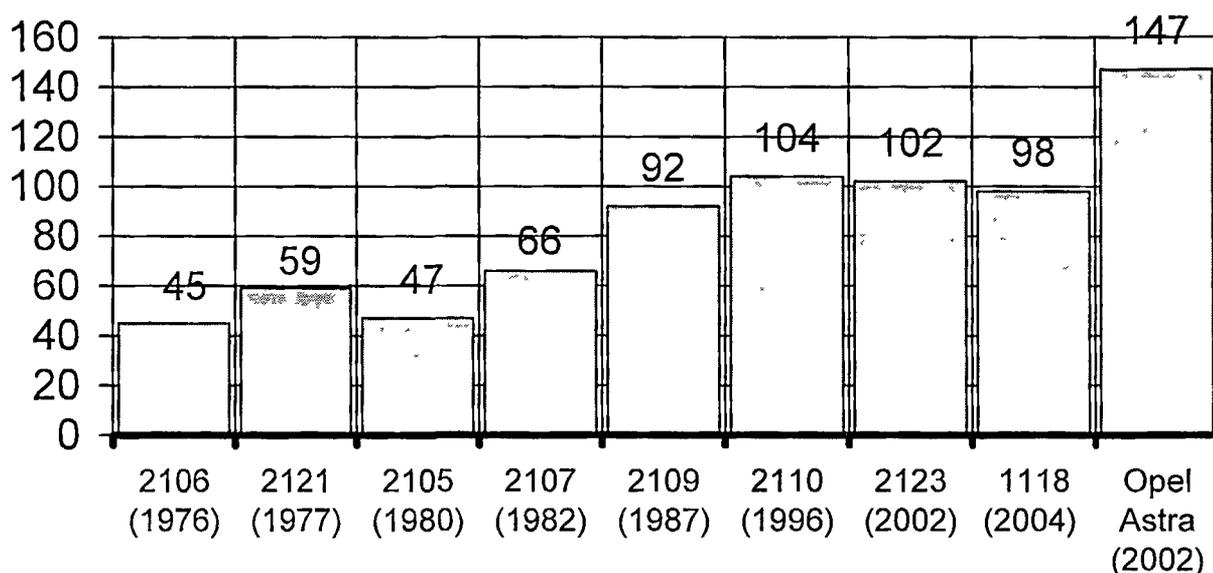


Рисунок 1.3 – Динамика использования пластмасс в конструкции автомобилей ВАЗ (для сравнения Opel Astra), кг/авт

Таблица 1.3 Доля полимеров в автомобилях BMW

| Серия | Год выпуска | Масса автомобиля, кг | Масса полимеров, кг | Доля полимеров в общей массе, % |
|---------|-------------|----------------------|---------------------|---------------------------------|
| BMW 501 | 1950 | 1340 | 13,4 | 1 |
| BMW 02 | 1960 | 1000 | 39,6 | 4 |
| BMW 03 | 1970 | 1150 | 69,0 | 6 |
| BMW 3 | 1980 | 1110 | 94,4 | 8,5 |
| BMW 5 | 1990 | 1420 | 184,6 | 13 |
| BMW 7 | 2005 | 1935 | 251,6 | 13 |

Специалисты быстро осознали, какие преимущества несёт замена металлических деталей на пластмассовые. Особенно выигрыш касался таких крупногабаритных деталей, как бамперы, спойлеры, решётка радиатора, детали панели приборов и панели дверей, стойки, колпаки колес. Автомобили стали приобре-

тать более элегантный дизайн, улучшались их аэродинамические характеристики, повышалась коррозионностойкость, снижалась собственная масса, позволяя добиться большей экономии топлива при эксплуатации [21, 60, 74, 120, 131]. Немалые экологические и технологические преимущества дала полная замена реактопластов в электрооборудовании. По тем же экологическим причинам из интерьера постепенно были вытеснены ПВХ-пластикаты. Замена цветных металлов, например, в трубопроводах и сепараторах подшипников, давала высокую экономическую эффективность.

Всё это закономерно в последней трети XX столетия вызвало в странах-лидерах бурный рост химической индустрии в сфере производства термопластов, а также сырьевых компонентов для их синтеза и модификаций. Но при этом по ряду направлений применения возникли довольно серьёзные экологические проблемы, осознание которых пришло далеко не сразу [75].

В советской автомобильной и химической индустрии такие процессы получили свой отклик с середины 80-х годов. На Томском НХК по лицензии фирмы Монтэдисон (Италия) тогда было освоено производство полипропилена, блоксополимера пропилен с этиленом и стандартные композиции полипропилена с тальком (тепlostойкие) и с каучуками (морозостойкие) для обеспечения автомобильной промышленности. Однако морозостойких композиций полипропилена явно не хватало для полного обеспечения отрасли. Прорывным решением [120] стало применение, наряду с ними, блоксополимера пропилен с этиленом в тех же деталях автомобиля – рулевых колёсах, кlyках и накладках бамперов, корпусах зеркал и т.д.

В 1985-90 г.г. для новых моделей ЗАЗ-1102, ВАЗ-2107, 2108, 2109 и ГАЗ-3102 были освоены бамперы, панели приборов, колпаки колёс, корпусные детали отопителей и менее крупные детали из ряда новых термопластичных полимерных композиций. Они выпускались на базе отечественных полипропилена и блоксополимера пропилен с этиленом, полиамидов 6 и 66, полиэтилен-терефталата, а также импортного полидиметилфениленоксида. Именно во 2-й половине 80-х годов в СССР были выполнены первые научные разработки в данной области материаловедения, довольно быстро реализованные в советском автомобилестроении [38, 74, 120].

Сейчас самым узким местом, сковывавшим научно-технические возмож-

ности отечественных специалистов, является ограниченность отечественной сырьевой базы – как в части исходных полимеров с разнообразными технологическими параметрами, так и в части специальных добавок, модификаторов и наполнителей для придания композиционным полимерным материалам целенаправленно необходимых свойств. Но в нынешние времена хотя бы имеются достаточно широкие возможности для импорта нужных сырьевых компонентов, что, разумеется, негативно отражается на себестоимости конечной продукции. Со вступлением России в ВТО понятие импортной зависимости уйдёт в прошлое, но пока оно ещё действует и оказывает своё негативное экономическое влияние.

Дефицит материалов побуждал наших специалистов, находить собственные оригинальные технические решения. Так, для применения в советском автомобилестроении у нас впервые был создан и освоен ряд остро необходимых отрасли термопластичных материалов. Это ударопрочные композиции на основе блоксополимера пропилена с этиленом для экстерьера (в том числе бамперов) [68] и для интерьера (в том числе панели приборов) [57]; бимодальная композиция высокомолекулярного и низкомолекулярного ПЭВП для экструзионного раздува бензобаков – с сверхвысокой ударопрочностью при низких температурах и приемлемой технологичностью; полиэтилентерефталат, легированный полиэтиленом, и с ускорителем кристаллизации для деталей автосветотехники; полипропилен, армированный химически связанным с ним стекловолокном, с высокими прочностными показателями и теплостойкостью для деталей отопителей [68]; ударопрочная композиция минералонаполненного полиамида 6, реакционно модифицированная эпоксидным олигомером для колпаков колёс, корпусов блок-фар, фонарей и рефлекторов светотехники, подвергаемых вакуумной металлизации алюминием.

Все эти новые материалы были созданы исключительно на отечественных сырьевых компонентах. Тогда это были, безусловно, приоритетные разработки – с уровнем, отвечавшим имевшимся техническим требованиям к целевым автокомпонентам. Они в итоге позволили резко сократить импортную зависимость советского автомобилестроения в части обеспечения полимерными композиционными материалами.

Однако, в силу полной экономической несостоятельности в целом совет-

ской экономики в начале 90-х годов XX века и связанных с этим деструктивных процессов в нашем обществе.

При создании новых марок материалов специалистами первоначально использовался имевшийся ранее богатый опыт, но затем в соответствии с новыми задачами и возрастающими требованиями стали осуществляться собственные оригинальные разработки.

В 90-е годы, главенствующую роль в потреблении продукции из пластмасс играла отечественная автомобильная промышленность. Народ, ранее в основной массе лишённый такой возможности, стремился покупать российские автомобили, которые тогда были значительно дешевле зарубежных моделей. Доля автопрома среди потребляющих отраслей устойчиво составляла около 2/3. Отечественные разработки и производство пластмасс в России сами по себе способствовали выживанию российского автопрома, так как наши автопроизводители, хотя бы в части полимерных композиций, имели возможность не прибегать к дорогостоящему импорту. Так что данный симбиоз оказался очень полезным для обеих сторон: и производящей и потребляющей.

В 1999 году одним из первых в нашей стране среди российских предприятий данного профиля НПП «Полипластик» с учётом появившихся в Европе требований к поставщикам материалов для автопрома вводит систему качества в соответствии с требованиями ИСО 9001, которая действует и развивается до настоящего времени [74].

В 90-х годах в конструкции транспортных и транспортно-технологических машин начался процесс замещения неэкологичных и недостаточно технологичных реактопластов на термопластичные композиции. Первым важным и быстро реализованным проектом, был стеклонаполненный полипропилен Армлен ПП СВ 30-1-901 для корпусных деталей отопителей легковых и грузовых автомобилей ГАЗ с последующим значительным ростом его поставок, когда были освоены семейства «Газель», «Соболь» и «Валдай». Уже около 20-ти лет данная марка материала является базисной в конструкции отопителей автомобилей ГАЗ. Она успешно заменила ранее применявшийся в теплонагруженных отопителях известный реактопласт АГ-4В с большим положительным технологическим и экологическим эффектом. [68]. В дальнейшем появились интерьерные композиции полипропилена Армлен ПП ТМ 20-2УП и 20-1УП,

Армлен ПП ТМ 30-1УП для изготовления литьём под давлением панели приборов, ряда облицовочных деталей кабины и салона микроавтобусов новых моделей «Газель» и «Соболь». Последняя марка была создана для замены и с успехом заменила в ряде позиций АБС-пластик. Эти марки – интерьерные полипропиленовые композиции первого поколения. Они достаточно экономичны, но обладают по нынешним меркам умеренным уровнем целевых характеристик. Однако такое направление стало очень перспективным для дальнейшего развития.

В дальнейшем была разработана экстерьерная композиция полипропилена Армлен ПП СК 15-2С - с усиленной светостабилизацией для изготовления литьём под давлением бамперов, решетки радиатора и облицовочных наружных деталей. Что важно, материал сразу окрашен в массу в заданные цвета по альбому RAL. Последнее техническое решение с экологической и экономической точек зрения наиболее целесообразно. Однако затем из-за рубежа к нам пришла мода красить полипропиленовые бамперы наружно автоэмалью под цвет кузова, особенно для легковых автомобилей. ОАО «ГАЗ» эта мода коснулась только в части автомобилей «Волга», ныне не производимых. Зарубежные авторы этого технического решения в погоне, как они посчитали, за лучшим дизайном сделали большой шаг назад в экологическом и экономическом плане. Рециклинг и ремонт подобных полипропиленовых бамперов затруднен. [30, 56]

Потом была разработана ударопрочная теплостойкая минералонаполненная полиамидная композиция Армамид ПА СМ 15-2 для литья под давлением колпаков колес легкового автомобиля «Волга» с повышенной тепловой нагрузкой в районе ступицы колеса. Марка заменила изначально применявшийся для этой цели импортный полидиметилфениленоксид. Вначале была сохранена традиционная наружная окраска колпаков колёс автоэмалью на основе полиэфируретана, что позволяла высокая адгезионная способность полиамидной матрицы. Но затем возникла идея окрашивать материал в массу в необходимый здесь серебристый цвет (RAL 9006). Предпосылкой к этому являлся некоторый уровень прозрачности полиамида 6. Эта идея была успешно реализована с большим экономическим, технологическим и экологическим эффектом на ОАО «ГАЗ». Окрашенные в массу колпаки колёс в своих различных конструктивных вариантах применялись около 10-ти лет на автомобилях «Волга». Ныне эта

ставшая классической серебристая марка композиции возрождается вновь, но теперь уже для колпаков колёс автомобиля LADA 2190 «Гранта». Кроме того, начиная с семейства LADA 2170 «Приора», материал применяется и во внутренних ручках дверей. Таким образом, это направление также оказалось весьма перспективным. [57]

Для замены в гибких деталях полиамида 610 и пластифицированного полиамида 12, ставших в 90-е годы малодоступными и дорогостоящими, были разработаны композиции на основе полиамида 6 с модификацией малеинизированными полиолефинами: Армамид ПА 6-1УП, Армамид ПА 6-2Э (для литья) и Армамид ПА 6-2ЭК (для экструзии) [4]. Марки применены в деталях замков, кнопках крепежа обивки, ремешках крепления электропроводки, трубках тросиков управления. С целью альтернативы резинам создана первая гамма полипропиленовых термоэластопластов Армлен ПП ТЭП-1, 2, 3, 4, 5 с производством их по классическому способу – динамической вулканизацией в процессе компаундирования полипропилена с каучуком. Для нагруженных деталей с высокой точностью изготовления, например, шкивов масляного и водяного насосов освоены гибридополненные марки на основе полиамида 6, с успехом заменившие текстолит. Кроме того, приводные шестерни двигателей автомобилей ГАЗ и УАЗ в сотрудничестве с ООО «Технопол» были переведены на литьё под давлением из разработанной для этой цели марки Армамид ПА СВ 301Э с отказом от фрезерования с доводкой из текстолитовых заготовок [100].

В 90-х годах был реализован ряд крупных проектов с учётом относительно большой программы выпуска автомобилей LADA, нацеленных сначала, прежде всего, на уход от дорогостоящих и импортируемых материалов.

Совместно с ЦНИИ «Точмаш», специалистами АвтоВАЗа и ДААЗ выполнена оригинальная разработка, позволившая в результате применить в очень ответственном изделии автомобиля – корпусе вакуумного усилителя тормозов переднеприводных моделей LADA высокопрочную новую марку Армамид ПА СВ 30-3М взамен импортного ударопрочного стеклонаполненного полиэтилен-терефталата [107]. Эта марка стеклонаполненного полиамида 6 за счёт специальной технологии своего производства обеспечивает высокий уровень и стабильность технологических и физико-механических показателей материала и, что особенно здесь важно, необходимую высокую чистоту рабочей поверхно-

сти изделия. Она уже в течение долгого времени успешно зарекомендовала себя в эксплуатации. Марка Армамид ПА СВ 30-3М после прочностных испытаний стала применяться также в наружных ручках дверей автомобилей цельной конструкции с заменой импортного стеклонаполненного полибутилентерефталата и в ряде других ответственных деталей с высокой силовой нагрузкой. Кроме того, марка во многих случаях стала успешно применяться взамен полиамида 6, наполненного длинным до 12 мм стекловолокном (по технологии пултрузии). Как хорошо знают об этом технологи, все марки, усиленные длинным стекловолокном несмотря на высокий уровень прочностных свойств при переработке в изделия экологически проблемные. Стекловолокно, выходящее наружу из гранул, во-первых, при загрузочных операциях попадает в воздух рабочих помещений и, во-вторых, значительно усиливает износ перерабатывающего оборудования и литьевых форм.

Для изделий с прерывной геометрией (то есть с наличием отверстий, решётчатой конструкции) были разработаны специальные конструкционные марки стеклонаполненного полиамида 6 – Армамид ПА СВ 30-1ЭТМ и Армамид ПА СВ 151ЭТМ. Они отличаются высокой ударной вязкостью с надрезом, в том числе при пониженной температуре до минус 60°C, что обеспечивает сохранение работоспособности этих материалов в зонах «холодного спая».

Не менее оригинальной разработкой стало внедрение стеклонаполненного полипропилена в бачки радиаторов систем охлаждения и обогрева взамен стеклонаполненного полиамида 66. Работа выполнялась в тесном сотрудничестве специалистов ГАЗ, ВАЗ, ДААЗ, а также Оренбургского радиаторного завода. Проведены многочисленные сравнительные испытания – лабораторные, стендовые и дорожные, прежде чем были приняты решения о замене материала. Кроме того, рецептура стеклонаполненного полипропилена для этой цели совершенствовалась, повышалась верхняя граница рабочей температуры и стойкость к горячему антифризу «Тосол» (состав на основе воды и этиленгликоля с рядом присадок). Начало данному применению положила марка Армлен ПП СВ 30-1 Т, но затем появились более совершенные марки Армлен ПП СВ 30-2Т и Армлен ПП СВ 30-4Т, которые до настоящего времени применяются в России. За этот период миллионы российских автомобилей были произведены с такими радиаторами, принося большой экономический и эко-

логический эффект в сфере производства и эксплуатации. Данное решение позволило российской автомобильной отрасли уйти от импорта больших объемов полиамида б6, производства которого в России не стало.

Очевидно, что это научно-техническое решение не является вполне универсальным, так как тепловая нагрузка в подкапотном пространстве растёт с повышением мощности двигателей, меняются конструкции и компоновка радиаторов. Полипропиленовая матрица, в свою очередь, имеет температуру плавления – 165°С выше температуры кипения антифриза типа «Тосол» на 40 градусов. С точки зрения скорости теплового старения, как на горячем воздухе, так и в горячем антифризе, стеклонаполненный полиамид б6 значительно уступает стеклонаполненному полипропилену. Причиной различия является, как интенсивное набухание полиамида б6 (с вымыванием антиоксидантов), так и его быстрое термоокисление с ухудшением прочности. Не зря в зарубежном автомобилестроении в этой сфере также ищут альтернативу полиамиду б6. Так, в Германии автомобилестроители обращаются к полифениленсульфиду, в Японии – к сополимеру полиамидов б6 и б10. Но такие технические решения пока чрезвычайно дорогостоящие для широкого воплощения. Неплохим материалом для этих и многих других деталей подкапотного пространства мог бы стать армированный поли-4-метил-1-пентен (темплен) – продукт полимеризации димера пропилена. Но, к сожалению, его производство в широких масштабах так и не освоено.

На АвтоВАЗе изначально было уделено внимание разработке марок для интерьера и экстерьера. Появились ставшие крупнотоннажными марки на основе полипропилена: Армлен ПП УМ 25-1 для воздушного фильтра, воздухопроводов и деталей салона, Армлен ПП СК 20-2 для бамперов семейства LADA 2110 и затем 2114, окрашиваемых наружно эмалями под цвет металлического кузова. Причем вначале осуществляется роботизированная огневая обработка наружной поверхности бамперов для придания ей адгезии к грунтовке.

Пластмассы активно замещали металлы и реактопласты не только в конструкции легковых автомобилей, но и в грузовых автомобилях, а также в сельскохозяйственной и специальной технике. На автозаводах «ЗИЛ» и «КамАЗ» была внедрена крупногабаритная крыльчатка охлаждения двигателя из материала Армамид ПА СВ 30-2Т. Аналогичная работа шла на «ИжАвто» и «УАЗ»,

а также с моторными заводами ЗМЗ и УЗАМ по нагруженным деталям двигателей, водяного и масляного насосов [100] и с предприятиями, выпускающими автомобильное электрооборудование, электронику и светотехнику, в том числе с заводом «Автосвет» (г. Киржач) [76]. Армамид ПА СМ 15-2 поэтапно успешно применен в корпусах блок-фар всех автомобилей – вплоть до семейства LADA 2110. Для корпусных деталей комбинации приборов были разработаны и внедрены взамен пластика АБС (с неудовлетворительной для них теплостойкостью) марки Армамид ПА СМ 15-2 и Армлэн ПП ТМ 40-1М светло-голубого цвета 504, а для её экрана марка Армлэн ПП УМ 40-2М.

В транспортных средствах из пластмасс, из самых крупных деталей это – панель приборов и консоль, передний бампер, блок-фары, чехол рулевой колонки, кожух отопителя салона, бачки радиаторов систем охлаждения и обогрева, колпаки колес; из конструктивно весьма нагруженных деталей это – корпус вакуумного усилителя тормоза, тормозная педаль, шестерня уравнивающего вала двигателя, шкивы и впускной коллектор. Две детали из отечественных материалов были изготовлены для зарубежных автомобилей как опытные экземпляры: тормозная педаль из Армамида ПА СВ 30-3М для автомобиля Skoda в Чехии; впускной коллектор из Армамида ПА СВ 30-21М для двигателя Fiat в Италии (фирма Magneti Marelli). Причём впускной коллектор из Армамида выдержал успешно стендовые испытания в сравнении с самыми лучшими зарубежными марками-аналогами на основе полиамидов 6 и 66.

В 2001 году отечественными фирмами-производителями с подачи фирмы Du Pont был расширен марочный ассортимент материалами на основе полиамида 66 (Технамид®), на основе полибутилентерефталата (Технотер®), на основе полиформальдегидов (Технасет®) - под литерой А (для сополимеров) и под литерой Б (для гомополимера).

В это время начинались первые шаги, направленные на подготовку производства новых семейств автомобилей LADA-2114 «Самара», LADA-2170 «Приора» и затем LADA-1118 «Калина», была подготовлена совершенно новая «Нива» ВАЗ 2123, но потом она была передана в производство на новое совместное предприятие «GM-AvtoVAZ» под контроль специалистов фирмы General Motors и стала именоваться как «Chevrolet NIVA».

В части пластмасс выпуск предшествующих моделей АвтоВАЗа базиро-

вался на бывших советских марках и зарубежных материалах. Они включали АБС-пластики, сплав АБС/ПК, полиамид 66, пластикат ПВХ, полидиметилфениленоксид и полипропиленовые композиции 1-го поколения Томского НХК. Однако с учётом своего опыта и мировых веяний специалистами АвтоВАЗа для указанных выше новых моделей совершенно оправданно был сделан выбор в основном в пользу композиций на основе полипропилена, особенно в части выпуска крупногабаритных пластмассовых деталей. Специалисты АвтоВАЗа разработали для предполагаемых поставщиков более современные технические требования к этим полипропиленовым композициям. Они содержали повышенные нормы по текучести материалов при литье под давлением, по ударной вязкости с надрезом, тепло- и морозостойкости. Впервые появилась норма по стойкости к царапанию. Как ориентир были выбраны лучшие зарубежные марки для интерьера и экстерьера на основе полипропилена и блоксополимера пропилена с этиленом того времени. Для нагруженных деталей выбор был сделан, главным образом, в пользу более доступных и экономичных полиамидных композиций [57].

Для новых моделей были созданы и освоены марки полипропиленовых композиций с требуемыми характеристиками для интерьера и экстерьера, а для первого ещё и в требуемой цветовой гамме, заданной по альбому RAL.

Во-первых, это интерьерная композиция на основе блоксополимера пропилена с этиленом Армлен ПП ТМ 203УП для изготовления, в первую очередь, панели приборов и внутренних панелей дверей с повышенными требованиями к пассивной безопасности.

Во-вторых, это интерьерные композиции на основе полипропилена Армлен ПП ТМ 15-5УП и 20-5УП для других многочисленных видовых деталей салона. Первая марка, в силу меньшего содержания талька, имеет большую стойкость к царапанию, нежели вторая, но зато вторая дешевле первой, что было сделано для более осознанного их выбора. Для крупной детали – обтекателя порога пола создана и успешно применяется малоусадочная интерьерная марка Армлен ПП ТМ 20-7УП чёрного цвета. Марка для данной цели имеет повышенную жёсткость.

Эти марки – интерьерные полипропиленовые композиции 2-го поколения, обладающие необходимым комплексом эстетических, физико-

механических, тепло-физических и специальных свойств для деталей интерьерной группы. Они имеют повышенную текучесть и значительно улучшенные реологические характеристики, что отвечает имеющейся тенденции к снижению толщин изделий для экономии материала и интегрированию ранее выполняемых отдельных частей в единые крупногабаритные детали. Стойкость к царапанию по принятым ныне основными автопроизводителями методикам её оценки находится на уровне 6-8 баллов. Для повышения стойкости интерьерных композиций полипропилена к царапанию хорошо себя зарекомендовали скользящие добавки, ранее применённые в сфере полимерной упаковки и эффективно снижающие поверхностное трение. Они же позволили побороть «крип» – дефект, заключающийся в появлении скрипа при трении фрагментов деталей интерьера друг об друга. Важно отметить, что полипропилен в деталях интерьера заметно понизил шумность в салоне.

Цветовая гамма интерьерных марок для автомобилей LADA сейчас включает: графит 875 по RAL 7021, серый норма 845 по RAL 7039, серый титан 843 по RAL 00 45 000, светло-серый 805 по RAL 00 07 000, базальт 885 по RAL 00 20 000, и стандартный чёрный 901 по RAL 9005. А для интерьера LADA 2190 «Гранта» антрацит 861 по RAL 00 15 000.

Кроме того, в силу особой конструкции панели приборов для модели «Chevrolet NIVA» – верхняя мягкая часть из ППУ, нижняя каркасная часть из ударопрочной полипропиленовой композиции с повышенным модулем упругости и теплостойкостью – для последней была разработана и внедрена специальная чёрная марка Армлен ИП ТМ 20-4УП-901, согласно техническим требованиям к ней. Материал обладает необходимыми свойствами для придания ему после огневой обработки рабочей поверхности адгезии к ППУ, в результате чего верхняя и нижняя части панели приборов прочно соединяются между собой после операции заливки.

В-третьих, это экстерьерные композиции на основе блоксополимера пропилена с этиленом Армлен ИП СК 20-4М и на основе полипропилена Армлен ИП СК 30-2 для бамперов семейств LADA-2170 «Приора» и LADA-1118 «Калина», окрашенных наружно автоэмалями. для LADA-2190 "Гранта" бамперы планируются также в цвете антрацит окрашенными в массу, то есть в значительно более экономически и экологически приемлемом варианте. Для наруж-

ных жабо и накладки рамы ветровых окон, начиная с семейств LADA-1118 и LADA-2170, применена светостабилизированная марка Армлен ПП ТМ 20-4УПС-901, дублированная при литье с уплотнителем из термопластичного полипропиленового эластомера. Отметим, что та же марка используется в облицовке радиатора автомобиля УАЗ-3163 «Патриот» с начала его освоения.

Кроме того, для наружно неокрашиваемых бамперов и дверных молдингов модели «Chevrolet NIVA» разработана светостабилизированная ударопрочная полипропиленовая композиция ArmLen PP-11 IM в темно-сером варианте 879 grey, а для облицовки порога пола – черном варианте 901. При особых случаях бамперы из него могут окрашиваться наружно под цвет кузова. В английских обозначениях марок (в рамках проводимых работ по локализации) аббревиатура «IM» означает impact modified, то есть «УП» – ударопрочный.

Выдающуюся роль в совершенствовании качества полипропиленовых композиционных материалов для деталей интерьера и экстерьера автомобилей в последнее десятилетие сыграло появление спектра промышленных высокотемпературных, а также реакторных марок блоксополимера пропилена с этиленом. Однако такие марки освоены пока лишь за рубежом рядом ведущих производителей полипропилена. Для выпуска элитных композиций их приходится ввозить в Россию, что имеет свою негативную сторону. Но применение указанных матричных основ позволило значительно улучшить внешний вид изделий, разрешить ряд проблем с ликвидацией распространенных технологических дефектов поверхности. Помимо этого произошел количественный скачок в сторону увеличения ударной вязкости с надрезом. Последнее имеет особое значение в свете необходимости выполнения автомобилестроителями современных требований к пассивной безопасности основных групп деталей интерьера и экстерьера при ударном воздействии. Эти детали даже при частичном разрушении не должны давать острые режущие кромки. Например, литниковая система горячеканальной формы для изготовления панели приборов включает несколько литниковых каналов. В месте встречи потоков расплава – зоне «холодного спая», как правило, снижается прочность и стойкость материала к ударным нагрузкам. Вообще образование «холодного спая» особенно характерно для наполненных полимеров из-за формирования в них дефектной структуры полимерной матрицы и влияния на нее поверхности наполнителя [125].

Композиции на основе полипропилена вышли по объему применения в автомобиле на первое место среди других видов полимерных материалов (рис. 1.4, 1.5) [17]. Этому способствовало их чрезвычайное разнообразие с учётом применяемых наполнителей и аппретирующих агентов, модификаторов ударной вязкости, технологических смазок, стабилизаторов и т.д.

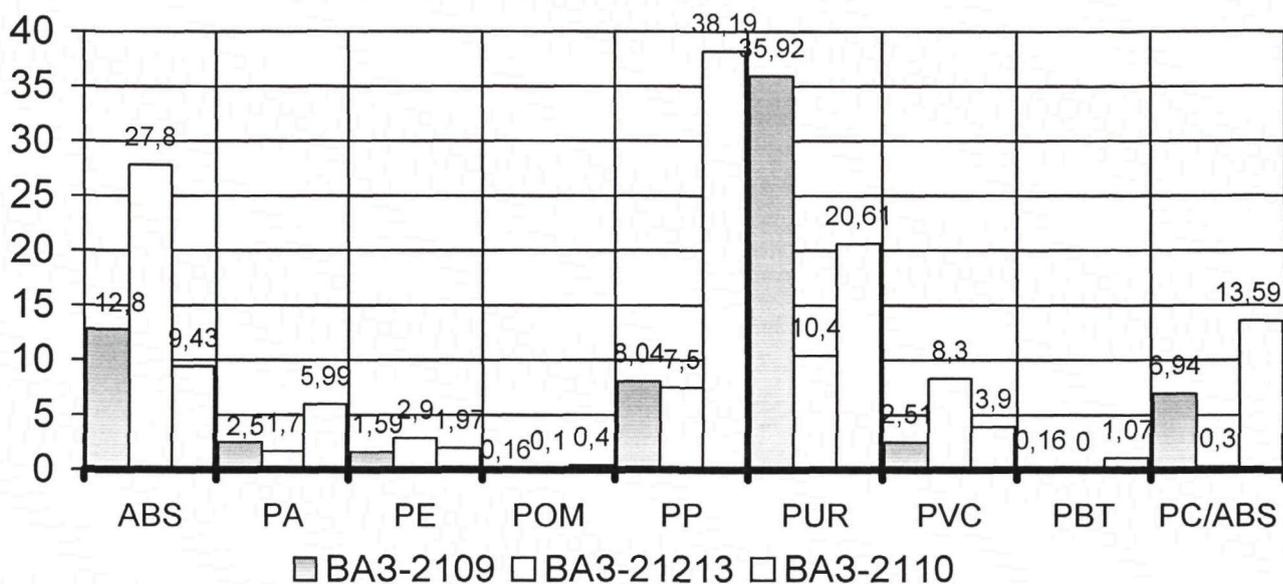


Рисунок 1.4. Распределение пластмасс в моделях VAZ поколения 1986-1996 годов, кг

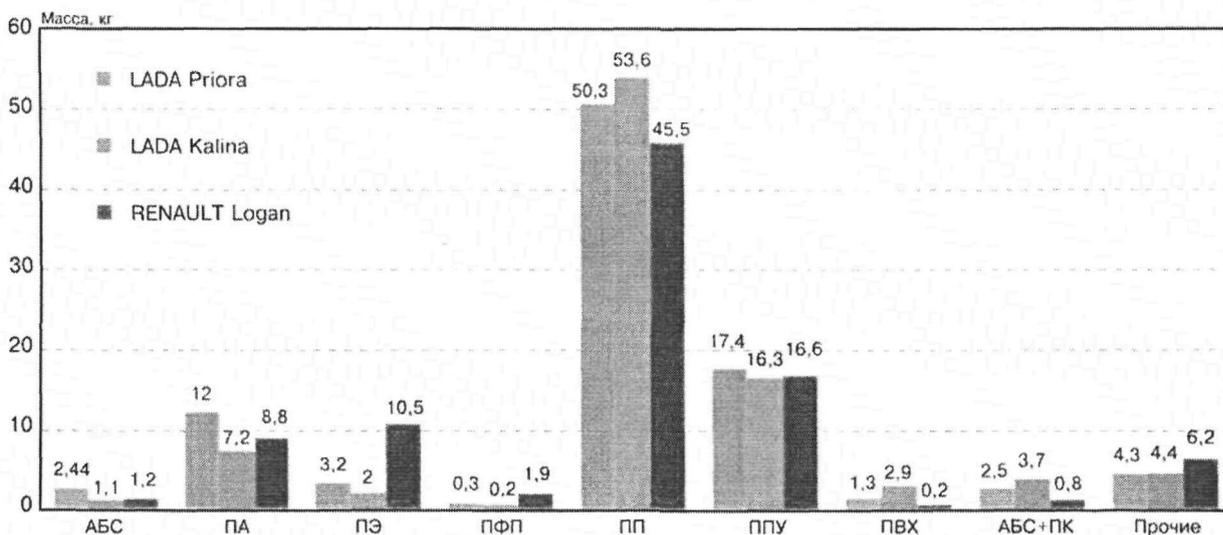


Рисунок 1.5. Распределение пластмасс в моделях поколения 2004-2006 годов LADA и Renault, кг

В свете роста экологической культуры в сферах производства и эксплуатации тут весьма важны легкость использования технологических отходов и возможность полного рециклинга материалов в изделиях. Казалось бы, переработка гранул термопластов теоретически не должна сопровождаться выделени-

ем низкомолекулярных веществ. Однако по разным причинам (привнесение их с ингредиентами, термо- и термоокислительная деструкция полимера, другие процессы при компаундировании и переработке) небольшой уровень эмиссии летучих всегда имеет место. Отсюда подготовка компонентов и технология их компаундирования продолжают оптимизироваться в направлении снижения уровня летучих и полного устранения иногда проявляемых специфических запахов. Особенно это относится к свежееизготовленным изделиям и наиболее важно для деталей интерьера с большой площадью и воздухопроводов системы вентиляции и обогрева. Зарубежные фирмы для борьбы с летучими и запахами предлагают вводить дополнительно адсорбенты. Несмотря на все вышеуказанные сложности применение ассортимента полипропиленовых композиций на автомобиле очень разнообразен.

Например, простейшая эластифицированная марка Армлен ПП СК 15-3-901 используется и в корпусе внутреннего зеркала и в подкрылках, защищающих ниши колес и днище кузова от грязи; а экстерьерная марка Армлен ПП СК 15-2С – в колпаках колес грузовых автомобилей ГАЗ, окрашенных в массу [19]. Традиционное применение тальконаполненного полипропилена – корпусные детали отопителя легковых и грузовых автомобилей. Для этой цели, например, ВАЗом и КамАЗом используется марка Армлен ПП ТМ 40-1-901. Но в последнее десятилетие такого типа материал, имеющий повышенную теплостойкость, придающий деталям жесткость и стойкость к термокороблению, начал массово применяться в корпусах блок-фар автомобиля – на ВАЗе, начиная с LADA-2110. В них используется материал как черного цвета, так и в сером варианте 831 по RAL 7035. В литевых расширительных бачках, свариваемых из 2-х половин, с небольшой тепловой нагрузкой успешно применяется марка Армлен ПП СК 15-1 с улучшенной прозрачностью для контроля уровня антифриза. Для ряда экструзионно-раздувных изделий, например, воздухопроводов двигателей грузовиков освоена марка Армлен ПП СК 15-1 К.

В связи с необходимостью повышения надежности радиаторов с пластмассовыми бачками разработана наиболее прогрессивная на сегодня марка стеклонеполненного полипропилена Армлен ПП СВ 30-4Т-922, обладающая заметно большей теплостойкостью под нагрузкой и большей химической стойкостью к горячему антифризу типа «Тосол», нежели предшествующие ей мар-

ки-аналоги. Отметим, как особое обстоятельство, что речь для данного применения идет именно о композиционно наполненном стекловолокном полипропилене «Армлен». Для примера здесь укажем, что изначально в 80-е годы прошлого века в СССР в Северодонецком СПО «Стеклопластик» выпускался полипропилен также с 30 % короткого стекловолокна. Его ударная вязкость по Шарпи была на уровне 10 КДж/м², Армлен ПП СВ 30-4Т-922 имеет ударную вязкость по Шарпи на уровне 40 КДж/м². При этом удалось не только обеспечить довольно прочную связь полипропиленовой матрицы со стекловолокном, но и существенно повысить стойкость такой связи в горячем антифризе и горячей воде. Отсюда и появление длительной работоспособности Армлена в подобных ответственных изделиях.

Несмотря на указанные ранее недостатки стеклонеполненного полиамида 66, как материала для работы в горячем антифризе и в горячей воде, все же он до сих пор широко, особенно за рубежом, применяется в данной области. Его относительная работоспособность объясняется тем, что, например, в бачках радиаторов с горячим антифризом постоянно контактирует только внутренняя сторона детали, а другая работает на горячем воздухе. Причем внутренняя сторона интенсивно набухает в горячих компонентах – воде и этиленгликоле (до 10-12 масс. %), а внешняя сторона подвергается термоокислению на воздухе при повышенной температуре. Когда изделие работает полностью в горячем антифризе, как например, крыльчатка водяного насоса [101], нагнетающая его в радиатор, то в таком случае недостатки материала проявляются значительно быстрее. На практике имелись случаи даже полного растворения горячим антифризом полиамидной матрицы (из некачественных композиций на основе полиамида 66) до каркаса из стекловолокна. Для данного применения исходный полиамид 66 должен обладать гидролизостойкостью при температурах до 120°C, при которой закипает антифриз. Это достигается специальной защитой концевых групп полимера и легко контролируется по стабильности его относительной вязкости. Но, кроме того, связь полиамида 66 со стекловолокном, достигаемая аппретированием, также должна иметь надлежащую гидролизостойкость. Общая же гидролизостойкость композиционного материала корректно контролируется по изменению его прочности в процессе достаточно длительной выдержки в горячем антифризе (до 2000 час при контроле качества

и еще дальше при научных сравнительных исследованиях) и не совсем корректно – по ударной вязкости, которая вначале для полиамида 66 значительно возрастает попросту из-за процесса набухания (пластификации).

В качестве альтернативного Армлену варианта материала для пластмассовых бачков радиаторов, который более отвечает принятому за рубежом, применяется марка Технамид А СВ 30-ЛТО-901 с повышенной гидролизостойкостью на границе фаз полимер-стекловолокно.

В свою очередь, для расширительных бачков той же системы охлаждения, но с увеличенной тепловой нагрузкой под капотом, разработан и успешно применяется, начиная с LADA-2170, стеклонаполненный полипропилен Армлен ПП СВ 10-1Т. Он также стоек к горячему «Тосолу». Ранее они выполнялись из полипропилена или из блоксополимера пропилена с этиленом. Но для жесткой крышки расширительного бачка, снабженной сформованной при литье резьбой, применяется термостабилизированная марка Армлен ПП СВ 30-2Т-901 или ещё лучше -4Т-922.

Обратим внимание на то, что все изделия рассмотренной группы работают под избыточным давлением. Отсюда для устранения недопустимой ползучести под тепловой и механической нагрузкой термопласт армирован коротким, но специально аппретированным стекловолокном. Это значительно повышает ударную вязкость и температуру тепловой деформации при изгибе, приближая последнюю к температуре начала плавления (размягчения) полимерной матрицы.

В деталях, работающих в условиях высоких температур, больших механических нагрузок, в контакте с горячим моторным маслом, бензином или дизельным топливом, во многих случаях оптимальны относительно экономичные и технологичные композиции полиамида 6 [125].

В свете необходимости выполнения норм ЕВРО-3, в части допуска по бензопроницаемости в системе подачи топлива, по техническим требованиям АвтоВАЗа была выполнена разработка экструзионно-раздувной композиции на основе полиамида 6 под маркой Армамид ПА 6-6Эк. Начиная с семейства LADA-2170, из данной композиции изготавливаются методом экструзии с раздувом сепараторы паров бензина, служащие для его рекуперации в процессе регулирования давления внутри топливного бака. Эти сепараторы намного легче

и экономичнее своих металлических аналогов, выполняемых из освинцованного стального листа с множеством технологических операций и отходов. Изначально сепараторы раздувались из полиэтилена, но с ужесточением нормы по бензопроницаемости последние отошли в прошлое. Марка Армамид ПА 6-6ЭК представляет собой сплав полиамида 6 с ПЭВП. Его основная матрица из полиамида 6 обеспечивает практически нулевую бензопроницаемость материала, а модифицирующая матрица из полиэтилена придает высокую технологичность при довольно сложной технологии переработки экструзией с раздувом.

Другим важным и массовым направлением применения композиций на основе полиамида 6 являются впускные коллекторы, подающие с необходимой регулировкой воздух в двигатели. Наша автомобильная индустрия долго не воспринимала важность перехода от тяжеловесных металлических коллекторов к пластмассовым. Хотя за рубежом они уже с середины 90-х годов XX века начали массово применяться в США, Германии и Японии. Причем в части материала и технологии изготовления таких коллекторов конкурировали два направления. Ввиду сложной геометрии изделия изначально появились коллекторы из стеклонаполненного полиамида 66, производимые методом литья под давлением, но с легкоплавким металлическим сердечником и с последующим его выплавлением из получаемой отливки. Этот способ весьма не прост и мало технологичен для крупносерийного выпуска. Поэтому была освоена более простая технология, включающая литье под давлением отдельных частей коллектора и их вибросварку в единую конструкцию. Коллекторы из стеклонаполненного полиамида 6 характеризуются более прочным сварным швом, - прежде всего, за счет более широкого температурного интервала переработки в сравнении со стеклонаполненным полиамидом 66. Первым и пока единственным из российских двигателе- и автопроизводителей, кто откликнулся на эту инновацию в середине прошедшего десятилетия, стал АвтоВАЗ. Производство впускных коллекторов с вибросваркой сначала из зарубежной марки стеклонаполненного полиамида 66 было запущено ОАО «Пластик» (г. Сызрань) в 2004 году. Эти коллекторы двух освоенных типов предназначались соответственно для 8-ми и 16-ти клапанных двигателей автомобилей LADA. Затем с учётом опыта, прежде всего, европейского двигателестроения для автомобилей российские специалисты стали тоже проявлять интерес к стеклонаполненному

полиамиду 6 для данной цели. Основным вопросом тут заключался в том: какую верхнюю рабочую температуру должен иметь материал с учетом того, что температуры начала плавления полиамидов 6 и 66 составляют 215 и 255°C. Были проведены необходимые стендовые и дорожные испытания этих коллекторов, отлитых из материала марки Армамид ПА СВ 30-2ТМ, которая изначально была успешно испытана в Италии на фирме Magneti Marelli (г. Милан) в коллекторе двигателя автомобиля Fiat. После успешного завершения испытаний на АвтоВАЗе Армамиду ПА СВ 30-2ТМ был дан зеленый свет. Появились разработки в области впускных коллекторов еще у ряда российских предприятий сразу выполненные под использование стеклонаполненного полиамида 6. Армамиду, чтобы прочно удержаться в этой области, теперь приходится конкурировать по цене и качеству с зарубежными специальными марками стеклонаполненного полиамида 6, у которых более длительная история применения.

В качестве альтернативного варианта материала для коллекторов на основе полиамида 66, который отвечает изначально принятому, разработана марка Технамид А СВ 352ТМ с ещё более высокой температурой размягчения при изгибе. Полиамидные коллекторы рассчитаны на температуру длительной эксплуатации до 140°C и на температурные пики до 200°C на базе полиамида 6 и до 240°C на базе полиамида 66. Разумеется, вышеуказанные полиамидные марки надлежащим образом термостабилизированы и обеспечивают необходимую свариваемость.

Отметим здесь, как весьма показательный факт, появление в европейской автомобильной индустрии альтернативы полиамидному варианту материала в виде полипропилена, усиленного 35 % химически связанного короткого стекловолокна, предложенного фирмой «Borealis» [139]. Полипропиленовые впускные коллекторы разработаны фирмой «Mahle Filter Systems UK» и применяются на 8-ми клапанных двигателях автомобилей VW Polo, Golf, Skoda и других с объёмом 1,4...1,6 л. Эти коллекторы рассчитаны на температуру длительной эксплуатации до 120°C и на температурные пики до 140°C. Полипропиленовый коллектор в сравнении с полиамидным меньше «шумит», несколько легче, технологичнее, проще подвергается рециклингу и, конечно, дешевле. Как и в случае с пластмассовыми бачками радиаторов, термостабилизированный стеклонаполненный полипропилен значительно превосходит стеклонаполненные по-

лиамиды 6 и 66 по стойкости к термоокислению, которая провоцируется в подкапотном пространстве. Но для реализации такого технического решения важно, чтобы двигатель располагался так, чтобы впускной коллектор не оказался в самых горячих зонах подкапотного пространства, например, рядом с каталитическим нейтрализатором отработавших газов, чему способствует вертикальная схема его компоновки. Причём верхняя шумогасящая крышка на двигателе также будет затруднять вентиляцию для охлаждения воздуха вокруг коллектора.

Разумеется, сфера применения на автомобилях стеклонаполненных композиций полиамида 6 достаточно широка и продолжает расширяться [100, 131]. Они востребованы там, где нужны высокая масло- и бензостойкость, длительная работоспособность при температурах до 150°C и на пиках до 200°C, большая стойкость к ударным и другим знакопеременным механическим воздействиям, отсутствие ползучести под силовой и тепловой нагрузкой. Кроме того, ряд марок имеет внешне эстетическую привлекательность. Поэтому и разнообразно их применение. Приведём особо важные реализованные дополнительные примеры. В подрулевых переключателях используется марка Армамид ПА СВ 15-1 Э-901, обеспечивающая высокое качество поверхности и способность к нанесению рабочих обозначений методом горячего тиснения через ПЭТФ-плёнку с красящей подложкой. для изготовления корпусов наружных зеркал заднего вида автомобилей LADA-2170, 1118, 21214М, а также «Chevrolet NIVA», применяется Армамид ПА СВ 30-1-901 – относительно экономичная, но при этом и достаточно надёжная при эксплуатации даже в наружных деталях. На новых моделях автомобилей LADA наружная ручка дверей из Армамид ПА СВ 30-3М-901. Марка Армамид ПА СВ 15-1ЭТМ весьма перспективная для ряда наружных деталей автомобиля, в том числе для передних крыльев с повышенной пассивной безопасностью: она даёт хорошее качество поверхности, высокую адгезию при окраске автоэмалями, а также имеет для данного применения достаточно высокую ударную вязкость с надрезом вплоть до температуры 60°C.

Отметим, однако, тот печально известный факт, что не все российские молдеры соблюдают требование конструкторской документации. Иногда в целях весьма сомнительной экономии даже в ответственных деталях применяют-

ся контрафактным образом более дешёвые материалы с применением вторичного сырья. Это допускают, как правило, небольшие и малоизвестные предприятия, не дорожающие своей репутацией на рынке и заботящиеся только о своей прибыли. Отсюда приходится сталкиваться с бракованной продукцией там, где её вовсе не должно быть. Действенный способ борьбы с подобными явлениями как первый шаг – обязательный ввод молдерами современных систем качества типа ISO TS 16949 с её регулярным аудитом, как принято в европейском автомобилестроении, где работают только согласно спецификациям.

В связи с освоением на ОАО «ГАЗ» рестайлинговой модели «Газель-Бизнес» с новым, более современным интерьером кабины и передней облицовкой – бампер и решётка радиатора, были предложены для этих целей хорошо уже зарекомендовавшие себя марки Армленов. В панели приборов успешно применена интерьерная марка Армлен ПП ТМ 20-5УП в новом варианте цвета серый 849 (RAL 7012), выбранная с учётом критерия «цена-качество». Однако требования к внешнему виду деталей панели приборов значительно выросли. Острую конкуренцию Армлену составили зарубежные марки-аналоги. Выбор полипропиленовой композиции, окрашенной в массу, для главных экстерьерных деталей был выполнен ОАО «ГАЗ» на основе тендера с 4-мя участниками, в том числе одним зарубежным. По тому же критерию «цена-качество» была выбрана экстерьерная марка Армлен ПП СК 20-4МС цвета графит 875 по RAL 7021 для бампера и чёрного цвета 901 для облицовки радиатора. (Подобная марка тогда уже хорошо себя зарекомендовала в бамперах автомобилей семейства LADA-2170 «Приора».) Заказ на производство бампера и облицовки радиатора из Армлена для Газели-Бизнес с проектированием и изготовлением литьевых форм получила фирма «Магна» – ведущий мировой изготовитель автокомпонентов, пришедший в Россию и создавший производственные подразделения в Нижнем Новгороде, Калуге и Петербурге. для сидений микроавтобусов семейства «Газель» и автобусов «ЛИАЗ» успешно применены полипропиленовые композиции Армлен ПП ТМ 20-5УП и Армлен ПП СВ 20-2С серого цвета.

В связи с освоением КамАЗом рестайлингового варианта грузовиков, проведен полный комплекс научных, технологических и испытательских работ, в результате которых были освоены новые ответственные детали из различных

марок Армлена и Армамида. В панели приборов и крупногабаритной надоконной полке применена ставшая в какой-то мере универсальной интерьерная марка Армлени ПП ТМ 20СУП, причем в новых вариантах цвета графит 866 и 827. В наружных деталях кабины под окраску автоэмалью успешно используется высокопрочная марка Армамид ПА СВ 302ТМ. В ряде особо ответственных деталей шасси применена марка Армамид ПА СВ 30-2Т-АФ с высокими трибологическими свойствами. Кроме того, интерьерная марка Армлени ПП ТМ 20-5-УП в новых вариантах серого цвета 840 и 860 стала основной в крупно- и среднегабаритных деталях интерьера автомобиля УАЗ-3163 «Патриот».

Для деталей автомобилей и автокомпонентов со специальными требованиями были освоены соответствующие композиции со специальными свойствами, в том числе: трудногорючие марки Армлени ПП ТМ 1S-1АП, Армамид ПА6-2АП, Армамид ПА ТМ 20-2АП (литьевые) для коробки предохранителя, пепельниц, штекеров и деталей звукового сигнала; Армлени ППТМ 10-1АП-К, Армлени ППТМ 15-1АП-К, Армамид ПА6-1АП-К (экструзионные) для трубчатых оболочек автоэлектрожгутов с целью их электроизоляции и связки; Технотер А СВ 30 ОДИ для деталей автоэлектрооборудования – катушек и модуля зажигания; антифрикционные марки Армамид ПА СВ 30-2Т-АФ и Технамид А СВ 30-ТАФ для шестерен спидометра и тахометра, ползуна стеклоподъемника, ряда деталей шасси.

В опытном производстве есть композиции на основе, как полипропилена, так и полиамида 6, усиленные углеродным или базальтовым волокном. Углеродонаполненные марки востребованы там, где необходима очень большая жесткость, прочность и высокие трибологические свойства [127]. Композиции с базальтовым волокном, наряду со стеклонеполненными, весьма перспективны для изготовления больших кузовных деталей взамен металлических, так как при надлежащей модификации смогут обеспечить необходимую прочность и выполнение требований пассивной безопасности при фронтальном и боковом ударе автомобиля.

Деятельность в направлении увеличения применения пластмасс на российских автомобилях, а именно её интенсивная компонента, пока ещё не исчерпала свои возможности (табл. 1.4). Наиболее перспективными направлениями в будущем должны стать кузовные детали и, прежде всего, передние крылья

[77, 38], что даст заметное увеличение применения пластиков на автомобиле.

При выборе материала для вновь осваиваемых деталей автомобиля, в том числе и для новых моделей, в подавляющем большинстве случаев оптимальное решение осуществляется исходя из имеющегося промышленного марочного ассортимента. Но при ужесточении требований к материалам, что особенно характерно при освоении новых моделей автомобилей, необходимо разрабатывать новые марки или марки совершенствовать.

Таблица 1.4 Применение полимерных материалов в автомобилях КамАЗ-65115, 6520

| Наименование материала | Основные детали | Объем применения по моделям и годам, кг/авт. | | | |
|--------------------------------------|--|--|-------|-------|-------|
| | | 65115 | | 6520 | |
| | | 2005 | 2008 | 2005 | 2008 |
| АБС | Детали интерьера и экстерьера (надоконная полка, корпус зеркал) | 7,1 | 2,1 | 6,87 | 1,87 |
| АБС/Поликарбонат | Воздухозаборники, детали интерьера | 2,75 | - | 2,65 | 11,65 |
| ПВХ | Трубки, профили, отделочные материалы панели приборов, обивка пола | 7,5 | 15,0 | 6,21 | 13,7 |
| Полиакрилаты (ПММА) | Аэродинамические козырьки, фонари | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Полиамид (ПА) | Конструкционные детали, крыльчатка вентилятора двигателя, тормозные трубопроводы | 6,28 | 7,0 | 7,12 | 7,2 |
| Полипропилен (ПП) | Воздухозаборники, надоконная полка, кожухи вентилятора, трубопроводы, конструкционные детали | 4,44 | 17,0 | 6,0 | 18,3 |
| Полиуретан (ПУ и ППУ) | Набивки сидений, термошумоизоляция, детали интерьера, декоративные знаки, детали подвески | 14,86 | 30,5 | 15,69 | 31,1 |
| Полиэтилен (ПЭ) | Заглушки, облицовки, кожухи, крылья | 3,84 | 4,0 | 5,93 | 6,0 |
| Полиэфирный стеклопластик | Детали «нижнего пояса», боковая защита, аэродинамические обтекатели | 34,4 | - | 38,0 | - |
| ПолиДЦПД | Детали «нижнего пояса» | - | 31,5 | - | 31,5 |
| Фторопласт | Конструкционные детали | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Композиционные формованные материалы | Обивка крыши, обивка двери | 9,4 | 5,0 | 9,4 | 5,0 |
| Другие | | 0,85 | 1,0 | 0,55 | 0,8 |
| Всего | | 96,6 | 118,0 | 103,5 | 132,2 |

1.5. Перспективы пластмасс в конструкции ТнТТМ и проблемы их утилизации

Тенденция к использованию облегченных компонентов постепенно распространяется и на сегмент грузовых автомобилей. Для этого компания BASF разработала семейство пластиков Ultramid, которые будут использоваться для производства трубки воздухозаборника и модуля маслозаборника грузовиков, укомплектованных двигателями DD13/DD15. По оценкам специалистов, использование полиамидного пластика от BASF позволяет снижать вес деталей до 50% без ущерба для их эксплуатационных характеристик [37]. Трубка воздухозаборника, изготовленная из полиамидного материала производства BASF, весит на 1,8 кг меньше по сравнению с аналогичным изделием из алюминия.

Высокая устойчивость специального полиамида Ultramid® A3W2G6 из серии PA 66 к термическому «старению» была подтверждена испытаниями в условиях пульсирующего давления и нагрева до 140°C. Трубка воздухозаборника должна выдерживать воздействия давления в интервале от 0,4 до 3,5 бара в течение 3000 часов. К материалам модулей маслозаборников также предъявляются жесткие требования. Эти компоненты изготавливаются из пластика Ultramid® A3WG7. Помимо подсоединения к трубке и линии подвода масла данная конструкция включает встроенный контрольный клапан. В ходе испытаний на термическое «старение» материал выдерживал свыше 10 миллионов циклических пульсирующих воздействий масла – с давлением от 5 до 13 бар и при температуре 120°C. Тестирование контрольного клапана на долговечность предусматривало 500000 циклов воздействия едкой смеси, содержащей не только отработанное масло, но и компоненты моторного топлива. Предполагаемый пробег грузового автомобиля составляет около 1,2 млн. километров. Замена металла на пластик Ultramid при высокой степени функциональной интеграции обеспечивает сокращение затрат и уменьшение веса каждой детали на 0,8 кг (на 50%).

Компания Woodbridge создала новое поколение огнестойкого материала для звукоизоляции подкапотного пространства. Новое поколение акустического вспененного полиуретана WhisperTech является ответом на возрастающие требования к автомобильным комплектующим, предъявляемым по части акустиче-

ского комфорта и поглощению вибраций [2]. Отверждаемая пена, которая получила коммерческое наименование WhisperTech V-0, представляет собой прорыв в области огнеупорных шумопоглощающих материалов. Ее характеристики превышают все существующие сегодня в автоиндустрии инженерно-технические волокна. Свойства этого материала на основе полиуретана позволяют ему гасить вибрации и поглощать звуковые колебания различной частоты от шума, проникающего в салон через багажник и колесные арки.

Другой важнейшей характеристикой материала его создатели называют абсолютную огнеупорность, что позволит более широко применять новое поколение WhisperTech для виброзвукоизоляции двигателя и всего подкапотного пространства.

Последние приведенные примеры свидетельствуют о существенном расширении сферы использования пластиков в автомобилестроении. Сегодня в автомобилестроении используется все больше полимерных материалов. К 2015 году, когда в целом в мире будет утилизироваться около 12 млн. старых автомобилей в год [31], годовой объем рециклинга составит около 1,3 млн. тонн. За последние 50 лет удельный вес полимерных материалов в автомобилестроении значительно вырос, особенно благодаря их легкости и прочности. Заменяя более тяжелые металлы, они позволяют сократить расход горючего и тем самым снизить уровень выброса углекислого газа в атмосферу. В современном автомобиле доля полимерных материалов составляет около 11%. При этом 100 кг полимерных материалов заменяют, по оценкам экспертов, от 200 до 300 кг традиционных материалов. Это значит, что без использования полимеров среднее потребление топлива за время эксплуатации автомобиля было бы больше примерно на 1000 л [143, 147].

Экономика России характеризуется сравнительно невысоким уровнем производства и потребления полимерных материалов в сравнении с развитыми странами мира. Так, по уровню использования пластмасс в качестве конструкционных материалов в расчете на единицу ВВП Россия отстает от США в 5 раз (по суммарному объему в 20 раз), а в качестве упаковочных материалов в расчете на человека примерно в 7-10 раз [146]. Вместе с тем, образование полимерных отходов в России составляет значительную величину – около 900 тыс.т

в год, что создает немало экологических проблем, поскольку средний уровень их сбора и переработки не превышает 13%.

В ближайшие 10 лет производство и потребление полимерных материалов в России будет расти опережающими темпами в сравнении темпами роста промышленного производства, что будет способствовать дальнейшему обострению экологических и экономических проблем, обусловленных соответствующим ростом образования полимерных отходов.

По оценке НИЦПУРО в структуре образующихся полимерных отходов 34% составляют отходы из полиэтилена, 20,4% - из ПЭТФ, 17% - из ламинированной бумаги, 13,6% - из ПВХ, 7,6% - из полистирола, 7,4% - из полипропилена. Наибольшим уровнем сбора и переработки характеризуются отходы из полиэтилена – 20%, отходы ПВХ перерабатываются – на 10%, полистирола – на 12%, полипропилена – на 17%, ПТЭФ – на 12%. Но, что важно, указанные значения относятся только к образованию полимерных отходов из продукции бытового назначения. Полимерные отходы из списанных ТИТМ практически не собираются и не перерабатываются [146], между тем доля полимеров в структуре сырья, образующегося при утилизации составляет свыше 50 %, в эту величину входят и пластмассы, и текстиль на основе синтетического волокна и резинотехнические изделия (рис. 1.6) [84, 46].



Рисунок 1.6 – Состав остаточных отходов, в % от веса

Переработке подвергаются следующие виды полимерных отходов: отходы синтеза и переработки термопластов, а также отходы потребления в виде изъятой из обращения полимерной пленки, мешков из полимерной пленки и других видов упаковки из нее, пластмассовых ящиков, не загрязненных канистр, и бочек, труб, посуды, игрушек, широкой номенклатуры пластмассовых изделий и деталей выведенной из эксплуатации сложной техники бытового и производственного назначения, в т.ч. автомобилей, радиоэлектронной технике.

Основными видами продукции, изготовляемой из полимерных отходов (или с их использованием) являются [53]:

- из отходов полиэтилена – трубы (главным образом дренажные), ящики, ведра и другие емкости, пленка, подзакрылки и другие детали для автомобилей, разнообразные изделия широкого не пищевого потребления;
- из отходов ПВХ – напольные материалы, (в том числе линолеум); из отходов полистирола и его сополимеров – фурнитура мебели, разнообразные изделия технического и бытового назначения, облицовочные плитки;
- из отходов ПЭТФ – гранулят на экспорт, лавсановое волокно для текстильной промышленности, пленка для упаковки продукции.

Научно-технические виды работы переработки полимерных отходов такие например, как пиролиз полимерных отходов с получением ценных компонентов пока не находят промышленного применения.

Для переработки полимерных отходов используются, главным образом, то же оборудование, что и для переработки первичного сырья, как отечественного так и зарубежного производства. Спросом пользуется в основном отечественное оборудование поскольку оно в 5-10 раз дешевле импортного, хотя его технические характеристики во многих случаях хуже.

Основные направления промышленной переработки полимерных отходов в России:

- изготовление из отходов вторичных материалов как товарных продуктов, в том числе для поставки на экспорт (дробленки, агломерата, гранулята из ПЭ, ПВХ, ПС, ПП, ПТЭФ, лавсанового волокна);

- изготовление из отходов (или с их частичным использованием) традиционной разнообразной продукции производственно-технического и бытового назначения методами литья, прессования, экструзии;
- изготовление из полимерных отходов материалоемкой продукции, как правило не изготавливаемой только из первичного сырья в том числе из смешанных отходов или в композиции с другими отходами (макулатурой, древесными и текстильными отходами) – древесно-полимерных плит, досок, штакетника, подставок.

Все наиболее важные проблемы, оказывающие сдерживающее воздействие на сбор и переработку полимерных отходов в России, могут быть сформулированы в следующем виде:

1. Отсутствие в России организационных нормативно-технических условий приемлемого качества вторичного сырья производимого из полимерных отходов. В частности, в России пока нет системы селективного сбора отходов. Ограничено использование маркировки полимерных материалов. Отсутствует инфраструктура центров сертификации вторичного сырья. В этой связи предлагаемое на рынке вторичное сырье не имеет соответствующих сертификатов качества и может содержать мусор различные металлические включения, а также фрагменты других полимерных материалов.

2. Низкая конкурентоспособность продукции с использованием отходов. Качество продукции с использованием вторичного сырья заведомо ниже в сравнении с качеством продукции из первичного сырья при несущественном снижении цены на нее, что свидетельствует о не соответствии такой продукции базовому рыночному критерию «стоимость-эффективность». Такое положение обусловлено, главным образом, двумя основными факторами: объективно более низкими сырьевыми свойствами перерабатываемых отходов в сравнение с первичным сырьем и дополнительными издержками по предварительной подготовке отходов к использованию в качестве вторичного сырья, в частности, на организацию сбора, транспортировки, сортировки, мойки, дробления. Для загрязненных и смешанных отходов затраты на подготовку к использованию в качестве вторичного сырья могут превосходить стоимость первичного сырья. Росту затрат на сбор и переработку отходов способствуют также высокая доля ручного труда при сборе и сортировке отходов, использование главным обра-

зом импортного, т.е. более дорогостоящего оборудования, постоянный рост в последние годы затрат на энергоресурсы, высокий уровень налогообложения.

Действие этих факторов определяет то, что сбору и переработке подвергаются пока лишь, главным образом, чистые и несмешанные отходы, что с одной стороны, позволяет экономить на подготовке отходов к использованию вторичного сырья, с другой – обеспечить приемлемое качество выпускаемой продукции.

3. Отсутствие экономических условий для сбора и переработке основной массы полимерных отходов. По оценкам НИЦПУРО более двух третей образующихся в России полимерных отходов не имеет экономических условий для переработки, поскольку затраты на их сбор, предварительную обработку, транспортировку и последующую переработку в свободных рыночных условиях не могут окупиться выручкой от реализации вторичного сырья, изготовленного из таких отходов, или продукции, изготовленной из с использованием таких отходов.

Опыт развитых стран мира свидетельствует о том, что для реализации принципа «загрязнитель платит» необходимо введение дополнительных экологических налогов, таких как плата за использование упаковки, залоговые цены, платежи на возмещение затрат по сбору и переработки трудно утилизируемых отходов. Применительно к ТИТТМ в нашей стране такой принцип был введен в действие с 1 сентября 2012 года [134, 103], таким образом, средства на работу по совершенствованию методов сбора и переработки списанных ТИТТМ теперь собираются в специальный фонд. Все основные проблемы сбора и переработки полимерных отходов в России имеют не технологические, а главным образом экономический характер.

1.6. Анализ работ по исследованию технологических процессов утилизация техники и полимерных материалов

Важно отметить, что публикации, посвященные утилизации выбывшей из эксплуатации техники, стали появляться в первую очередь в периодической печати на рубеже 1999-2000 годов. Они были посвящены проблемам городов, начинающих сталкиваться с массовым выбытием легковых автомобилей из экс-

плуатации. Первая научное исследование, вышедшее в 2002 году, обобщало опыт развитых стран и предлагало основные принципы упорядочения обращения с отходами на этапе эксплуатации автотранспортных средств [34]. В работе подробно рассмотрена методика расчета количества выбывающих из эксплуатации компонентов на статистических данных 1999-2000 г.г., также в работе разработаны подходы к моделированию транспортного обслуживания предприятий сбора и переработки выбывшей из эксплуатации техники.

Второе крупное исследование, проведенное в последнее время (2007 год), было направлено на изучение и анализ законодательной базы, связанной с процессами утилизации автомобильной техники за рубежом и в России [24, 123]. В нем представлены предложения, направленные на разработку единой эколого-ориентированной системы сбора и утилизации вышедших из эксплуатации автотранспортных средств.

Применительно к транспортным и сельскохозяйственным предприятиям тональность подобных публикаций была несколько иная – в них рассматривались проблемы предприятий с точки зрения обеспечения транспортно-технологическими средствами производственных процессов. Выбывшая из эксплуатации техника рассматривалась лишь как объект получения годных к использованию запасных частей и объект восстановления специализированными ремонтными предприятиями. Утилизация непригодной к восстановлению техники и остатков машин после изъятия годных агрегатов и узлов, как правило, уже не представляла никакого интереса, хотя, с точки зрения экологии от машины оставались наиболее опасные компоненты: изношенная резина, отработанные эксплуатационные жидкости, аккумуляторные батареи, полимерные материалы.

По своей многофункциональности предприятия технического сервиса, в сферу деятельности которых должна входить утилизация выбывшей из эксплуатации техники напоминают сервисные центры, реализующие и обслуживающие различную технику, однако клиентская база и предлагаемые виды оказываемых услуг зеркально отличаются. Приоритетом проектируемых предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых должна входить утилизация выбывшей из эксплуатации техники можно считать получение прибыли за счет выполнения услуг, связанных с вывозом техники по заявкам клиен-

тов, реализации годных к использованию запасных частей, восстановленных машин (особенно применительно к сельскохозяйственной технике), сдачей утильсырья предприятиям переработчикам [51]. Общие принципиальные направления эффективной работы предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых входит утилизация выбывшей из эксплуатации техники, изложены в основополагающих работах [64, 65, 71, 70] как без указания, так и с указанием методов количественных расчетов.

За последние годы накоплен определенный опыт практической работы предприятий, в сферу деятельности которых входит утилизация выбывшей из эксплуатации техники в различных регионах РФ, который освещается в работах [86, 89, 90, 98, 110, 73]. В указанных работах анализируются и обобщаются не только достигнутые в последнее время определенные успехи, но и недостатки и упущения в деятельности. Однако конкретных научных методов повышения эффективности работы не приводится.

Научные методы решения отдельных задач применительно к предприятиям технического сервиса, в сферу деятельности которых должна входить утилизация выбывшей из эксплуатации техники и похожих на них предприятий предлагаются в исследованиях [9, 11, 13, 49, 95, 106].

Давая общую оценку рассмотренным научным работам, следует отметить, что при всей их важности они посвящены решению лишь частных задач, поэтому даже при их успешном решении они не могут существенно повлиять на показатели работы предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых должна входить утилизация выбывшей из эксплуатации техники в целом. Большой комплексностью решения взаимосвязанных задач повышения эффективности работы предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых должна входить утилизация выбывшей из эксплуатации техники отличаются исследования Конкина М.Ю. и Алдошина Н.В. [6, 7, 5, 64, 65, 66, 67], в которых рассматриваются концептуальные основы и научное обеспечение технологической утилизации сельскохозяйственной техники.

В исследованиях [32, 69, 46] была сделана попытка разработать пути совершенствования технологических процессов и организации утилизации техники в системе технического сервиса АПК. Кроме теоретических разработок в работе были представлены некоторые технические решения, позволяющие в ус-

ловнях реальных предприятий организовать процессы эффективной переработки выбывшей из эксплуатации техники и отходов технического обслуживания.

Ключевым моментом всех вышеназванных работ стало отсутствие предложений по работе конкретными компонентами списанных ТиТТМ, а ведь именно неизученность этих вопросов приводит к высокому уровню захоронения отходов ТиТТМ как в процессе их эксплуатации, так и при их утилизации. Внимание к полимерным отходам стало уделяться с момента их появления, первое отечественное исследование датируется 1977 годом, но, как и большинство других, оно посвящено бытовому мусору [50, 72]. Крупные комплексные исследования проблемы утилизации полимерных отходов ТиТТМ имеют, как правило иностранное происхождение, это работы Ла Мантии, Шайерса, Штарке и др. [39, 45, 79, 80, 129, 20, 52, 53, 128, 132, 140, 139, 143, 144]. Детальное исследование проблематики вторичного использования пластмасс, применяющихся в конструкции легковых автомобилей представлено в отчете Дармштатского института экологии [143]. Важное исследование, посвященное обоснованию ресурсосберегающих технологий и средств утилизации полимерных отходов сельскохозяйственных предприятий было проведено под руководством Астанина В.К. [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Из проведенного анализа опубликованных научных работ по сервисным системам предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых должна входить утилизация выбывшей из эксплуатации техники, следует, что в настоящее время пока отсутствует детальные исследования, связанные с разработкой экологоориентированных технологических процессов утилизации авто-тракторной техники, и в частности полимерных материалов, позволяющих снизить нагрузку на окружающую среду от невовлечения всех материалов, используемых в автомобиле в переработку при рациональных затратах трудовых и материальных ресурсов [22, 23, 40, 41, 42, 87, 88, 141].

1.7. Выводы по главе 1. Обоснование цели и задач исследования

1. Создание и обеспечение эффективной работы предприятий, в сферу деятельности которого должна входить утилизация выбывшей из эксплуатации

техники является одним из новых и перспективных направлений развития технического сервиса ТиТТМ.

2. Основной задачей такого предприятия является оказание транспортным и сельскохозяйственным предприятиям, управляющим компаниям городских и сельских поселений, индивидуальных владельцев машин всех необходимых услуг, связанных с экологически безопасной утилизацией техники путем создания сети приемных и перерабатывающих предприятий.

3. Эффективное (экономически прибыльное) функционирование всех специализированных отделов предприятия технического сервиса, в сферу деятельности которого входит утилизация техники, возможно только на основе современных методов оптимального проектирования производственных процессов с использованием общих принципов исследования операций.

4. Анализ имеющихся исследований по сервисным системам предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых входит утилизация техники, показал, что в настоящее время отсутствуют комплексные научные разработки по утилизации отдельных компонентов и материалов, используемых в ТиТТМ с проектированием технических средств, повышающих эффективность технологических процессов в различных технико-экономических условиях с учетом минимизации воздействия на окружающую среду.

Исходя из этого, были сформулированы основная цель и задачи исследования. В связи с актуальностью данных вопросов **целью исследования** является разработка селективной технологии утилизации отработанных пластмассовых изделий ТиТТМ, позволяющей вернуть вторичные материалы в оборот и учитывающей вероятностный характер потока заявок на утилизацию и вариацию продолжительности их исполнения при рациональных затратах трудовых и материальных ресурсов

Для реализации поставленной цели в работе были поставлены следующие **задачи**:

- обосновать критерии оптимальности, необходимые для разработки технологических процессов утилизации пластмассовых деталей ТиТТМ с учетом специализации предприятия и места размещения;
- разработать комплекс математических моделей определения основных ха-

рактик постов демонтажа и сортировки пластмассовых деталей с учетом вероятностного характера производственных процессов и вариации комплектности и технического состояния утилизируемых объектов;

- провести моделирование и оптимизацию технологических процессов демонтажа и сортировки с разработкой технических средств, обеспечивающих повышение эффективности работ при минимальных затратах трудовых и материальных ресурсов и с учетом вариативности состояния списываемой техники;
- провести производственную проверку полученных результатов в условиях предприятий технического сервиса;
- провести оценку эколого-экономического эффекта от внедрения результатов исследования.

Глава 2. Теоретические основы разработки ресурсосберегающих технологий утилизации пластмассовых деталей

В ближайшие 5...10 лет количество списываемых в России транспортных и транспортно-технологических машин достигнет 6...8 % от парка, что потребует решения проблемы приема, переработки, вторичного использования и утилизации списанных автомобилей. Стимулом к началу волны списаний техники могут стать программы правительства, направленная на вытеснение из парка машин с возрастом, превышающим 20 лет и не соответствующих второму экологическому классу (Евро-0, Евро-1) (рис. 2.1), доля которых все еще остается значительной [118, 130, 149].

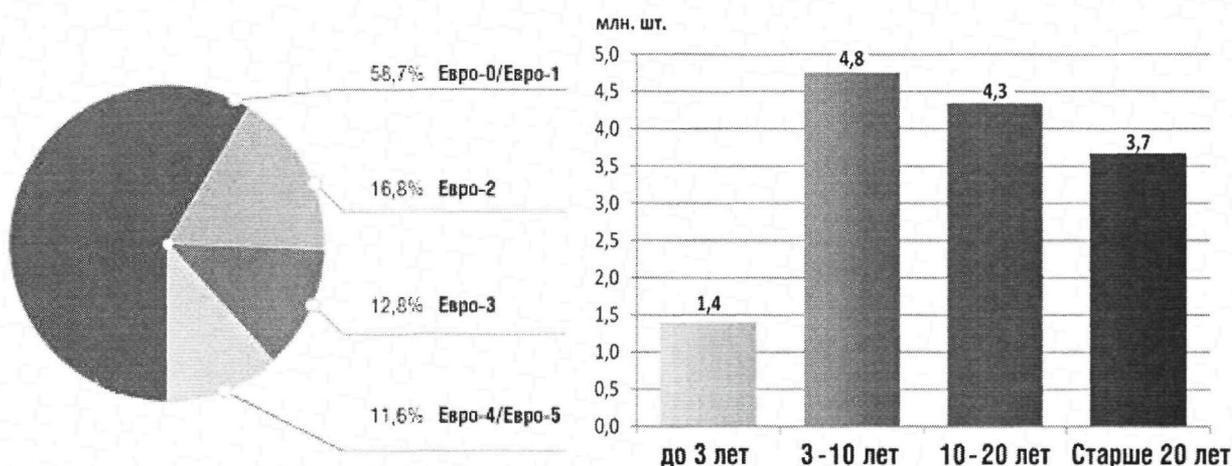


Рис. 2.1 – Эколого-возрастная характеристика российского парка ТуТТМ

На проблему утилизации выбывших из эксплуатации автомобилей в нашей стране обратили внимание еще в конце прошлого века, анализируя опыт ведущих зарубежных стран [35, 55, 58, 105, 116, 136]. За такой длительный срок должного развития эта отрасль не получила в первую очередь потому, что не было законодательной базы и научно обоснованных подходов к разработке структуры системы утилизации и определению характеристик элементов, входящих в систему.

Скорее вынужденно, чем в стремлении создать цивилизованный способ завершения жизненного цикла транспортных средств, в Москве заработала

программа «Авторециклинг» [8, 29, 35, 54, 89, 91, 124, 130, 138]. Количество утилизируемых в ее рамках автомобилей не превышало 15000 единиц при производственных мощностях предприятий, входящих в систему на уровне 40000 единиц в год. В рамках программы утилизировались автомобили, попадающие под категорию «брошенные и разукomплектованные транспортные средства» по заявкам управляющих компаний или других городских структур и за счет городского бюджета. Спустя десять лет функционирования этой программы количество средств, выделяемых на утилизацию, несколько увеличилось, а количество утилизируемых автомобилей остается на прежнем уровне. В то же время, по мнению специалистов, ежегодно в Москве прекращается эксплуатация примерно 150000 автомобилей [1, 82, 89, 84, 123, 83]. Таким образом, только 10 % автомобилей действительно попадают на утилизацию, а остальные попадают в соседние регионы, но чаще разбираются силами неавторизованных сервисных предприятий для изъятия годных узлов и агрегатов и сдачи лома черных и цветных металлов. Наиболее опасная часть остатков автомобиля, к которым относят отработанное масло, шины, электролит и аккумуляторы, пластик и стекло утилизируются по упрощенной технологии. Если отработанное масло сжигается в виде топлива для систем обогрева, а аккумуляторные батареи также идут как лом цветного металла, то остальное, как правило, попадает в твердые бытовые отходы или вывозится на полигоны под видом крупногабаритного мусора.

Опыт проводившейся программы утилизации в период с 8 марта 2010 года по 30 июля 2011 показал, что имеющихся мощностей 157 ломозаготовительных предприятий [92], которые были включены в программу как конечное звено технологической цепочки, даже при упрощенной технологии утилизации, не предполагающей демонтаж и сортировку по видам материалов, не хватило.

С 1 сентября 2012 года в деле утилизации автомобилей наступил новый этап, утилизация автомобиля стала оплачиваться при его покупке или ввозе в Россию, соответственно стал формироваться целевой фонд, предназначенный

для финансирования текущей деятельности и развития сети предприятий утилизации.

Для разработки проектов предприятий, предназначенных для утилизации выбывших из эксплуатации автомобилей необходимо иметь представление о парке выбывающих из эксплуатации автомобилей, поскольку их марочный состав, текущее состояние принципиально влияет на материальный состав получаемого при переработке вторсырья и применяемые технологии утилизации.

Разработка научных подходов к проектированию, рациональному размещению и организации деятельности предприятий, предназначенных для утилизации выбывших из эксплуатации автомобилей, в настоящее время становится очень актуальной. Исследования в этой области необходимо вести уже сейчас, параллельно разработке законодательной базы. Поскольку по расчетам ряда консалтинговых агентств, уже в 2020 году ежегодное производство автомобилей в России может превысить 3,5 млн. штук в год [149]. При этом, утилизации будут требовать до 2 млн. автомобилей в год, или около 15 млн. в течение текущего десятилетия [149]. Для организации утилизационного процесса уже сейчас необходимо разрабатывать и строить: пункты приема выбывших из эксплуатации автомобилей; предприятия по разборке и демонтажу с созданием оборотных фондов агрегатов, узлов и подразделениями по сортировке демонтированных элементов по видам материалов; региональные шредерные заводы.

2.1. Экологические и технологические проблемы переработки полимерных материалов

Несмотря на то, что в настоящее время в полимерные материалы перерабатывается всего лишь около 5 % добываемой нефти, вопросам вторичной переработки технологических и эксплуатационных отходов полимерных материалов уделяется все более серьезное внимание. Вторичная переработка

(рециклинг) в любом случае была бы более предпочтительной, чем уничтожение, однако это является весьма проблематичным, когда имеют дело с загрязненными, бывшими в употреблении изделиями и, прежде всего изделиями, изготовленными из бытовых отходов. Анализ возможностей вторичной переработки отходов полимерных материалов становится все более важным и по той причине, что мест для их захоронения остается все меньше, а затраты на подобную утилизацию постоянно растут. В целом к основным способам обращения с использованными однажды изделиями из полимерных материалов и их отходами относятся следующие:

- повторное использование изделий (например, повторное использование емкостей из-под напитков);
- «вещественная» вторичная переработка физическими методами (с получением пригодного для использования вторичного полимерного материала, или, рециклята);
- вторичная переработка химическими методами;
- вторичная термохимическая переработка;
- захоронение (депонирование) изделий и отходов, не пригодных соответственно для повторного использования и вторичной переработки.

Для обоснованного выбора одного из указанных способов помимо технических и экономических факторов все большее значение приобретают экологические аспекты. Так, со стороны общественности особенно пристальное внимание привлекают к себе вещества, образующиеся в результате сжигания отходов на специализированных установках. Речь идет, прежде всего о галогенсодержащих и содержащих серу веществах, а также об образующихся при неправильно проводимом процессе сжигания ядовитых соединениях таких веществ, как диоксины и фураны. Благодаря целенаправленному регулированию температурного режима и эффективной очистке газообразных продуктов горения на оснащенных современным оборудованием мусоросжигательных установках подобные ядовитые вещества либо не образуются, либо своевременно улавливаются и подвергаются повторному использова-

нию (гипс), либо (в небольших количествах) подвергаются захоронению. При этом необходимо учитывать тот факт, что количество поступающих в установки для сжигания мусора бытовых и промышленных отходов полимерных материалов в настоящее время составляет очень небольшую часть от общей массы подобных отходов. Так, в бытовых отходах всего лишь 7 % составляет доля отходов полимерных материалов, основными из которых являются полиолефины (полиэтилен и полипропилен), полистирол, полиэтилентерефталат и, в меньшей степени, поливинилхлорид. Вместе с тем следует иметь в виду, что отдельный сбор и сортировка использованных материалов (преимущественно – упаковочных материалов) не только связаны со значительными расходами и гигиеническими проблемами, но и приводят к снижению теплотворной способности направляемого на сжигание бытового мусора, в результате чего приходится применять для его утилизации тяжелое жидкое топливо. Поэтому вновь возникают проблемы в отношении общей экономической эффективности и общей экологии. Если из процесса термической обработки мусора выводятся отходы полимерных материалов (прежде всего – упаковочные ПМ) с их высокой теплотворной способностью (таблица 2.1), которые могут высвободить потенциально находящуюся в них энергию, то приходится использовать для этой цели ценные виды ископаемого топлива: природный газ, нефть, каменный или бурый уголь. При других способах термической обработки отходов полимерных материалов содержащаяся в них энергия расходуется в основном на проведение последующих химических процессов.

Безопасное для окружающей среды захоронение отходов полимерных материалов в настоящее время упирается в отсутствие или в дороговизну полигонов для захоронения. Кроме того, захоронение привело бы к неоправданно безвозвратной утрате большого количества потенциально содержащейся в ПМ энергии.

Таблица 2.1. Затраты энергии на производство различных материалов и их теплотворная способность

| Материал | Затраты энергии на производство, МДж/кг | Теплотворная способность, МДж/кг |
|------------|---|----------------------------------|
| Полиэтилен | 70-85 | 43 |
| Полистирол | 80-90 | 40 |
| Бумага | 18 | 45-57 |
| Стекло | 10 | - |
| Сталь | 20-25 | - |
| Алюминий | 115-140 | - |

С учетом энергетического баланса, связанных с этим расходов и экологических аспектов в настоящее время трудно предсказать, какое развитие могут получить в будущем различные способы вторичной переработки полимерных материалов в целях получения энергии или пригодных для , практического применения химических веществ. Особая проблема связана с законодательными предписаниями, которые первоначально были вполне обоснованными, так как были направлены на уменьшение количества образующихся полимерных отходов и объемов их захоронения.

2.1.1 Повторное использование полимерных изделий и вторичная переработка полимерных материалов

Под повторным использованием изделий из полимерных материалов понимают их вторичное применение для тех же целей, что и раньше (например, возвращаемые в оборот пустые бутылки из стекла, поликарбоната или полиэтилентерефталата). Изделия из полимерных материалов технического назначения редко могут быть использованы повторно, причем, как правило, в виде запасных частей (амортизаторы, колпаки колес и т. п.).

«Вещественная» вторичная переработка полимерных материалов означает получение путем проведения соответствующих технологических операций вторичных материалов (при этом возможно только изменение физического состояния материала без изменения его химической структуры), пригодных к дальнейшей переработке (рециклят), и изготовление из них тради-

ционными для полимерных материалов методами формования новых изделий. Некоторые полимерных материалов с огнезащитными добавками не могут быть подвергнуты вторичной переработке.

Термическая вторичная переработка (путем сжигания или другими способами) направлена на получение чистой энергии за счет высвобождения энергии, содержащейся в отходах полимерных материалов бывших в употреблении изделий из них. В результате такой переработки могут также образовываться новые исходные вещества (пиролизные масла, мономеры) или другие пригодные для практического использования химические вещества при минимальном количестве остатков (термохимическая переработка).

Возврат отходов из полимерных материалов в технологический процесс (например, возврат литников или добавление измельченных отходов в первичный гранулят) уже в течение длительного времени практикуется при переработке полимерных материалов и соответствует современному состоянию производства. Не пригодные для прямой вторичной переработки полимерные отходы подвергаются термической переработке или захоронению. Практика сбора остатков гранулята (особенно имеющих разный цвет или содержащих различные добавки) в целях последующего изготовления из них изделий с более низкими требованиями к качеству должна быть прекращена или ограничена, так как при этом существенно ухудшается внешний вид изделий. Смешанные или содержащие посторонние примеси отходы из полимерных материалов могут быть использованы в очень небольших масштабах для изготовления изделий, к качеству которых не предъявляются высокие требования (цветочные ящики, парковые скамейки, звукозащитные стенки). Некоторые виды изделий из полимерных материалов вполне могут быть подвергнуты вторичной переработке в подобные изделия (моноблоки аккумуляторных батарей, буферные системы), но зачастую отсутствует достаточное количество пригодных для вторичной переработки материалов.

В настоящее время в очень многих технических приборах и устройствах (например, в бытовых приборах и узлах автомобилей) используется дос-

таточно большое количество различных марок полимерных материалов. Однако проблема систематической вторичной переработки подобных изделий может быть успешно решена только в единичных случаях.

Для успешной реализации возможности вторичной переработки полимерных отходов с образованием пригодных для использования веществ должны быть решены следующие вопросы:

- уменьшено многообразие марок полимерных материалов;
- используемым полимерным материалам должны с максимально возможной точностью присваиваться знаки вторичной переработки в соответствии с нормами DIN EN ISO 11469 или VDA460 (рис. 2.2);
- должны быть разработаны специальные маркировочные средства для полимерных материалов (например, флуоресцентные красители и т. п.), облегчающие их сортировку;
- полимерных материалов различных видов должны легко разделяться и сортироваться;
- при отсутствии возможности разделения следует использовать сочетаемые друг с другом полимерных материалов, например, поликарбонат (ПК) и АБС-пластик;
- изделия должны конструироваться с учетом возможности их вторичной переработки согласно правилам Союза немецких инженеров VDI2243: «Конструирование пригодных для повторной переработки технических изделий»;
- по возможности должно быть исключено окрашивание изделий из полимерных материалов;
- должен быть известен точный комплекс требований к вторичным полимерных материалов, причем эти требования должны неукоснительно соблюдаться (нужно всегда иметь в своем распоряжении безупречный вторичный материал, что на практике в полной мере еще не обеспечивается).

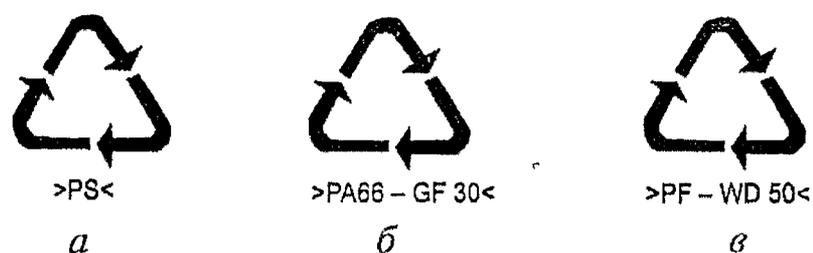


Рисунок 2.2 – Знаки вторичной переработки в соответствии с нормами DIN EN ISO 11469 или VDA 460 с указанием типа ПМ: а – полистирол; б – полиамид 66, наполненный 30 % стеклянных волокон; в – отвержденная фенолформальдегидная смола, наполненная 50 % древесной муки (обозначение полимерных материалов могут заменять цифры внутри знака: 1 – ПЭТ; 2 – ПЭВП; 3 – ПВХ; 4 – ПЭНП; 5 – ПП; 6 – ПС; 7 – прочие)

При всем этом следует учитывать и затраты, связанные со сбором, транспортированием, разделением, сортировкой и переработкой полимерных материалов. Эти затраты должны быть разумными по сравнению со стоимостью новых изделий. В настоящее время уже существуют специальные предприятия, которые принимают, перерабатывают (и при необходимости компандируют) отходы из полимерных материалов и бывшие в употреблении изделия из полимерных материалов, а затем предлагают потребителям вторичное сырье (в том числе сертифицированное) с определенным комплексом свойств [139, 140].

Трудноразрешимой проблемой является получение вторичных полимерных материалов из загрязненных отходов, содержащихся в бытовом мусоре (например, упаковочных материалов), так как расходы на их сортировку, очистку и переработку могут превышать стоимость соответствующих первичных полимерных материалов. В настоящее время сжигание таких отходов с последующим использованием получаемой при этом энергии может считаться разумным решением как с экономической, так и с экологической точек зрения.

Производство вторичных полимерных материалов является в значи-

тельной степени маркетинговой проблемой. Нужно выявлять области применения, требованиям которых удовлетворяют вторичные полимерных материалов с определенным комплексом свойств. С учетом ответственности производителей предписывается во многих случаях для обеспечения высокой надежности использовать первичные материалы даже там, где это не является безусловно необходимым, и лишь в крайнем случае – сертифицированные вторичные полимерных материалов. Предстоит еще провести большую разъяснительную работу для убеждения производителей и потребителей изделий, а также общественности в том, что продукция из вторичных полимерных материалов может соответствовать предъявляемым к ней требованиям. Для того чтобы производить из вторичных полимерных материалов изделия с гарантированными свойствами, необходимо разработать требования к показателям качества изделий и утвердить методы их оценки.

2.1.2. Химическая и термическая вторичная переработка отходов полимерных материалов

При химической переработке в результате химического процесса (например, гидролиза) происходит деструкция макромолекул полимера с образованием исходных мономеров.

Основной целью термохимической переработки является получение базовых веществ для последующего синтеза полимерных материалов на химических предприятиях при частичном использовании высвобождающейся в процессе переработки отходов полимерных материалов энергии. В качестве примеров способов такой переработки, реализуемых на практике (главным образом – в небольших масштабах), можно назвать:

- пиролиз, представляющий собой термическую деструкцию отходов полимерных материалов без доступа воздуха;
- гидрогенизацию, связанную с расщеплением макромолекул отходов полимерных материалов и присоединением атомов водорода для получения насыщенных углеводородов. В настоящее время эта технология позволяет из 1 т смешанных отходов полимерных материалов

получать на современных установках до 800 кг вторичных масел, связанные с этим процессом затраты существенно выше, чем при утилизации отходов путем сжигания;

- целый ряд способов, которые основаны на процессе пиролиза, но предусматривают градацию по температуре, благодаря чему обеспечиваются широкие возможности для получения самых различных химических веществ и (или) энергии.

Термический способ (сжигание, термическая вторичная переработка) предназначен исключительно для высвобождения потенциально содержащейся в отходах полимерных материалов энергии. Это позволяет вернуть до 60 % энергии, необходимой для производства полимерных материалов (табл. 2.1). Отходы полимерных материалов и использованные резиновые шины могут быть также применены в доменных печах вместо тяжелого жидкого топлива. Содержащаяся в шинах сажа одновременно выполняет роль восстановителя.

2.1.3. Терминология в области вторичной переработки отходов полимерных материалов с образованием рециклята

В литературе по технологии вторичной переработки отходов полимерных материалов с образованием рециклята в одни и те же понятия вкладывается различный смысл. Поэтому комитет по охране окружающей среды немецкого Союза переработчиков пластмасс (VDI) уже в течение ряда лет пытается упорядочить терминологию. В результате была разработана схема процесса вторичной переработки (рис. 2.3), снабженная дефиницией терминов.

Рециклят – это полученный в результате вторичной переработки вторичный полимерных материалов с определенными свойствами. Этот термин является более широким понятием по отношению к терминам: измельченный материал, агломерат, регранулят и регенерат. Во многих случаях рециклят смешивается с первичным полимерных материалов, но полимерные сплавы или смеси, получаемые в результате компаундирования нескольких поли-

мерных материалов, рециклатами не считаются.

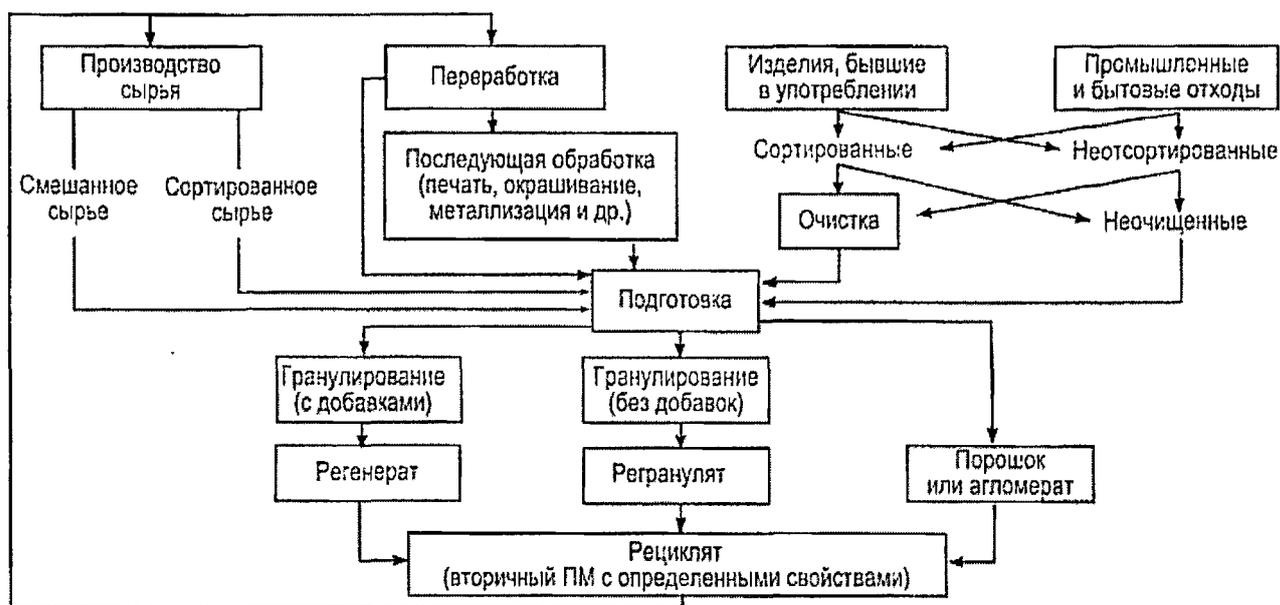


Рисунок 2.3 – Схема процесса подготовки и вторичной переработки отходов полимерных материалов с образованием рециклата

Измельченный материал получают путем измельчения отходов полимерных материалов. Измельченный материал содержит частицы разных размеров (в том числе пылевидные частицы).

Агломерат получают путем измельчения, частичного плавления и перемешивания (пластицирования) полимерных материалов. Частицы агломерата могут иметь различные размеры, но пылевидные частицы в нем отсутствуют.

Регранулят получают путем плавления и гранулирования измельченного материала или агломерата. Частицы регранулята имеют близкие по величине размеры; пылевидные частицы в нем отсутствуют.

Регенерат получают из измельченного материала, агломерата или регранулята путем плавления (компаундирования) с введением добавок (присадок) для улучшения свойств. Частицы регенерата имеют близкие по величине размеры; пылевидные частицы в нем отсутствуют.

Важными для вторичной переработки понятиями являются также чис-

тота и совместимость исходных материалов, а также связанные с этими понятиями термины:

- термин «чистые по виду» означает, что переработке подвергается только один полимерный материал одного производителя с определенным обозначением;
- термин «чистые по сорту» означает, что переработке подвергаются полимерные материалы с одинаковыми обозначениями (в соответствии с DIN EN ISO 11469 или VDA 260) одного или различных производителей;
- термин «близкие по сорту» означает, что хотя перерабатываемые полимерных материалов и имеют в своей основе один и тот же базовый полимер, но различаются по своим свойствам (например, из-за наличия в одном из них огнезащитных добавок);
- термин «смешанные» означает, что перерабатываются различные, но химически совместимые друг с другом полимерные материалы (например, АБС-пластик и поликарбонат), полимерные материалы считаются совместимыми, если их расплавы могут смешиваться между собой и перерабатываться в изделия с достаточно хорошими механическими свойствами и приемлемым состоянием поверхности;
- термин «загрязненные» означает, что полимерные материалы содержат появившиеся в них в процессе использования изделий посторонние примеси, которые ухудшают свойства изготавливаемых из этих полимерных материалов новых изделий.

Особенности применения полимерных материалов на транспортных и транспортно-технологических машинах позволяет при правильной организации, например при введении в технологический процесс сортировки, получать рециклят, относящийся к классам: «близкий по сорту», «чистый по сорту», и даже «чистый по виду» (при больших объемах утилизации машин одной модели или производителя). Просто демонтировав пластмассовые детали, получаем рециклят класса «смешанный», однако это справедливо лишь

для ТИТМ, выпущенных в последнее десятилетие, когда количество применяемых материалов было оптимизировано с учетом будущей утилизации [117], для остальных машин будет получаться рециклят класса «загрязненный».

2.2. Общие принципы эффективного использования средств технологического оснащения предприятий утилизации транспортно-технологических машин

Методы научного исследования определяются особенностями самих объектов исследования и характером изменения действующих на них факторов. Основными объектами исследования являются технологические процессы утилизации техники, реализуемые в подразделениях предприятий технического сервиса, сельскохозяйственные предприятия и автотранспортные предприятия в зоне обслуживания, управляющие компании городских и сельских поселений, и в целом парк автотракторной техники как эксплуатирующийся, так и списываемой.

Указанные необходимые условия эффективной деятельности специализированных отделов предприятия могут быть удовлетворены лишь на основе современных научных методов оптимального проектирования технологических процессов на принципах ресурсосбережения и высокой производительности. Соответственно теоретическая глава работы должна быть посвящена разработке таких научных методов.

Общей характерной чертой взаимосвязанного функционирования обслуживаемых клиентов и специализированных отделов предприятия является наличие источников заявок или требований и исполнителей этих заявок. Следовательно, имеет место типичная система обслуживания принципы организации работы которой зависят от характера потока заявок.

С учетом возможного множества работающих независимо друг от друга обслуживаемых клиентов с различными эксплуатируемыми сельскохозяй-

ственными машинами, автомобилями в различающихся природно-производственных условиях, различными объемами грузоперевозок и условий движения автомобилей можно предположить, что поступающий от них поток заявок на выполнение соответствующих работ будет случайным в вероятностном смысле. Соответственно и методы исследования взаимосвязанного функционирования обслуживаемых клиентов и специализированных отделов предприятия должны быть также вероятностными.

Из приведенного краткого описания следует, что в соответствии с общими принципами исследования операций [25, 137] отделы и отдельные посты в рамках технологического процесса предприятия 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 соответствующих постов или участков.

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 простои работников и оборудования предприятия из-за отсутствия заявок, что представляется более вероятным. Разрабатываемые научные методы должны обеспечить минимальные потери от этих простоев для предприятия, утилизирующего технику.

Наиболее эффективными для решения подобных задач являются общие методы теории массового обслуживания [26], что подтверждается и исследованиями [9, 49 и др.] применительно к технической эксплуатации машин и транспортному обслуживанию.

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

Примеры практического применения методов ТМО к исследованию технологических процессов технической эксплуатации, как наиболее близкой

к утилизации, свидетельствуют о принципиальной возможности применения этих методов и в данном случае.

Одной из задач планируемых к созданию в разных районах нашей страны пунктов приема и предприятий переработки выбывшей из эксплуатации техники является обеспечение высокого уровня сбора и переработки списанной транспортных и транспортно-технологических машин предприятий и населения в пределах зоны обслуживания. Под объектами обслуживания таких предприятий при этом подразумевается станции технического обслуживания, транспортные и ремонтные предприятия, контейнерные площадки, склады утиля и крупногабаритных отходов, в жилых районах городов и сельских поселений, на территориях промышленных и сельскохозяйственных предприятий, гаражных кооперативах. Средствами технологического оснащения являются соответствующие обслуживающие машины, различные технические устройства и приспособления, а также работающие с ними люди.

Основными элементами деятельности предприятий, задействованных в системе утилизации автотракторной техники, являются: разделение поступающих объектов на фракции, годные для дальнейшей переработки; переработка и захоронение непригодных для переработки отходов.

Решение указанных задач в соответствии с требованиями рыночной экономики должно осуществляться с наименьшими затратами труда, а также денежных и материальных ресурсов, на основе современных методов моделирования и оптимизации технологических процессов.

Все рассматриваемые задачи объединяются следующими общими свойствами: во всех случаях имеет место поток требований на соответствующий вид обслуживания от пользователей; при этом промежутки времени между однородными требованиями изменяются случайным образом и, соответственно, их следует рассматривать как вероятностные; количество объектов от которых исходит поток требований, может быть большим (условно неограниченным) или ограниченным в зависимости от конкретных условий работы; промежутки времени, связанные с обслуживанием указанных требо-

ваний, также не считаются постоянными из-за влияния множества случайных факторов и, соответственно, являются вероятностными; обслуживание требований может проводиться стационарными или передвижными средствами. Из изложенного следует, что в рассматриваемых задачах имеет место характерные признаки систем массового обслуживания (СМО) и, следовательно, исследование также целесообразно проводить методами теории массового обслуживания (ТМО).

Теория массового обслуживания (ТМО), являясь прикладным разделом математики – теории вероятностей, разработана для формального описания функционирования систем массового обслуживания с целью количественной оценки процессов, протекающих в этих системах и оптимизации их параметров [25, 26].

Элементами систем массового обслуживания являются: входящий поток заявок, очередь, каналы обслуживания, выходящий поток. Все эти элементы в совокупности и образуют систему массового обслуживания, общая структурная схема которой представлена на рис.2.4:

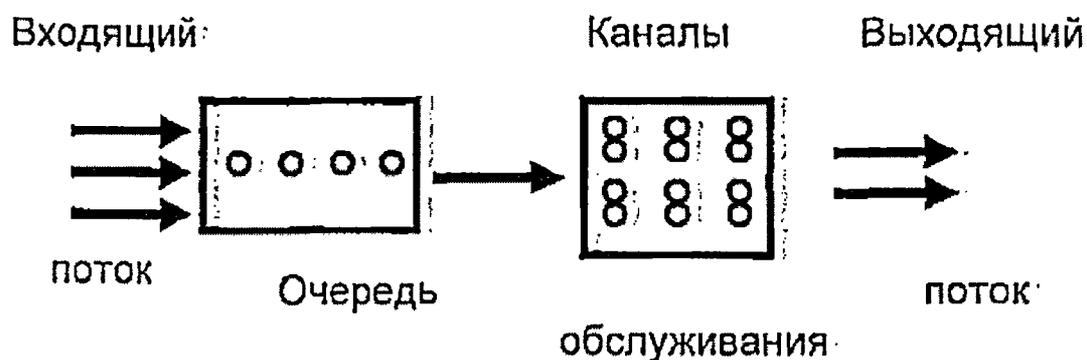


Рисунок 2.4 – Структурная схема системы массового обслуживания

Входящий поток – поток однородных заявок или требований, поступающих в систему на удовлетворение потребностей в проведении определенных работ. Заявки поступают в некоторые случайные моменты времени.

Заявка (требование) – некий физический объект, имеющий определенные потребности и обращающийся к услугам системы для их удовлетворе-

ния.

Каналы и аппараты обслуживания – устройства или субъекты обслуживания (при проведении утилизации – это рабочие посты).

Очередь – заявки; находящиеся в СМО в ожидании обслуживания по причине занятости каналов обслуживания.

Выходящий поток – требования, покидающие систему (в нашем случае, выходящий поток требований является выполнение необходимых работ по утилизации, т.е. готовность демонтированных элементов к финальной части утилизации – прессованию или измельчению). Заметим, что выходящий поток в общем виде может состоять из обслуженных и необслуженных заявок.

Многообразие систем массового обслуживания обуславливает необходимость их классификации для упорядоченного рассмотрения и дифференциации их математического описания в соответствии со сложностью исследуемых СМО.

Системы массового обслуживания можно разделить на системы с ожиданием (очередями) и без ожидания (рис.2.5). Системы без ожидания – это системы, в которых не бывает очереди. Такое возможно в двух случаях. Первый – если СМО является системой с отказами. В таких системах требование, застав все приборы занятыми, покидает систему необслуженными; Второй случай – система без отказов, т.е. с неограниченным числом аппаратов обслуживания. В таких системах предполагается, что сколько бы одновременно ни поступало заявок на обслуживание, количество свободных аппаратов обслуживания всегда больше количества заявок. В реальной жизни таких систем, практически не бывает.

Системы с ожиданием также подразделяют на две группы. В системах с неограниченной очередью требование, поступив в систему, не покидает ее не обслуженным – вне зависимости от того, в каком состоянии оно застало систему и сколько времени придется ожидать обслуживания.

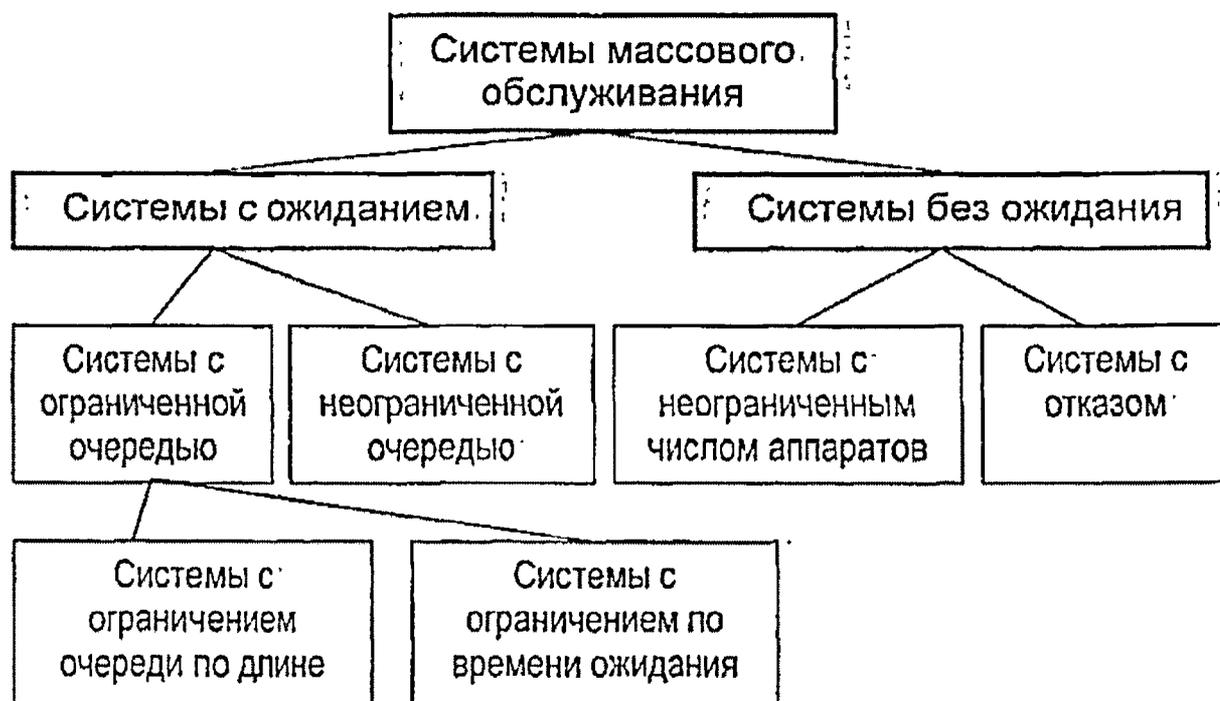


Рисунок 2.5 – Схема классификации СМО по наличию очередей

В СМО с ограниченной очередью часть заявок может покинуть систему необслуженными. Такие ограничения обычно обуславливаются либо техническими параметрами – емкостью накопителя в системах с ограничением очереди по длине: либо, характером – резервом времени; располагаемым заявкой.

По дисциплине обслуживания заявок различают: системы без приоритета (в которых заявки обслуживаются в порядке поступления); системы с приоритетом (в которых выделяются требования для внеочередного обслуживания). Имеется два типа систем с приоритетом. Первый – системы с абсолютным приоритетом. В таких системах при поступлении заявки высшего ранга прерывается обслуживание заявки более низкого ранга для немедленного освобождения аппарата обслуживания. Второй тип – системы с относительным приоритетом, в которых при аналогичной ситуации обслуживание заявки низшего ранга не прерывается, но подача заявок (в том числе и дальнейшая) на свободные каналы обслуживания происходит в очередности, соответствующей рангу заявок (для утилизации первыми завершаются работы, оставшиеся с предыдущих суток и т.д.).

В зависимости от количества аппаратов обслуживания различают од-

ноканальные и многоканальные СМО. По количеству последовательно выполняемых операций обслуживания выделяют: однофазные системы, в которых с каждой заявкой выполняется только одна операция – один вид обслуживания; многофазные системы, в которых с каждой заявкой определенной последовательности выполняется ряд специфических операций или видов обслуживания. Применительно к утилизации автомобилей находят распространение открытые, одно- и многоканальные СМО, с однотипными- или специализированными обслуживающими аппаратами, с одно- или многофазовым обслуживанием, без потерь или с ограничением на длину очереди.

Для применения соответствующего метода ТМО необходимо знать характер потока требований на обслуживание. Имеющиеся в рассматриваемой области исследования с применением методов ТМО свидетельствуют о том, что потоки требований, связанные с производственной деятельностью предприятий утилизации техники приближенно можно принять как простейшие, оптимальные распределения Пуассона [69, 32, 46]

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{K!} e^{-\lambda t}, \quad (2.1)$$

где $P_k(t)$ – вероятность поступления в систему « k » требований на обслуживание за промежуток времени t (час, смена, день и т. д.);

λ – средняя интенсивность или плотность потока требований (1/ч, 1/см., 1/день).

Выбор значения промежутка времени t зависит от характера и особенностей решаемой задачи. Важнейшей характеристикой средств обслуживания является средняя интенсивность обслуживания μ (1/ч, 1/см., 1/день) – количество обслуживаний за выбранный промежуток времени. Время обслуживания каждого требования при этом также является величиной случайной, для которой принимаются показательный закон функции распределения

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}. \quad (2.2)$$

В зависимости от характера работы предприятия поток требований на

обслуживание может рассматриваться как ограниченным, так и неограниченным. Если он обслуживает только заранее определенные объекты, то образуются потоки требований на различные виды обслуживания в общем случае будут ограниченными. Такая система обслуживания в условиях большинства предприятий в настоящее время является основной, поскольку до настоящего времени не было необходимости и желания работать с большим количеством клиентов, например, с населением. Однако по мере развития сети предприятий утилизации зона обслуживания может расширяться, и в таких случаях потоки требований приближенно могут рассматриваться как неограниченные.

Если предприятие утилизации занимается обслуживанием одних и тех же объектов (например, определенного количества дилеров, обязавшихся принимать от населения автомобили своих марок в рамках программы обязательной утилизации), то в общем случае будет иметь место замкнутая СМО с ожиданием.

В условиях предприятий утилизации в основном могут иметь место СМО с ограниченными и реже с неограниченными потоками требований с полным или частичным ожиданием при ограниченном количестве обслуживающих звеньев. Применительно к таким СМО и предполагается проведение последующих исследований.

Важнейшее значение для результатов исследования имеет правильный выбор критерия эффективности функционирования СМО. Возможны при этом как общий базовый, так и вспомогательные критерии эффективности. Система обслуживания в условиях конкуренции и экономических методов хозяйствования должна быть прибыльной не только самому предприятию утилизации, но и выгодной для клиентов. Указанным требованиям в качестве общего экономического критерия оптимальности отвечает минимум суммы потерь от простоев во взаимном ожидании обслуживаемых машин, доставляющих технику на утилизацию и обслуживающего технологического оборудования предприятия в виде (руб/час):

$$C_{min} = m_o C_m + n_o C_n \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

где m_o, n_o – среднее количество простаивающих обслуживаемых машин и обслуживающего оборудования предприятия; C_m, C_n – соответственно стоимость одного часа простоя обслуживаемой машины и обслуживающего оборудования, руб/час.

При одной обслуживающей установке вместо n_o следует подставить вероятность его простоя P_o . Значения m_o, n_o и P_o определяются методами теории массового обслуживания для СМО соответствующего типа в виде функций:

$$m_o = f_m(m, n, \alpha); \quad n_o = (m, n, \alpha); \quad P_o = (m, n, \alpha), \quad (2.4)$$

где m, n – соответственно общее количество обслуживаемых объектов и обслуживающего оборудования; $\alpha = \lambda/\mu$.

Варьируя количеством m и n при известных значениях плотности потока требований λ и интенсивности их обслуживания μ , можно определить оптимальные m_{opt} и n_{opt} , при которых потери C_{min} в (2.3) достигают минимума.

В качестве вспомогательных показателей теории СМО можно определить также коэффициенты простоя обслуживаемых машин $K_m = m_o/m$ и обслуживающих агрегатов $K_n = n_o/n$. По значениям m_o и n_o можно определить производственные площади для ожидания и для размещения оборудования, а также количество персонала в цехах перерабатывающих предприятий. Через λ и μ можно определить также желаемые параметры потока требований и обслуживающих звеньев, включая количество людей и соответствующего оборудования, а также эффективные радиусы использования стационарных и передвижных средств обслуживания. Плотность потока требований и интенсивность обслуживания μ по каждому виду обслуживания определяется в виде соотношения:

$$\lambda = 1/t_n; \quad \mu = 1/t_{об}, \quad (2.5)$$

где t_n – средний промежуток времени между двумя требованиями, час;

$t_{об}$ – средняя продолжительность одного обслуживания, час.

Изложенные научные принципы обеспечивают комплексное решение задач эффективного использования средств технологического оснащения в условиях предприятий (пунктов) сбора, транспортировки и переработки отходов.

2.3. Основные элементы технологического процесса утилизации

Изучение научной, нормативной и технической литературы говорит о том, что в области разработки технологии, проектирования и организации процесса утилизации нет унифицированных понятий и определений. Описание основных понятий и определений, используемых в данной работе, приводится ниже.

Операцией называется часть технологического процесса, осуществляемая на одном рабочем месте, одним или несколькими рабочими над определенным предметом труда. С трудовой точки зрения операции могут быть расчленены на приемы и движения.

Прием – это законченное действие рабочего, характеризующееся определенным целевым назначением и неизменностью материальных факторов. Различают основные и вспомогательные приемы. Основной – это такой прием, целевое назначение которого есть конечная цель данной операции. Вспомогательный – это прием, целевое назначение которого заключается в обеспечении возможности выполнения основного приема. Каждый прием состоит из определенных трудовых движений, под которыми понимается часть приема, осуществляемая при прикосновении рабочего к предмету или его перемещение. Целевое назначение трудового движения: взять, переместить, опустить.

Норма времени (трудоемкость операции) определяет необходимые затраты времени одного или группы рабочих на выполнение производственной операции или единицы работы в данных организационно-технических усло-

виях. К нормируемому полезному времени относятся все категории затрат рабочего времени, включаемые в состав технически обоснованной нормы на операцию, необходимые для выполнения работы в соответствии с установленным технологическим процессом.

Нормируемое время состоит из следующих категорий; подготовительно-заключительного времени; оперативного времени; времени обслуживания рабочего места; времени перерывов на отдых и естественные надобности.

Подготовительно-заключительным временем называется время, затрачиваемое рабочим на ознакомление с порученной работой, на подготовку к этой работе и выполнение действий, связанных с ее окончанием.

Оперативным временем называется время, в течение которого осуществляется производственная работа, непосредственно направленная на выполнение данного задания (операции). Оперативное время подразделяется на основное (в слесарно-разборочных операциях оно еще называется технологическим) и вспомогательное время.

Основным (технологическим) временем называется время, в течение которого непосредственно осуществляется цель технологического процесса, т.е. при утилизации происходит изменение внешнего вида, формы, размеров и свойств обрабатываемых предметов труда, изменение взаимного расположения деталей и т.д. (время разборки узла или агрегата автомобиля).

Ручным основным временем называется в том случае, когда цель технологического процесса осуществляется рабочим при помощи инструмента, без участия машины или механизма.

Вспомогательным временем называют время, затрачиваемое рабочим на определенные действия, связанные с обеспечением выполнения основной (технологической) работы. Для персонала поста утилизации вспомогательное время включает время на установку и крепление автомобиля на подъемном механизме или на эстакаде поста, снятие кузова или его остатков после обработки или разборки.

Временем обслуживания рабочего места называется время, затрачи-

ваемое рабочим на уход за рабочим местом на протяжении рабочей смены в целях поддержания его в надлежащем состоянии и постоянной готовности для выполнения заданной работы. Оно подразделяется на время организационного обслуживания и время технического обслуживания.

В организационное обслуживание включаются затраты времени по уходу за рабочим местом. Для механизированных постов утилизации организационное обслуживание включает время на чистку, смазку оборудования и другие аналогичные затраты. В техническое обслуживание включают затраты времени по текущему уходу за погрузчиком, подъемником.

Время перерывов на отдых и естественные надобности затрачивается на физиологически необходимый отдых и на естественные надобности.

В настоящее время технологическая цепочка утилизации техники сводится к следующим позициям: осушение агрегатов автомобиля, демонтаж колес и аккумуляторной батареи. После этих операций автомобиль поступает в пресс или в шредер. После прессования выделение неметаллических материалов из брикета невозможно, после шредирования масса поступает на сепарацию, хотя в отечественной практике стала встречаться ручная сортировка, аналогичная применяемой на мусоросортировочных станциях. Это наиболее простая, но в то же время наиболее вредная с точки зрения ресурсосбережения и экологичности, поскольку большое количество материалов в настоящее время считающиеся нерентабельными поступают на захоронение.

Применительно к большинству отечественных легковых автомобилей, всей коммерческой грузовой технике, сельскохозяйственным машинам можно применить упрощенную схему технологического процесса утилизации, которая характеризуется отсутствием постов (работ) обезвреживания пиротехнических устройств, остальные виды работ необходимы. Для машин, характеризующихся кроме сильного физического износа деталей и узлов еще и моральным устареванием целесообразно исключать из перечня работ дефектацию, поскольку даже годные детали будут невостребованы потребителями. Однако, эта рекомендация и перечень машин, которые можно признать мо-

рально устаревшими может сильно варьироваться в зависимости от региона и его экономического благосостояния. Все это относится к агрегатам и узлам, применительно к полимерным материалам ситуация отличается существенно. Предпочтителен демонтаж всех элементов из этих материалов независимо от их вида или технического состояния, таким образом, улучшается качество металлического вторсырья за счет уменьшения количества вредных примесей, а также уменьшается количество захораниваемого полимерного материала из-за невозможности его рассортировать на виды после смешивания. Эта проблема характерна для бытового мусора который именно из-за этого невозможно рассортировать.

Списанная техника в силу особенностей поступления на утилизацию — она комплектна и все материалы в виде изделий, не смешаны друг с другом — более приспособлена к селективной утилизации в отличие от бытового мусора. Ключевая идея селективной утилизации полимерных материалов со списанных ТИТТМ заключена во введении операции сортировки следом за операцией демонтажа каждой детали. Предлагаемая технологическая схема предпочтительнее чем сначала демонтаж всех деталей, их складирование, а потом сортировка по видам материалов или по изделиям (рис. 2.6).

Таким образом, резюмируя, можно сделать следующее принципиальное заключение: технологический процесс утилизации включает три основных этапа:

1. приемка и осушка автомобиля (пост № 1);
2. демонтаж агрегатов и элементов интерьера и экстерьера с одновременной сортировкой (пост № 2);
3. детальная разборка агрегатов и узлов, сортировка по видам материалов, измельчение (участковые работы).



Рис. 2.6 – Ручная сортировка полимерных материалов

Работу постов предприятия можно представить как двухфазную систему массового обслуживания, и, используя ее математический аппарат, определять основные характеристики с учетом производственно-технологических условий. Работу участков предприятия целесообразно представить как систему массового обслуживания с накопителем требований. Такая модель будет справедлива в целом для предприятия утилизации и контактирующих с ним владельцев машин, или дилерских центров в рамках программы утилизации.

2.4 Моделирование технологического процесса утилизации пластмассовых деталей

2.4.1. Постовые работы

Перед началом сортировки элементов по видам материалов с поступившей на утилизацию техники производится их демонтаж. Демонтаж эле-

ментов автомобиля, изготовленных из полимерных материалов, уже сам по себе решает ряд экологических проблем, связанных с утилизацией техники, но если удастся элементы рассортировать по видам материалов, в оборот будет возвращено значительное их количество.

Таким образом, проведение работ по демонтажу и сортировке представляет собой двухфазную систему обслуживания, на которую поступает вероятностный поток соответствующих требований с постов приемки (для демонтажа) или с постов демонтажа (для сортировки).

На основании множества ранее приведенных исследований в области технического сервиса, включая [69, 32], потоки требований на обслуживание рассматриваемого вида можно принять как пуассоновские в виде (2.1).

Соответственно для решения задач обслуживания и в данном случае можно применять методы ТМО. Следует также отметить, что численными расчетами доказано, что при других законах распределения плотности потока требований с достаточной точностью можно применять методы ТМО [49].

Поскольку заказы на утилизацию в общем случае поступают от множества хозяйств, торгово-обслуживающих предприятий и владельцев машин, то поток требований на обслуживание будет неограниченным.

Образование очереди возможно как перед первой фазой на демонтаже, так и перед второй – непосредственно на сортировку. Соответствующая принципиальная схема функционирования разомкнутой двухфазной СМО с неограниченным потоком требований с ожиданием перед первой и второй фазами представлена на рис. 2.7.

Средняя плотность потока требований на обслуживание машин λ и интенсивности их обслуживания μ_1 , μ_2 в обеих фазах определяется при помощи зависимостей

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_{УТ}}, \mu_1 = \frac{1}{\bar{t}_{ОБ1}}, \mu_2 = \frac{1}{\bar{t}_{ОБ2}}, \quad (2.3)$$

где $\bar{t}_{УТ}$ – средний промежуток времени между моментами поступления машин на утилизацию, ч;

$\bar{t}_{OB1}, \bar{t}_{OB2}$ – средние продолжительности одного обслуживания в первой и второй фазах, 1/ч.

Критерий оптимальности для определения параметров технологических процессов целесообразно выбрать таким, чтобы он учитывал экономические интересы предприятия утилизации. Таким критерием является минимум суммы потерь от простоев постов демонтажа и сортировки в виде

$$C_{m\phi} = (m_{O1} + m_{O2})C_m + P_{O1}C_{\phi1} + P_{O2}C_{\phi2} \rightarrow \min, \quad (2.4)$$

где m_{o1}, m_{o2} – количество обслуживаемых и ожидающих обслуживания машин перед первой (демонтаж) и второй (сортировка) фазами (постами);

C_m – средняя стоимость одного часа (дня) простоя машины, р;

P_{o1}, P_{o2} – вероятность простоя соответственно первой и второй фаз (постов);

$C_{\phi1}, C_{\phi2}$ – стоимость одного часа (дня) простоя соответственно первой и второй фаз (постов), р/ч.

Для обеспечения стабильности результатов оптимизации в данном случае целесообразно перейти к безразмерным относительным затратам

$$\bar{C}_{m\phi} = \frac{C_{m\phi}}{C_{\phi2}} = (m_{O1} + m_{O2}) \frac{C_m}{C_{\phi2}} + P_{O1} \frac{C_{\phi1}}{C_{\phi2}} + P_{O2} \rightarrow \min. \quad (2.5)$$

Значения $m_{o1}, m_{o2}, P_{o1}, P_{o2}$ определяются общими методами ТМО из равенств [26]:

$$m_{O1} = \frac{\alpha_1}{(1 - \alpha_1)}; \quad (2.6)$$

$$m_{O2} = \frac{\alpha_2}{(1 - \alpha_2)}; \quad (2.7)$$

$$P_{O1} = \alpha_2(1 - \alpha_1); \quad (2.8)$$

$$P_{O2} = \alpha_1(1 - \alpha_2), \quad (2.9)$$

где $\alpha_1 = (\lambda/\mu_1) < 1, \alpha_2 = (\lambda/\mu_2) < 1. \quad (2.10)$

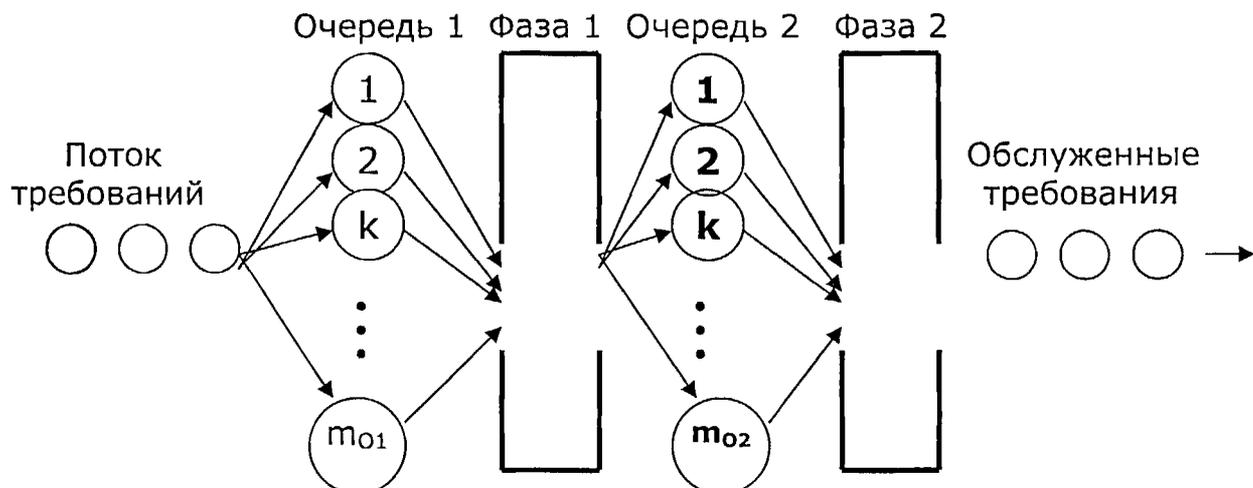


Рис. 2.7 – Принципиальная схема работы двухфазной СМО с ожиданием

Можно определить также вероятность одновременного простоя постов демонтажа и сортировки из-за отсутствия требований по формуле

$$P_{012} = (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2). \quad (2.11)$$

Значения λ , μ_1 , μ_2 определяются по хронометражным и статистическим данным для соответствующих технологических операций в технологии утилизации и демонтажа, а также марок автомобилей, тракторов и сложных сельскохозяйственных машин типа зерноуборочных комбайнов.

Если через посты демонтажа и сортировки в течение рабочего дня проходят разные марки автомобилей с разными перечнями необходимых операций (в зависимости от начальной степени разукomплектованности), то вводится условное обслуживание, за которое может быть принято, например, утилизация трудоемкостью, равной средней трудоемкости для конкретного типа автомобилей. Для проведения утилизации, а также соответствующих демонтажных и сортировочных работ используются как стационарные посты в производственном корпусе перерабатывающего предприятия, так и передвижные (мобильные) средства. При этом в каждом конкретном случае выбирается такое средство обслуживания из имеющихся, которое обеспечивает более высокое качество работ и однородность вторичного сырья при меньших затратах времени и средств.

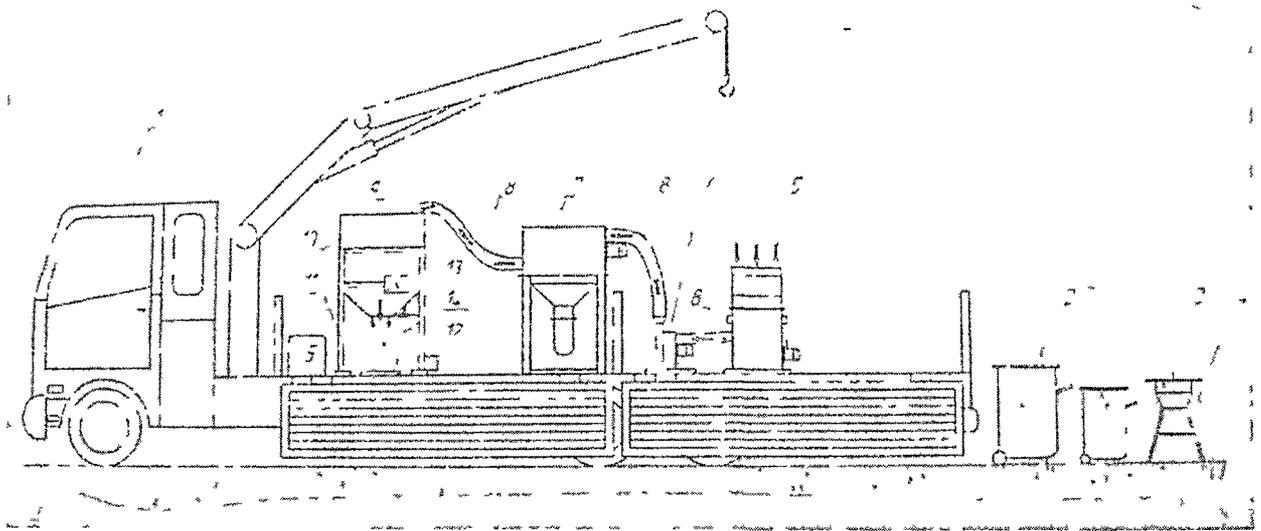
Одной из задач решения по критерию (2.5) является обоснование оптимальных соотношений между плотностью потока требований λ и интенсивностями обслуживания μ_1 и μ_2 за счет соответствующего подбора количества постов и персонала, необходимых для выполнения демонтажных работ, а также необходимого количества точек видеофиксации и распознавания маркировок (для сортировки отбракованных элементов из пластмасс).

Кроме рассмотренного общего совместного решения задач демонтажа и сортировки возможны и другие частные решения с учетом производственных особенностей.

2.4.2. Участковые работы

Демонтаж и сортировка пластмассовых деталей по видам материалов не являются заключительным этапом подготовки к их повторному использованию или даже к транспортировке, поскольку, в силу конструктивных особенностей, они не могут обеспечить должного коэффициента использования грузоподъемности транспортного средства, перевозящего их к месту заключительной переработки. Хранение рассортированных деталей в таре на предприятии также оказывается недостаточно рациональным из-за низкого коэффициента использования объема тары. Решением этих проблем является измельчение деталей в гранулоподобное состояние, тем более именно в таком состоянии полимерные материалы попадают на дальнейшую переработку. Таким образом, посты демонтажа и сортировки обязательно должны дополнять участок измельчения.

Работа участков измельчения существенно отличается от работы постов, поскольку чаще всего их работа планируется как периодическая, так как демонтированные пластиковые детали, предварительно собираются по видам материалов, а затем приниматься также группами по видам материалов без перемешивания на измельчение. Небольшие предприятия могут не иметь в наличии измельчительного оборудования, а, следовательно, они могут приглашать мобильные измельчители [121], предварительно подготавливая для них определенный объем работ.



- 1 – автомобиль с краном, 2 – передвижные контейнеры, 3 – циркулярная пила, 4 – складной стол, 5 – дробилка, 6 – пневмозагрузчик, 7 – блок сухой очистки, 8 – пневмопровод, 9 – пневмофасовка, 10 – бункер-накопитель, 11 – подставка, 12 – весовой узел, 13 – держатель-упаковщик, 14 – мешок, 15 – дизель-генератор

Рисунок 2.8 – Мобильный технологический комплекс первичной переработки полимерных отходов [121]

Принципиальная схема работы такой СМО представлена на рис. 2.9 и соответствующие математические модели будут справедливы в данном случае. К использованию подобной математической модели пришли авторы двух работ [69, 46], однако они распространяли ее в целом на работу всего предприятия, не обратив внимания непосредственно на технологические процессы утилизации отдельных видов материалов.

Пластиковые детали, рассортированные по видам материалов предварительно собираются на складе и через соответствующие периоды подаются на обработку. При этом промежутки времени, через которые партии деталей подаются на обработку и их количество в каждой партии является вероятностными. Таким образом, имеет место система массового обслуживания с отказами при наличии накопителя заявок, схема которой показана на рис. 2.9.

За критерий оптимальности целесообразно принять минимум суммы потерь прибыли от неисполнения заказов при заполненном накопителе и от

простоя как накопителя, так и технологической линии (оборудования) из-за отсутствия заказов при недостаточной вместимости накопителя:

$$C_{PH} = z_{PO} C_P + P_{HO} (C_H + C_T) \rightarrow \min, \quad (2.12)$$

где C_{PH} – сумма потерь за единицу времени, р/ч, р/день;

z_{PO} – количество невыполненных заказов за единицу времени, 1/ч, 1/день;

C_P – средняя прибыль, связанная с выполнением одного заказа, р;

C_H, C_T – потери соответственно от простоя накопителя и технологической линии, р/ч, р/день;

P_{HO} – вероятность отсутствия заказов в накопителе.

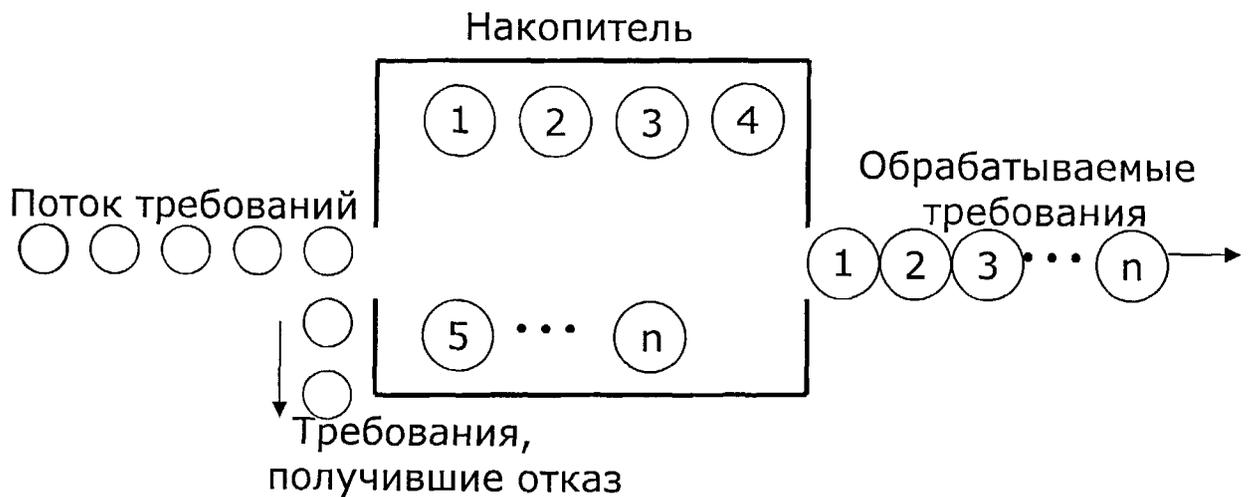


Рисунок 2.9 – Принципиальная схема работы СМО с отказами, при наличии накопителя требований (заказов)

Значение z_{PO} и P_{HO} определяются в соответствии с общими методами ТМО [26] из равенств

$$z_{PO} = \lambda P_{OTK} = \lambda \left(\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right) = \frac{\lambda^2}{\lambda + \mu}, \quad (2.13)$$

Подставив значения z_{PO} в (2.12), получим развернутое выражение критерия оптимальности в функции интенсивности обслуживания и по аналогии с (2.5) перейдем к относительным затратам

$$\bar{C}_{PH} = \frac{C_{PH}}{C_H + C_T} = \lambda P_{OTK} \left(\frac{C_P}{C_H + C_T} \right) + P_{HO} \rightarrow \min. \quad (2.14)$$

Значения P_{OTK} и P_{HO} определяются общими методами ТМО в виде [26]

$$P_{OTK} = \alpha^n / (\alpha + 1)^n, \quad (2.15)$$

$$P_{HO} = \mu / (\lambda + \mu), \quad (2.16)$$

где n – вместимость накопителя по количеству заказов; $\alpha = \lambda / \mu$.

Развернутое выражение критерия оптимальности соответственно примет вид

$$\bar{C}_{PH} = \left(\frac{C_P}{C_H + C_T} \right) \frac{\lambda \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n}{\left(\frac{\lambda}{\mu} + 1 \right)^n} + \frac{1}{\frac{\lambda}{\mu} + 1} \rightarrow \min. \quad (2.17)$$

По критерию оптимальности (2.16) численным решением можно определить требуемые оптимальные соотношения между плотностью потока требований λ_{opt} , интенсивностью их обслуживания μ_{opt} и вместимостью накопителя n_{opt} .

При упрощенных оперативных расчетах можно задаться в (2.15) наибольшим допустимым значением вероятности отказа $P_{OTK} = P_{OTKd}$ и рассчитать соответствующую рациональную вместимость накопителя по количеству n_p требований по формуле

$$n_p = \frac{\ln P_{OTKd}}{\ln \alpha - \ln(\alpha + 1)}. \quad (2.18)$$

Частное значение критерия оптимальности (2.16) при $P_{OTK} = P_{OTKd}$ получим в виде

$$\bar{C}_{PH} = \left(\frac{C_P}{C_H + C_T} \right) P_{ОТКД} \lambda + \frac{\mu}{\lambda + \mu} \rightarrow \min. \quad (2.19)$$

По критерию (2.19) при $d\bar{C}_{PH}/d\lambda = 0$ можно определить оптимальное сочетание плотности потока требований λ_{opt} и интенсивности обслуживания μ в виде

$$\lambda_{opt} = \mu \left[\sqrt{\frac{1}{\mu \left(\frac{C_P}{C_H + C_T} \right) \cdot P_{ОТКД}} - 1} \right]. \quad (2.20)$$

Полученные закономерности позволяют обеспечивать оптимальные показатели работы участка переработки рассортированных пластмассовых деталей с накопителем вторсырья по видам.

Подставив в (2.18) полученные оптимальные сочетания $P_{ОТКД}$, $\alpha_{opt} = \lambda_{opt}/\mu_{opt}$, можно определить оптимальную вместимость накопителя n_{opt} по количеству требований

$$n_{P_{opt}} = \frac{\ln P_{ОТКД}}{\ln \alpha_{opt} - \ln(\alpha_{opt} + 1)}. \quad (2.21)$$

2.4.3. Особенности труда персонала, задействованного в технологических процессах демонтажа и сортировки при утилизации ТнТТМ

В характере труда рабочих, занятых утилизацией техники, много специфичного, таких элементов, которые почти не встречаются у других категорий рабочих. Прежде всего, это высокий процент ручного труда, уровень механизации труда на этих работах не превышает 12...15 %.

Наиболее массовыми разборными соединениями являются резьбовые, которые составляют 70...80 % от всех соединений автомобиля. Их разборку производят с помощью ручного или механизированного инструмента.

Каждый рабочий пост (рабочее место) согласно технологическим кар-

там и техническим условиям оснащают универсальным специальным и нестандартным оборудованием, инструментами и приспособлениями. Выбор номенклатуры и количества инструмента производится по Табелю технологического оборудования и инструмента, справочникам, руководствам по текущему и капитальному ремонту, где указаны рекомендуемые наборы в зависимости от типа подвижного состава и размера предприятия [109 и др.]. Разумеется, в нашей стране никаких рекомендаций по оснащению предприятий не разрабатывалось и даже не планировалось. Состав рекомендуемых наборов характеризуется наличием ключей, необходимых для работы со всеми разъемными соединениями на моделях, которые потенциально могут попасть на утилизацию.

В среднем только 35 % затрат на утилизацию приходятся непосредственно на технологические процессы переработки материалов, остальные 65 % относятся к вспомогательным операциям (рисунок 2.10). Таким образом, повышение эффективности технологического процесса демонтажа и совмещение его с сортировкой является существенным резервом повышения всего технологического процесса утилизации.

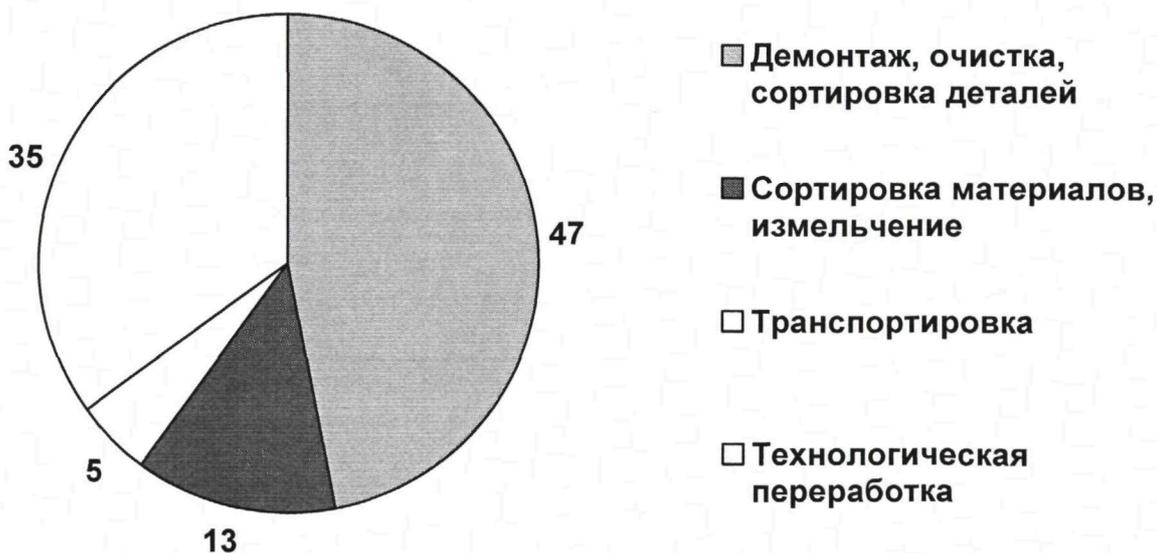


Рисунок 2.10 – Баланс затрат на технологический процесс утилизации, %

При этом разборка отслужившей свой срок техники должна происходить быстро и технологически эффективно. Время на разборку автомобиля

определяется особенностями его конструкции, конкретными элементами креплений узлов, деталей и компонентов, технической оснащённостью предприятия, наличием инструкций по проведению разборки конкретного вида техники, его техническим состоянием и рядом других причин. По статистике европейских предприятий по демонтажу и утилизации отслуживших автомобилей около 35 % операций связано с отвинчиванием резьбовых соединений, на что тратится около 60 % времени [144].

Наряду с особенностями крепежных элементов экономическая эффективность утилизации автомобилей напрямую связана с временем на осушение всех жидкостей и демонтаж деталей автомобиля, ведущие европейские автомобилестроители в последнее время стали уделять этим вопросам очень серьезное внимание. При увеличении времени, затрачиваемого на осушение и демонтаж агрегатов со списанной техники, значительно возрастает полная стоимость ее рециклинга и утилизации.

Анализ рекомендуемых схем и последовательностей разборки старых автомобилей, составленных различными фирмами производителями легковых автомобилей, показал, что, несмотря на разные индивидуальные особенности, основные процедуры и операции по демонтажу автомобилей аналогичны для большинства легковых автомобилей [114]. Для ускорения демонтажа допускается применение отрезного механизированного инструмента и газо-электросварочного оборудования при обеспечении требований пожарной безопасности. Каждое предприятие, утилизирующее ТнТТМ, может придерживаться рекомендуемых схем или выбрать свою, в соответствии с реализуемыми им целями и задачами.

По степени удобства демонтажа компонентов крепежные элементы, применяемые в конструкции автомобилей, можно разделить на условные группы по простоте демонтажа (табл. 2.1).

Разборка агрегатов, узлов производится в строгой последовательности, предусмотренной технологическим процессом, с применением необходимого оборудования, приспособлений и инструмента. Технологический процесс

разборки любой машины складывается из элементарных приемов, таких как: отвертывание гаек, вывертывание болтов, вывертывание шпилек, снятие крышек и т.д. В качестве технической документации используются технологические карты (операционные и постовые), где записан весь процесс воздействия на автомобиль или его агрегаты, указаны в определенной последовательности операции, их составные части, профессия исполнителей, их квалификация и места нахождения, инструмент и технологическая оснастка, нормы времени, технические условия и указания.

Таблица 2.1. Классификация крепежных соединений автомобильных компонентов

| | |
|-------------------------------|---|
| 1. Быстроразъемные соединения | Магнитное, «липучка», защелка, зажим, крепеж в % или угол оборота, «кнопка», застежка, клипсы, штифт |
| 2. Разъемные соединения | Винт, болт, гайка с удобными головками одного типоразмера под инструмент и доступностью для электро/пневмоинструмента. Адгезионные соединения (склеивание), позволяющие быстро разделить без применения инструмента |
| | Винт, болт, гайка с головками нескольких типоразмеров, требующие замены инструмента, с доступностью для электро/пневмо-инструмента |
| | Винт, болт, гайка с головками нескольких типоразмеров, требующие замены инструмента, с затрудненной доступностью для электро/пневмо-инструмента |
| 3. Неразъемные соединения | Заклепка, пайка, сварка, склеивание, вспенивание, термомонтаж, прессовая посадка |

Норма времени состоит из нормы подготовительно-заключительного времени и нормы штучного времени. В состав нормы штучного времени входят: основное время, вспомогательное время, время обслуживания рабочего места, время перерывов на; отдых и естественные надобности. В соответствии со структурным построением различают три типа норм: дифференцированные, укрупненные и типовые. На предприятиях чаще используют укрупненные нормы времени, которые устанавливают не на отдельную операцию, а на комплекс небольших операций, связанных между собой в технологиче-

ском или организационном отношении.

Технически обоснованная норма времени состоит из технически обоснованной нормы подготовительно-заключительного времени и технически обоснованной нормы штучного времени; В состав технически обоснованной нормы штучного времени ($T_{Ш}$) входят: основное время T_0 , вспомогательное время T_B , время обслуживания рабочего места $T_{Обс}$, время перерывов на отдых и естественные надобности $T_{Отд}$.

Технически обоснованную норму штучного времени в общем виде определяют по формуле

$$T_{Ш} = T_0 + T_B + T_{Обс} + T_{Отд}, \quad (2.22)$$

Время на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности рабочего обычно исчисляется в процентах от оперативного времени

$$T_{оп} = T_0 + T_B, \quad (2.23)$$

где $T_{оп}$ – оперативное время, мин,

тогда технически обоснованную норму штучного времени определяют по формуле

$$T_{Ш} = T_{оп}(1 + (a_{обс} + a_{отд}))/100, \quad (2.24)$$

где $a_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени:

$$a_{обс} = T_{обс} 100 / T_{оп}, \quad \% \quad (2.25)$$

$a_{отд}$ – время перерывов на отдых и естественные надобности рабочего в процентах от оперативного времени [109].

$$a_{отд} = T_{отд} 100 / T_{оп}, \quad \% \quad (2.26)$$

При наличии нормативов времени на элементарные приемы задача установления затрат времени на использование инструмента сводится к расчленению операции разборки машин, на приемы, выполняемые одним инструментом, определению по таблицам нормативов затрат времени на выполнение каждого приема, корректировке их при помощи коэффициентов и суммированию времени выполнения приемов, выполняющих одним инструментом.

Методика поэлементного нормирования [28] осуществляется через таблицы нормативов затрат времени на выполнение разборочных приемов. В нормативных таблицах приведено штучное время на выполнение каждого приема. При пользовании нормативными таблицами, отклонения от нормальных условий работы должны быть учтены путем умножения табличного времени на поправочные коэффициенты.

Окончательно формулу для расчета времени на разборку можно представить в следующем виде

$$T_p = K_{п.р.} \times \Sigma T_{р.р.}, \quad (2.27)$$

где $T_{р.р.}$ – затраты времени на разборку, рассчитанные по нормативным таблицам,

$K_{п.р.}$ – коэффициент технологических перерывов при разборке.

Критерием оптимальности при разработке технологических процессов утилизации может служить минимум времени на разборку единицы техники

$$T_p \rightarrow \min.$$

Соответственно, если за основу определения продолжительности разборочных операций брать нормативные таблицы, то реальным действенным способом уменьшения фактического времени демонтажа можно считать снижение коэффициента технологических перерывов при работе.

Достичь этой цели можно оптимизируя рабочее место исполнителя, усовершенствовав набор используемого оборудования и инструмента при одновременных минимальных финансовых затратах.

Например, изменение позы исполнителя при выполнении одной и той же работы снижает производительность, при расчете нормативов необходимо их корректирование на рабочую позу. После того, как проведено корректирование на фактические условия работы и позу исполнителя, приступают к корректированию по виду операции. Далее суммируют время выполнения приемов одним инструментом по снятию агрегата (прибора, детали). Следующим этапом происходит суммирование времени использования, частоты использования и универсальности инструмента по всем демонтажным рабо-

там за исследуемый период и строятся диаграммы, на основе которых определяется перечень необходимого инструмента. Диаграммы времени и частоты использования инструмента есть сумма всех приемов и частоты использования одного инструмента за исследуемый период (смену, месяц, и т.д.). Диаграмма универсальности инструмента показывает количество операций, в которых участвует данный инструмент. Заключительным этапом является перераспределение инструмента по группам размещения или замета ряда наименований инструмента одним, допускающим разрушение некоторых деталей при демонтаже.

Рабочее место должно создавать необходимые условия для эффективных, экономных и простых рабочих движений. Для успешного решения этой задачи необходимо учитывать данные биомеханики, которая изучает на основе законов механики активные движения человека, исходя из анатомо-физиологических особенностей его организма. Инструменты и материалы на рабочем месте следует располагать перед работником по дуге так, чтобы он легко мог достать каждый предмет и по кратчайшему пути переместить его к месту следующего действия. Во избежание лишних движений все инструменты и материалы размещают там, где они будут использованы.

Эргономикой сформулировано несколько принципов размещения предметов в рабочем пространстве. Все эти принципы характеризуют общее правило, согласно которому предметы должны располагаться в соответствии с логикой деятельности человека. Американский ученый Е. Дж. Мак-Кормик выделяет пять таких принципов:

1. Принцип функциональной организации или группировки предметов (приборов, инструментов; материалов) по их значимости;
2. Принцип значимости, когда наиболее важные предметы размещают в зоне наилучшего восприятия;
3. Принцип оптимального расположения, когда; расположение каждого предмета зависит от его особенностей;
- 4: Принцип последовательного использования;

5. Принцип продолжительности использования, требующий, чтобы наиболее часто применяемые элементы помещались в самых удобных местах.

Все пять принципов следует применять в комплексе. Опираясь на фактические данные и используя эти принципы весь инструмент можно разделить на две группы: инструмент расположенный «рядом» (в инструментальном ящике) и расположенный «далеко» (в рабочем шкафу или инструментальном отделении).

Анализ типовых поз исполнителей позволяет нам подойти к решению вопроса оптимизации рабочего поста, на котором будут проводиться работы по демонтажу агрегатов и узлов, элементов кузова, а также сортировке материалов по видам. При этом обеспечивается выполнение требований Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту», введенных в действие с 25 июня 2003 на основании Федерального закона "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. № 554.

Согласно этому документу, разработка новых технологических процессов и производственного оборудования утилизации техники должна обеспечить:

- замену технологических процессов и операций, связанных с возможным поступлением опасных и вредных производственных факторов, процессами и операциями, при которых указанные факторы отсутствуют или имеют допустимые параметры;
- ограничение содержания примесей вредных веществ в исходном сырье и конечных продуктах, что важно при сортировке;
- применение технологий производства, исключаящих непосредственный контакт работающих с вредными производственными факторами;

- применение в производственном оборудовании конструктивных решений и средств защиты, направленных на уменьшение интенсивности выделения и локализацию вредных производственных факторов;
- соблюдение требований эргономики и технической эстетики к производственному оборудованию и эргономических требований к организации рабочих мест и трудового процесса;
- механизацию и автоматизацию погрузочно-разгрузочных работ, способов транспортирования сырьевых материалов, готовой продукции и отходов производства.

При разработке, организации и ведении технологических процессов должны быть предусмотрены мероприятия по охране среды обитания, в том числе:

- внедрение безотходной и малоотходной технологии;
- улавливание и очистка технологических и вентиляционных выбросов;
- очистка и обезвреживание промышленных стоков;
- своевременное удаление, обезвреживание и утилизация отходов производства.

При разработке технологических процессов и конструировании оборудования следует предусматривать максимальную механизацию перемещения и ремонта оборудования и связанного с ним монтажа и демонтажа и обеспечение оптимальных условий труда при выполнении монтажно-демонтажных и ремонтных работ.

Разработанная нами концепция поста демонтажа и сортировки пластмассовых деталей ТиТТМ была создана в соответствии с этими требованиями.

2.5. Выводы по главе 2.

1. Факторы, влияющие на формирование технологических процессов предприятия, утилизирующего ТиТТМ, являются вероятностными, поэтому

методы решения соответствующих задач также должны быть вероятностными.

2. Работа предприятия, утилизирующего ТиТТМ, характеризуется двумя основными типами систем массового обслуживания: постовые работы – двухфазная система с ожиданием; участковые работы – система с накопителем требований.

3. Полученные для указанных типов СМО математические модели обеспечивают разработку эффективных сочетаний входящего потока требований и производительности постов и участков предприятия, утилизирующего ТиТТМ в любых производственно-технологических условиях.

4. Повышение производительности труда на постах и участках предприятия утилизации требует наличия механизированного инструмента и подъемно-транспортного оборудования, обеспечивающего оптимальные позы исполнителей при соблюдении санитарно-гигиенических норм и требований безопасности труда. Анализ существующих приемов, технологических процессов, применяемого оборудования говорит о существенных резервах повышения производительности персонала при одновременном более полном изъятии материалов со списываемой техники и возвращении во вторичную переработку.

Глава 3. Теоретические основы разработки системы распознавания рельефных маркировок

3.1. Особенности технологического процесса сортировки

Разборка отслужившей свой срок техники должна происходить быстро и технологически эффективно. Время на разборку определяется особенностями конструкции утилизируемой техники, конкретными элементами креплений узлов, деталей и компонентов, технической оснащённостью предприятия, наличием инструкций по проведению разборки конкретного вида техники, ее техническим состоянием и рядом других причин.

Опытные исследования технологических процессов утилизации и их имитация в условиях предприятий технического сервиса позволила перейти к вопросу оптимальной оснащённости персонала орудиями труда и в первую очередь обратить внимание на процессы демонтажа пластмассовых деталей. Основной спецификой обращения с деталями из этих материалов стало аккумулирование отдельно от металлов, резины, текстиля, как это принято в сфере раздельного сбора мусора и только потом разделение по видам материалов. То есть возникает необходимость хранения несортированных полимерных отходов, организации отдельной сортировочной линии, и снова повторного хранения рассортированного по видам материалов вторсырья. Имеет место ухудшение качества сырья из-за смешения пластиков после демонтажа и последующего неполного разделения. Становится невозможным получить сырье качества «чистое по виду» и даже «чистое по сорту».

Обзор оборудования, предназначенного для работ по сортированию полимерных отходов [122, 135, 146, 147, 148] позволил разработать концепцию собственного оригинального подхода к работе с полимерными материалами. Техника, поступающая на утилизацию, предоставляет шанс получить как минимум «чистые по сорту» материалы, поскольку в самой машине детали находятся отдельно друг от друга и последовательный демонтаж с последующей идентификацией материала позволит их сразу разделить не сме-

шивая в общий ворох для последующего разделения. Важным условием эффективной работы такой схемы является минимальное увеличение продолжительности демонтажной и сортировочной операции по сравнению с традиционной демонтажной. Процесс сортировки должен происходить в тот момент, когда деталь демонтирована и перемещается (как правило вручную) к месту складирования. В случае наличия маркировок DIN EN ISO 11469 или VDA 460, а на всех изделиях из пластмасс они присутствуют в обязательном порядке, работник в пути от поста демонтажа до места складирования может идентифицировать материал и выбрать соответствующий контейнер. Однако в ситуации, когда маркировка может отсутствовать он будет совершенно беспомощен, так как маркировка детали (каталожная или иная другая) не будут давать исчерпывающей информации, органолептическое определение материала возможно, но оно будет неточное даже при большом опыте работы персонала в этой сфере.

3.2. Проблема распознавания образов

Распознавание образов – это есть совокупность методов и средств, позволяющих, по меньшей мере, достигнуть, а если возможно и превзойти естественные средства восприятия и анализа окружающего мира живыми существами.

Процесс распознавания образов может быть разбит на несколько этапов, одна часть которых описывается определёнными физическими законами, а другая связана с методами искусственного интеллекта. Существует целый ряд методов принятия решений, пригодных для отнесения объектов к одному из нескольких классов по заданным признакам и с учетом изменчивости образов. Эти методы существенно зависят от типов признаков и соотношения собственной и межклассовой изменчивости соответствующих образов.

Множество различных математических методов, используемых при решении задач распознавания образов, можно сгруппировать в рамках двух основных подходов, а именно: статистический и лингвистический.

Статистический подход включает дискриминантный анализ, выбор признаков и кластерный анализ; нечёткий подход - нечёткие множества, нечёткую принадлежность классам, нечёткие признаки и нечёткую классификацию; лингвистический подход включает грамматики и языки для описания и синтаксического анализа изображений, построенных из производных элементов.

Статистический подход к распознаванию образов можно использовать в тех случаях, когда имеющихся сведений недостаточно для описания образов или классов, которые, возможно, содержатся в рассматриваемом наборе данных. Исходным материалом для применения статистической процедуры служит некоторый набор объектов, каждый из которых задаётся некоторым набором признаков. Необходимы априорные сведения, касающиеся возможных плотностей распределения значений признаков, адекватности признаков и т.д.

В лингвистическом подходе распознаванию признаками служат подобразы, называемые производными элементами, а также отношения между ними, характеризующие структуру образа. При выборе производных элементов должны получаться такие производные элементы и их комбинации, которые позволяют строить простые описания анализируемых образов. Для описания образа через производные элементы и их отношения можно использовать некоторый «язык» образов. Правила такого языка, позволяющие составлять образы из производных элементов, называются грамматикой. При этом образ представляется некоторым предложением в соответствии с действующей грамматикой.

Практическая ценность лингвистического подхода зависит от способности распознавать простые производные элементы образов и их взаимосвязи, представленные операциями композиции. Распознать изображение, описываемое с помощью некоторой грамматики, означает определить, явля-

ется ли представление этого изображения через его непроеизводные элементы и их отношения синтаксически правильным и, следовательно, принадлежит ли оно к образам, задаваемым соответствующей грамматикой. Если оказывается, что образ не определяется с помощью этой грамматики, то либо он отклоняется, либо для его анализа должна использоваться другая грамматика.



Рисунок 3.1 – Структурная схема системы распознавания образов

Множество методов классификации и распознавания можно разделить на две большие группы. Первая основана на понятии пространства признаков и обработки в этом пространстве, вторая - на исследовании «конструкции» рассматриваемых объектов (синтаксическое распознавание).

3.3. Система распознавания маркировок

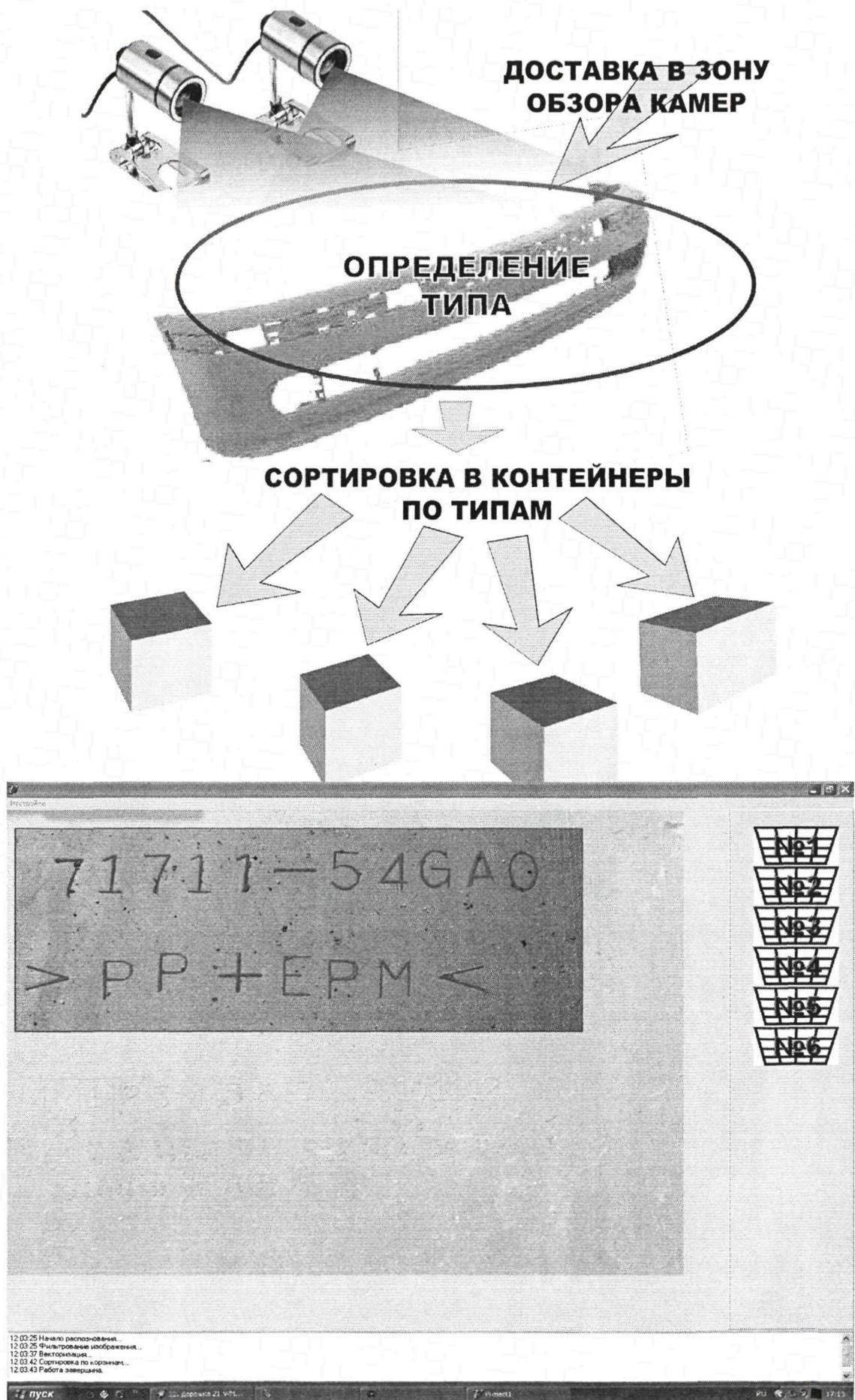
Возможность использования низкоквалифицированного персонала можно реализовать на практике при обеспечении качественной сортировки, если избавить его от необходимости решать задачу, связанную с идентификацией вида полимера, из которого сделана демонтируемая деталь. Такая задача решается с помощью камер, установленных на посту демонтажа деталей, работающих совместно с центральным компьютером (рис. 3.2). Работнику в процессе разборки достаточно лишь обратить демонтированную де-

таль маркировкой к камере, после чего последует команда в виде включения сигнальной лампы над контейнером, куда следует положить деталь.

Для системы автоматической идентификации рельефных маркировок по видеоизображению необходим беспроводной контроллер, управляющий по команде компьютера положением видеокамер, направляя их на маркировку, тем самым, обеспечивая большую свободу действий работника, производящего разборку узлов и агрегатов, содержащих элементы из полимерных материалов. Применение беспроводных технологий облегчает монтаж системы в любом удобном месте.

Применение технологий проводной и беспроводной связи для управления группой беспроводных камер на нескольких удаленных постах разборки автомобиля возможно с использованием серийно выпускающегося контроллера, способного управлять 24-мя камерами и снабженного обратной связью положения камеры, что обеспечивает контроль над работоспособностью механического привода. Для передачи команд контроллеру был разработан протокол обмена данными и написана микропрограмма.

Рельефные маркировки на пластиковых деталях трудно поддаются распознаванию традиционными одновидеокамерными средствами. Использование двух и более камер позволяет расширить аппаратные возможности определения маркировки. В системе распознавания маркировок пластиковых деталей реализована концепция динамического определения поля распознавания, что значительно снижает требования к фиксации объекта анализа. Нет необходимости жестко закреплять пластиковые детали для определения маркировки, затраты времени на распознавание типа пластика значительно сокращаются за счет исключения стабилизации изображения на матрице камер. Аппаратное обеспечение получения видеоданных в промышленных условиях позволяет проводить анализ, как с дополнительными осветителями, так и в условиях стандартного цехового освещения. Это дает возможность использовать недорогие видеокамеры, удешевляя стоимость всей системы.



*Рисунок 3.2 – Общая схема системы распознавания и
интерфейс программы распознавания маркировок*

Алгоритм анализа и распознавания, основанный на предварительном моделировании символов, полученных с нескольких камер, существенно снижает требования к точности нанесения символов и расширяет область применения системы распознавания маркировок.

Разработанные методы морфологического анализа изображений в современных условиях достаточно эффективны. Применяемый морфологический анализ и векторная корреляция, которая предусматривает последовательное описание образа в виде вектора параметров изображения, позволяют использовать логический анализ при сравнении двух однотипных объектов. Раскладывая векторные параметры изображения в виде древовидной структуры, которая позволяет разбивать крупные части изображений на мелкие сегменты, система распознавания уменьшает векторную зашумленность цифрового коррелята трудно распознаваемой маркировки, что позволяет распознавать эти маркировки с максимально высокой точностью. Каждый текущий вектор сравнивается с эталонным. По результатам сравнения программа принимает решение об образе, совпадает он с эталоном или нет. Благодаря этому методу и применению многокамерной системы достигается высокая надежность распознавания ($P=0,99$).

Глава 4. Экспериментальные исследования

Цель экспериментальных исследований – проверить разработанные в аналитических исследованиях гипотезы о виде математических моделей, а также определить численные значения входящих в них параметров.

В процессе экспериментов решалась задача, связанная с проверкой гипотезы о виде математических моделей закономерностей взаимодействия элементов системы, а также с определением параметров математических моделей и характеристики предлагаемых технических решений.

4.1 Программа и методика экспериментальных исследований

Программа экспериментальных исследований определяется в основном необходимыми данными для реализации математических моделей, представленных в главе 2. Учитывая общий характер исследования, направленный на совершенствование технологического процесса, не было необходимости тесной привязки опытов к какому-то отдельному региону. Исходя из этого, сбор данных и опыты проводились (совместно с Митягиным Г.Е.) в различных предприятиях, таких как Долгопрудненский филиал ГУП МО «Мострансавто», СТОА «Рубин» (г. Дубна Московской области), ЗАО «Откормочное» (Тульская область) и др. Значительная часть исследований, связанных с отработкой технологии сортировки пластмассовых деталей, проводилась на базе специально созданной лаборатории исследования технологических процессов утилизации на кафедре «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВПО МГАУ. Часть исследований, связанных с определением структуры парка выбывшей из эксплуатации техники, проводилась на территории населенных пунктов Москвы, Дубны и Апрелевки (Московская область).

С учетом общего характера получаемых результатов были использованы также имеющиеся статистические и нормативные материалы для решения соответствующих задач.

Значительный объем в полученных математических моделях по функционированию различных систем массового обслуживания занимают хронометражные данные, связанные с определением плотности потока требований и интенсивности их обслуживания.

Исходя из этого, основную часть опытов составляли хронометражные наблюдения, связанные с разборкой техники при утилизации и сортировке пластиковых деталей по видам материалов.

Намеченная программа опытов в целом позволила получить необходимую исходную информацию для практической реализации всех математических моделей.

Методика экспериментальных исследований включает:

- планирование эксперимента;
- сбор данных о количестве автомобилей выбывающих из эксплуатации;
- сбор данных о структуре парка и особенностях его технического состояния;
- сбор данных о необходимом перечне технологических операций и особенностях их выполнения в зависимости от типа утилизируемой техники;
- сбор данных о продолжительности выполнения технологических операций и факторах на них влияющих;
- обработку результатов эксперимента;
- анализ результатов экспериментов.

4.1.1. Планирование эксперимента

Под планированием эксперимента понимается составление матрицы плана эксперимента, определение необходимого числа данных в каждой точке матрицы плана.

Решаемые задачи предусматривали пассивный эксперимент. Планирование эксперимента состояло в определении числа необходимых измерений. При нормальном распределении число реализаций рассчитывается по формуле [113]

$$n \geq \frac{v^2 \cdot t_\alpha^2}{\Delta^2}, \quad (4.1)$$

где v – коэффициент вариации измеряемой величины; t_α – статистика Стьюдента, зависящая от принятой доверительной вероятности α ; Δ – относительная ошибка.

Выборка считалась представительной, если при относительной ошибке 0,10 и вероятности 0,90 число измерений было не меньше расчетного значения n .

В случае, когда предварительный анализ показывал, что распределение

существенно отличается от нормального, то относительная ошибка рассчитывалась после выбора соответствующего закона распределения. Если она при вероятности 0,90 не превышала 0,10, то выборка также считалась репрезентативной.

4.1.2. Методика обработки опытных и статистических данных

Для обработки опытных и статистических данных использовались известные стандартные методики, поэтому ниже приводится лишь краткое их описание.

В основу хронометражных наблюдений были положены методы, излагаемые в [44].

При обработке опытных данных использовались как методики общего характера [27, 93], так и специализированные методики применительно к сельскохозяйственному производству, сельскохозяйственной технике, а также на автомобильном транспорте [43, 47, 48, 113].

По результатам основных измерений строились гистограммы. Ширина классового интервала при этом определялась по известной формуле

$$\lambda = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m_K}, \quad (4.2)$$

где X_{\max} , X_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значения определяемой величины; m_K – число классов в вариационном ряде.

Число классов в свою очередь определяется на основании равенства

$$m_K = 1 + 3,32 \lg n, \quad (4.3)$$

где n – число опытов.

По результатам обработки опытных данных определялись следующие основные статистические характеристики измеряемых величин:

среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (4.4)$$

дисперсия

$$D_K = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2; \quad (4.5)$$

среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_x = \sqrt{D_K}; \quad (4.6)$$

коэффициент вариации

$$v_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} 100\%. \quad (4.7)$$

Количество классов в гистограмме упрощенно определялось в соответствии с [78].

Выбраковывались те результаты опытов, которые отклонялись от \bar{X} на значения, превышающие $\pm 3\sigma_x$.

Отдельные опытные результаты определялись как функции отдельных составляющих вида

$$F = f(t_1, t_2, t_3, \dots, t_z). \quad (4.8)$$

Абсолютная ошибка таких измерений рассчитывается по известной формуле

$$dF = \pm \left(\frac{\partial F}{\partial t_1} dt_1 + \frac{\partial F}{\partial t_2} dt_2 + \dots + \frac{\partial F}{\partial t_z} dt_z \right), \quad (4.9)$$

где dt_i – абсолютная ошибка при определении величины t_i ; z – число слагаемых.

Значение абсолютной ошибки определялось в виде разности

$$dt_i = \bar{d}t_i - \bar{d}t_o, \quad (4.10)$$

где \bar{t}_i, \bar{t}_o – соответствующие показания используемого и образцового приборов.

На основании (4.9, 4.10) рассчитываем относительную ошибку измерений

$$\frac{dF}{F} = \frac{\left(\frac{\partial F}{\partial t_1} dt_1 + \frac{\partial F}{\partial t_2} dt_2 + \dots + \frac{\partial F}{\partial t_z} dt_z \right)}{f(t_1, t_2, \dots, t_z)}. \quad (4.11)$$

При необходимости определяется плотность распределения в качестве наиболее полной характеристики измеряемой вероятной величины. Для наиболее распространенного нормального распределения плотность определяется из равенства

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma_x^2}}. \quad (4.12)$$

Близость теоретических и опытных распределений при необходимости определяется по критерию χ^2 Пирсона

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(P - P')^2}{P'}, \quad (4.13)$$

где K – число степеней свободы; P, P' – соответственно опытная и теоретическая частоты.

Расчетное значение χ^2 , найденное по формуле (4.13), сравнивается с критическим значением $\chi^2_{кр}$ при 5%-ном уровне значимости (из соответствующих справочных таблиц). При условии $\chi^2 \leq \chi^2_{кр}$ не отвергается гипотеза о близости опытного распределения к теоретическому по принятому закону.

Описанная краткая программа и методика обеспечили получение необходимых исходных данных для реализации приведенных в главе 2 математических моделей.

4.2. Содержание экспериментальных исследований

4.2.1 Выбор объектов утилизации

Для разработки технологий утилизации, ориентированных на максимально возможное сохранение вторичных ресурсов и недопущение их безвозвратной потери, необходимо иметь представление о парке выбывшей из эксплуатации техники, поскольку ее марочный состав, текущее состояние принципиально влияет на материальный состав получаемого при переработке вторсырья и применяемые технологии утилизации и возможность повторного использования или восстановления агрегатов и узлов.

В 2007 году в трех ближайших к Московскому государственному аграрно-инженерному университету районах Северного административного округа (САО) города Москвы был впервые проведен анализ парка выбывших из эксплуатации автомобилей [33]. В процессе сбора данных фиксировалась не только марка автомобиля, но и его состояние по внешнему виду, адрес и особенно-

сти расположения относительно путей подъезда. Критерии, которые были использованы для включения автомобилей в базу выбывших из эксплуатации, а они шире, чем входящие в определение «брошенное и разукомплектованное транспортное средство», нашли применение в разрабатываемом проекте регионального закона об упорядочении использования территории городских поселений. За период наблюдений произошло несколько знаковых для автомобильной отрасли и для автомобилистов событий: 2007 – год активного роста автомобильного рынка; 2008 и 2009 – годы начала и наиболее тяжелой фазы финансового кризиса; 2010 – год начала работы программы утилизации автомобилей; 2011 – год восстановления докризисных объемов рынка и окончание программы утилизации, переход в активную фазу программы сноса плоскостных гаражей и развития парковочного пространства в Москве. В 2008 году исследования были распространены на Московскую и Тульскую области с целью получить срез парка ТиТТМ, выбывших из эксплуатации. Фрагмент первично обработанных данных представлен на рисунках 4.1-4.4, развернутый анализ в 5 главе.

Длительный период наблюдения, включающий влияние нескольких разных системных факторов, показал, что на формирование, а также на количественные и качественные показатели парка выбывших из эксплуатации автомобилей макроэкономические явления практически не влияют. Сильнее оказалось действие двух программ: федеральной и региональной, но и они не дали существенного снижения парка выбывших из эксплуатации автомобилей, а его структура и тенденции ее изменения зависят в первую очередь от технических факторов. Это дает нам основание достаточно точно прогнозировать характер изменения парка в будущем для определения задач, стоящих перед предприятиями утилизации техники.

Выявление выбывшей из эксплуатации техники на территории населенных пунктов является мероприятием в достаточной мере субъективным, поскольку в каждом конкретном случае требуется индивидуальный подход к анализу объекта. Тем не менее, на основании опыта проведения рейдов можно выделить основные факторы, на которые следует обращать внимание: расположение объекта; внешний вид объекта; состояние территории вокруг объекта; длительность стоянки объекта на одном и том же месте (использование этого фак-

тора возможно только при регулярном осмотре территории или с использованием средств фиксации и распознавания образов объектов, что стало темой отдельного исследования).

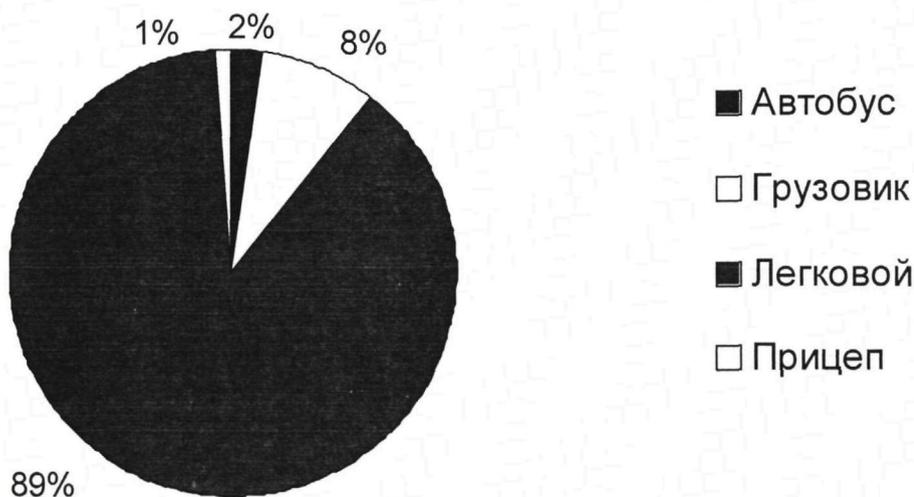
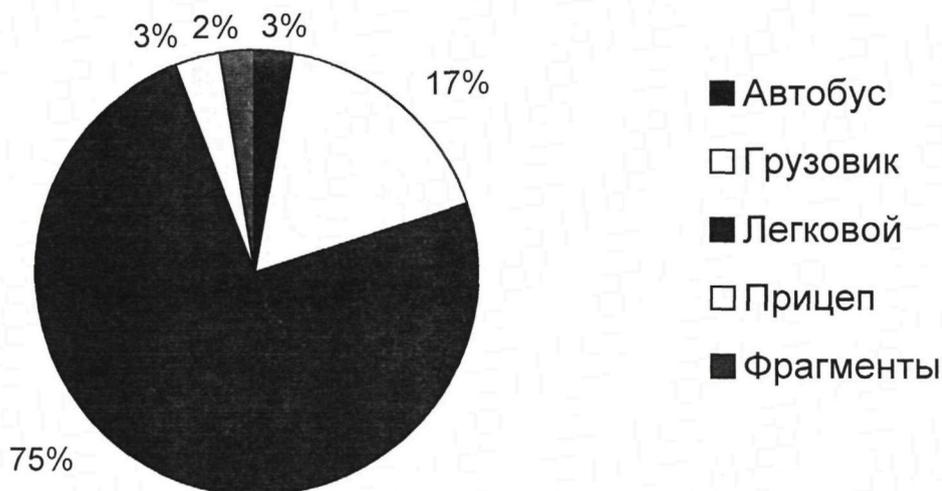
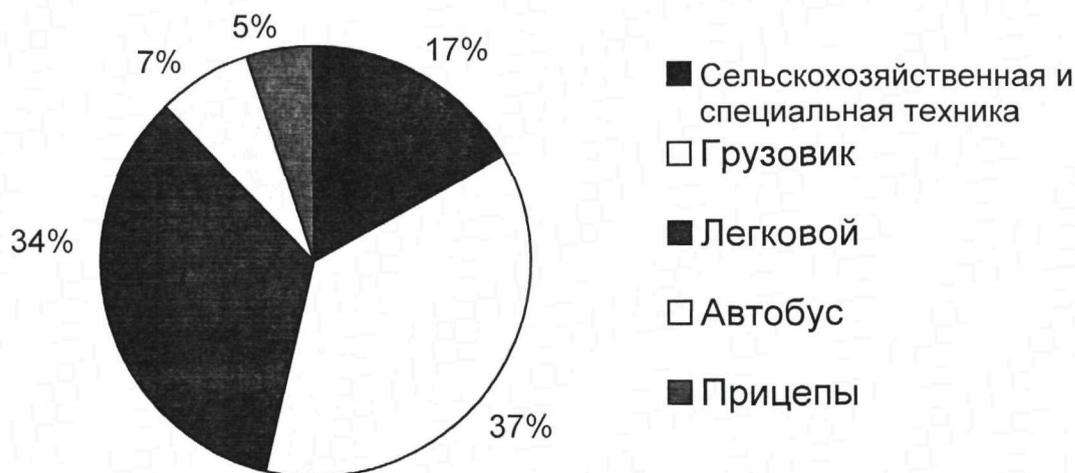


Рисунок 4.1 – Структура парка выбывшей из эксплуатации техники по типам: сверху – в Тульской области; в центре – в Московской области; внизу – в Москве

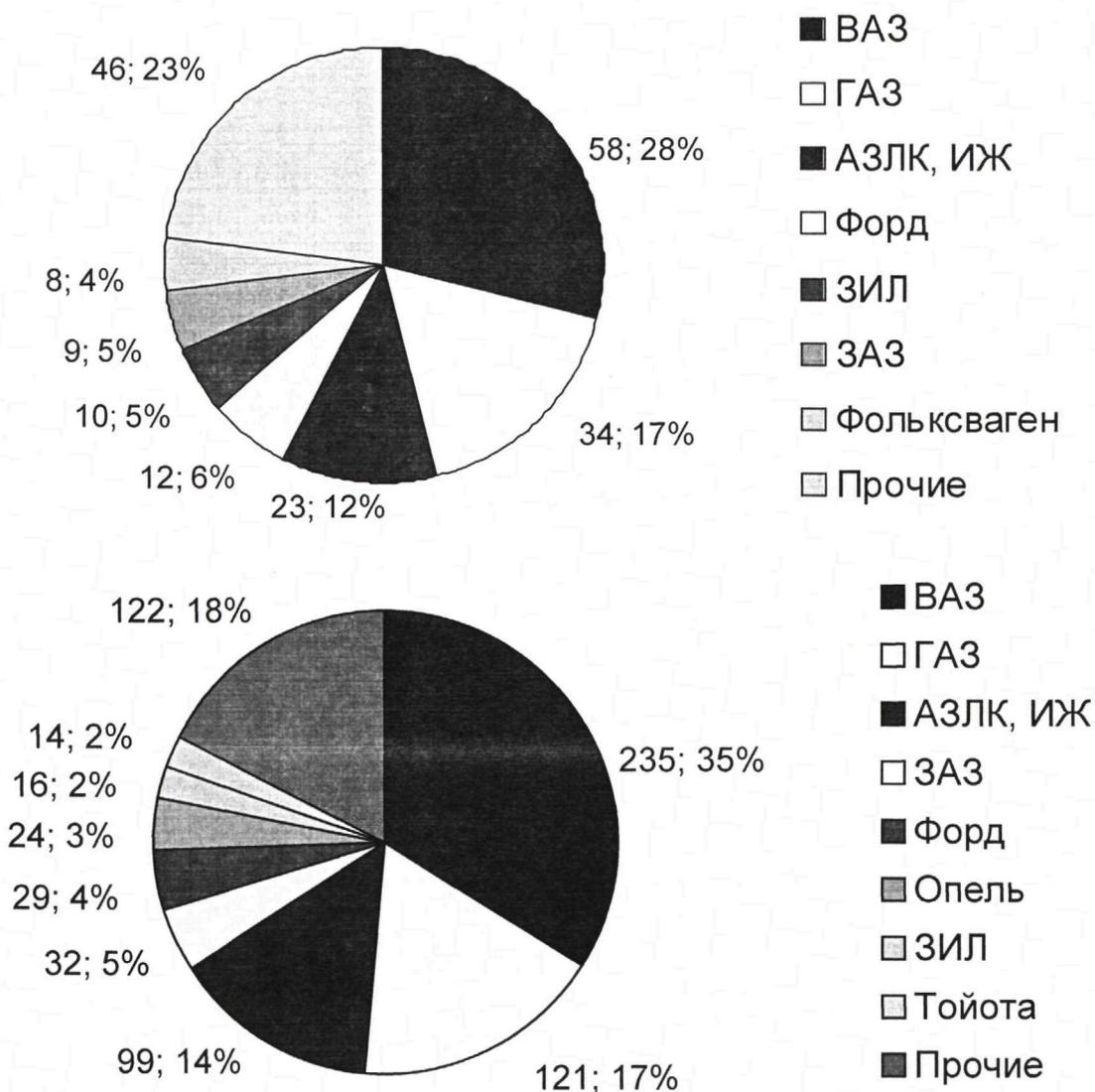


Рис. 4.2 – Структура парка по маркам в Московской области (сверху) и в Москве (внизу), шт, %,.

Анализируя данные рейда можно смоделировать среднестатистическую единицу техники, выбывшую из эксплуатации. Это легковой автомобиль малого класса, произведенный в России 15-20 лет назад (при последних регистрационных действиях 8-14 лет назад), состояние его кузова, как главного элемента конструкции позволяет восстановление, которое будет достаточно затратным, а, следовательно, нецелесообразным. Наиболее яркие представители – ВАЗ-2101...2107, ВАЗ-2108...2109, АЗЛК-2140...2141, ЗАЗ-1102, ГАЗ-24...31029, то есть в основном автомобили малого класса (примерно 70%). Применительно к грузовой технике – типичные представители – УАЗ-3301, ГАЗ-52, ГАЗ-53, ГАЗ-3307. По сельскохозяйственной технике в лидерах МТЗ-50, МТЗ-80, ЮМЗ-6, Т-40.

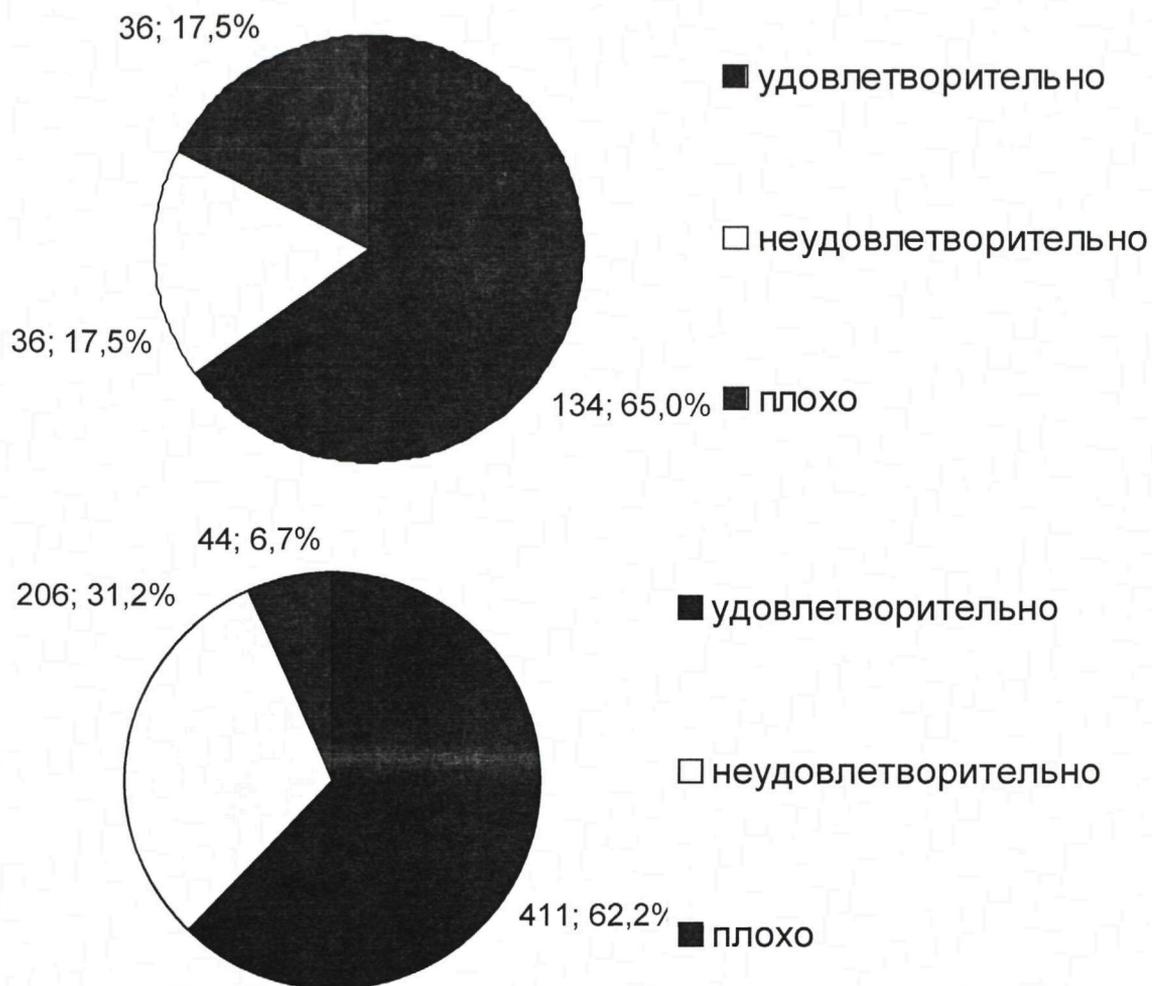


Рис. 4.3 – Структура парка по техническому состоянию кузова в Московской области (сверху) и в Москве (внизу), шт., %

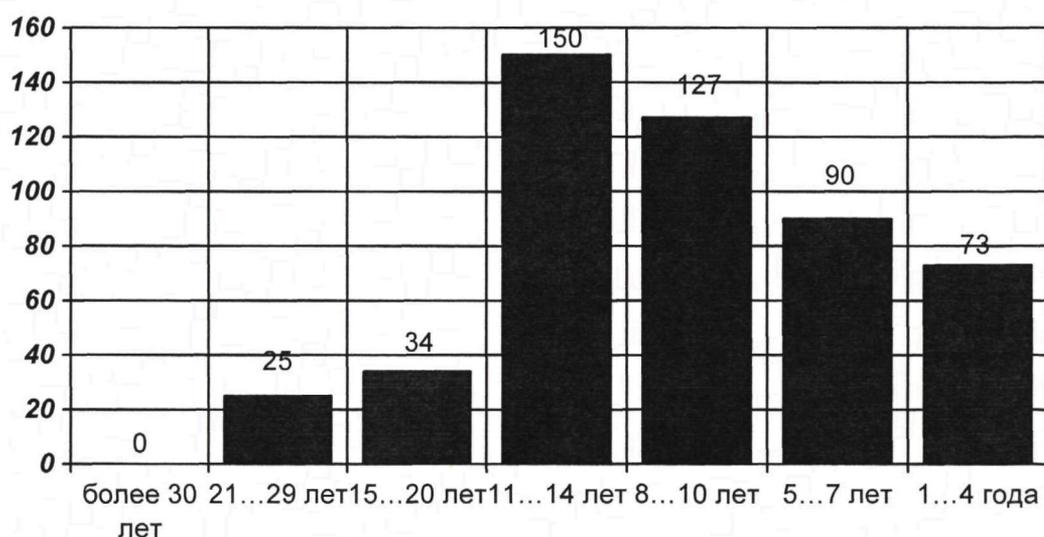


Рис. 4.4 – Структура парка по периоду последних регистрационных действий (по периоду выдачи номерного знака при его наличии), шт.

4.2.2. Технологический процесс утилизации

Перед началом проведения демонтажа поступившего на утилизацию автомобиля производится его экспертная оценка специалистом. Устанавливается

фирма-производитель автомобиля, его модель, возраст и техническое состояние, включая осмотр отдельных компонентов. С учетом проведенного осмотра старого автомобиля разрабатывается индивидуальная схема разборки данного автомобиля. При разработке такой схемы используется информация, содержащаяся в системе IDIS [145] или дополнительно переданная изготовителем автомобиля в виде бумажной документации или в электронном виде (для отечественных автомобилей, за исключением самых современных ВАЗ-1118, ВАЗ-2170, ВАЗ-2123, отсутствует). Аналогом этой информационной базы могут служить «Комплексы работ по разборке и сборке автомобилей», хотя напрямую информацию по утилизации они не несут. Кроме того, составленная схема разборки автомобиля учитывает существующую в регионе (стране) инфраструктуру по вторичной переработке деталей и материалов, а также имеющиеся сведения о потребностях в запчастях. Именно демонтаж, и реализация на вторичном рынке подержанных запчастей со списанных автомобилей составляют весомую долю дохода для предприятий по сбору и переработке автомобилей. Основным источником доходов являются мало изношенные двигатели и коробки передач, неповрежденные бамперы и стекла, электронные блоки и датчики. Особенно это касается автомобилей, поврежденных в результате аварий, наводнений, пожаров, имеющих проблемы с документами. Однако большинство поступающих автомобилей, имеющих 17...25-летний срок службы, как показывает практика, не приносят прибыли, из-за невостребованности их элементов на вторичном рынке.

В соответствии с требованиями Директивы 2000/53/ЕС, с каждого старого автомобиля на предприятии утилизации должны быть демонтированы и удалены определенные компоненты, входящие в обязательный список.

На базе двух предприятий, перечисленных выше, была проанализирована степень пригодности для демонтажа и утилизации ряда моделей автомобилей ВАЗ, ФИАТ, ЛИАЗ и ИКАРУС. В перечень моделей не вошли грузовые автомобили и сельскохозяйственная техника, так как в настоящее время, учитывая нашу тему, они не являются объектами, содержащими большое количество пластиковых деталей. В условиях предприятий сравнивались применяемые детали крепления, время на проведение операций по демонтажу деталей, узлов, агрегатов. Сравнивалось и анализировалось как общее время, затраченное на полную разборку автомобилей, так и результаты разборки отдельных де-

талей, компонентов, узлов.

Автомобиль является объектом труда исполнителя, выполняющего операции демонтажа, но не предоставляет ему какого-то постоянного места работы. Выполняя рабочие движения, исполнитель принимает значительное количество поз, совершает передвижения даже в пределах одной операции. Оценка трудоемкости такого рабочего процесса представляет значительные трудности потому, что доступность и удобство выполнения даже одноименных операций на разных автомобилях неодинаковы.

Доступность и удобство выполнения операций утилизации зависят также и от антропометрических характеристик исполнителя. Этому необходимо уделять внимание при постановке и проведении опытных наблюдений для сопоставимости их результатов.

4.3. Лабораторная база

Как показывают опытные наблюдения, доступность выполнения каждой операции – это свойство конструкции, характеризующееся главным образом объемом предварительных демонтажных работ для ее выполнения.

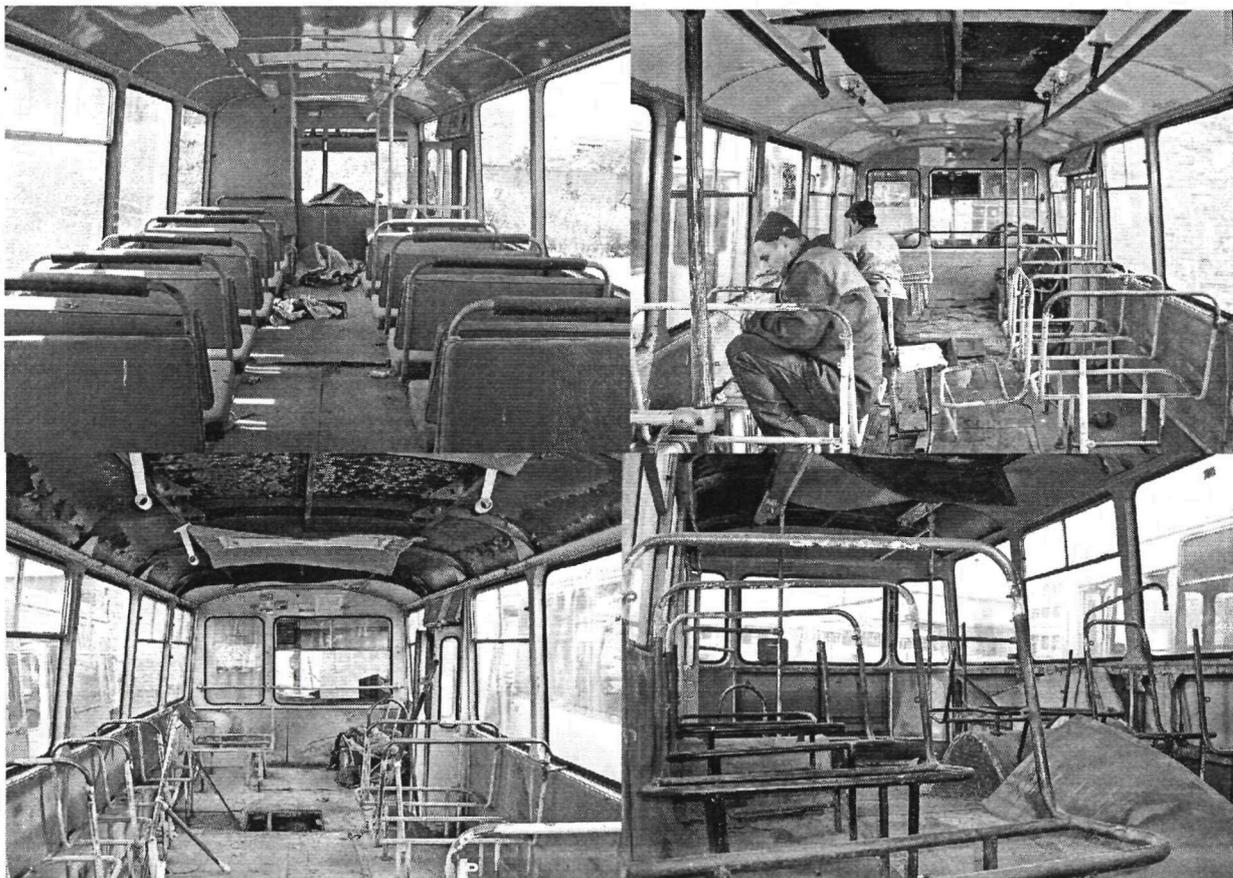


Рис. 4.5 – Демонтаж элементов интерьера автобуса ЛИАЗ-677



Рис. 4.6 – Демонтаж элементов интерьера автобуса Икарус-250

Удобство выполнения операции – это свойство конструкции, определяющее возможность достижения цели с минимальными затратами основного времени за счет позы исполнителя, сочетаний движений рук, необходимости перемещений исполнителя или объекта воздействий, помощи второго исполнителя и других факторов.

В условиях «Лаборатории исследования технологических процессов утилизации» ФГБОУ ВПО МГАУ были организованы три поста для проведения работ различного типа. Оценка состояния объекта утилизации и демонтаж деталей интерьера и экстерьера, а также агрегатов и узлов снимаемых «сверху» производилась на посту № 1 (напольный пост без подъемного оборудования) (рис. 4.7). Слив жидкостей и демонтаж агрегатов «снизу» производился на посту № 2, оснащённому передвижным подъемником ПП-3, грузоподъемностью 3 тонны (рис. 4.8). Благодаря мобильности подъемника возможная смена местоположения постов в пределах одного помещения.

Кроме основного технологического оборудования и ручного слесарного инструмента при проведении опытов использовался набор фото-, видео- и веб-камер с универсальными штативами посредством которых полностью фиксиро-

вался процесс демонтажа деталей и узлов. Обработка фото- и видеоматериалов, а также функционирование программы распознавания и сортировки производилась на персональном компьютере за пределами лаборатории, хранение информации осуществляется на съемных носителях информации.

Таблица 4.1 – Применяемость технологического и измерительного оборудования по постам

| Пост | Тип оборудования | Модель |
|------|---|----------------------|
| № 1 | Линейка измерительная | б/н |
| | Штатив малый | Unomat SVA 22 |
| | Фотоаппарат | Panasonic DMC-FZ20 |
| | Видеокамера | Sony DCR-SR100E |
| | Набор слесарного инструмента | Orbi |
| | Машинка отрезная | |
| | Ножницы по металлу (пластику) | |
| | Лом | б/н |
| | Ударный инструмент | б/н |
| | Набор средств индивидуальной защиты | |
| № 2 | Подъемник передвижной электромеханический двухстоечный (г/п 3 тонны) | ПП-3 |
| | Стойки страховочные | |
| | Набор слесарного инструмента | Orbi |
| | Оборудование для сбора масла | |
| | Фотоаппарат | Panasonic DMC-FZ20 |
| | Видеокамера | Sony DCR-SR100E |
| | Штатив малый | Unomat SVA 22 |
| | Машинка отрезная | |
| | Ножницы по металлу (пластику) | |
| | Набор средств индивидуальной защиты | |
| № 3 | Стол лабораторный | |
| | Стол для оргтехники | |
| | Штатив малый | Unomat SVA 22 |
| | Штатив большой | Manfrotto 95 |
| | Весы электронные подвесные (безмен) (10 g – 45 kg) | Wei Heng 45 |
| | Фотоаппарат | Panasonic DMC-FZ20 |
| | Фотоаппарат с функцией видеокамеры, транслирующей видеосигнал на персональный компьютер | Canon EOS 5D |
| | Видеокамера | Sony DCR-SR100E |
| | Веб-камера | Speed Link SL-6815 |
| | Портативный компьютер | Apple MacBook A-1181 |
| | Набор средств индивидуальной защиты | |

На посту № 3 осуществлялся технологический процесс сортировки демонтированных деталей по видам материалов. Пост реализован как напольный, оснащенный столами для раскладки деталей и установки компьютера, мобильной мишенью для фото- и видеофиксации (рис. 4.9)

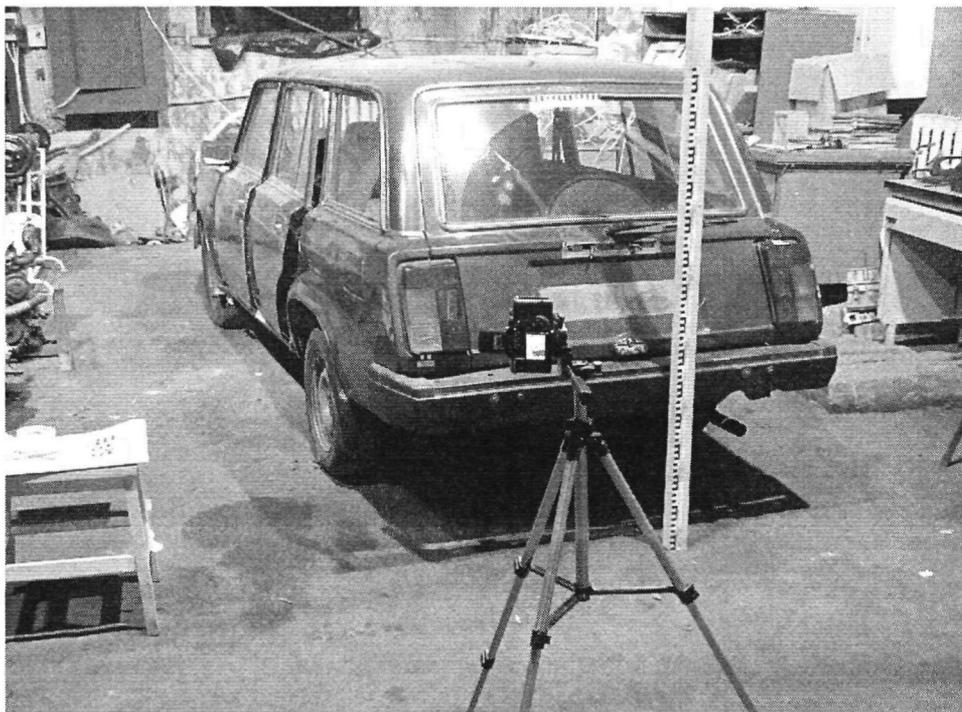


Рисунок 4.7 – Пост № 1 напольный без подъемно-осмотрового оборудования



Рисунок 4.8 – Пост № 2 напольный с подъемно-осмотровым оборудованием

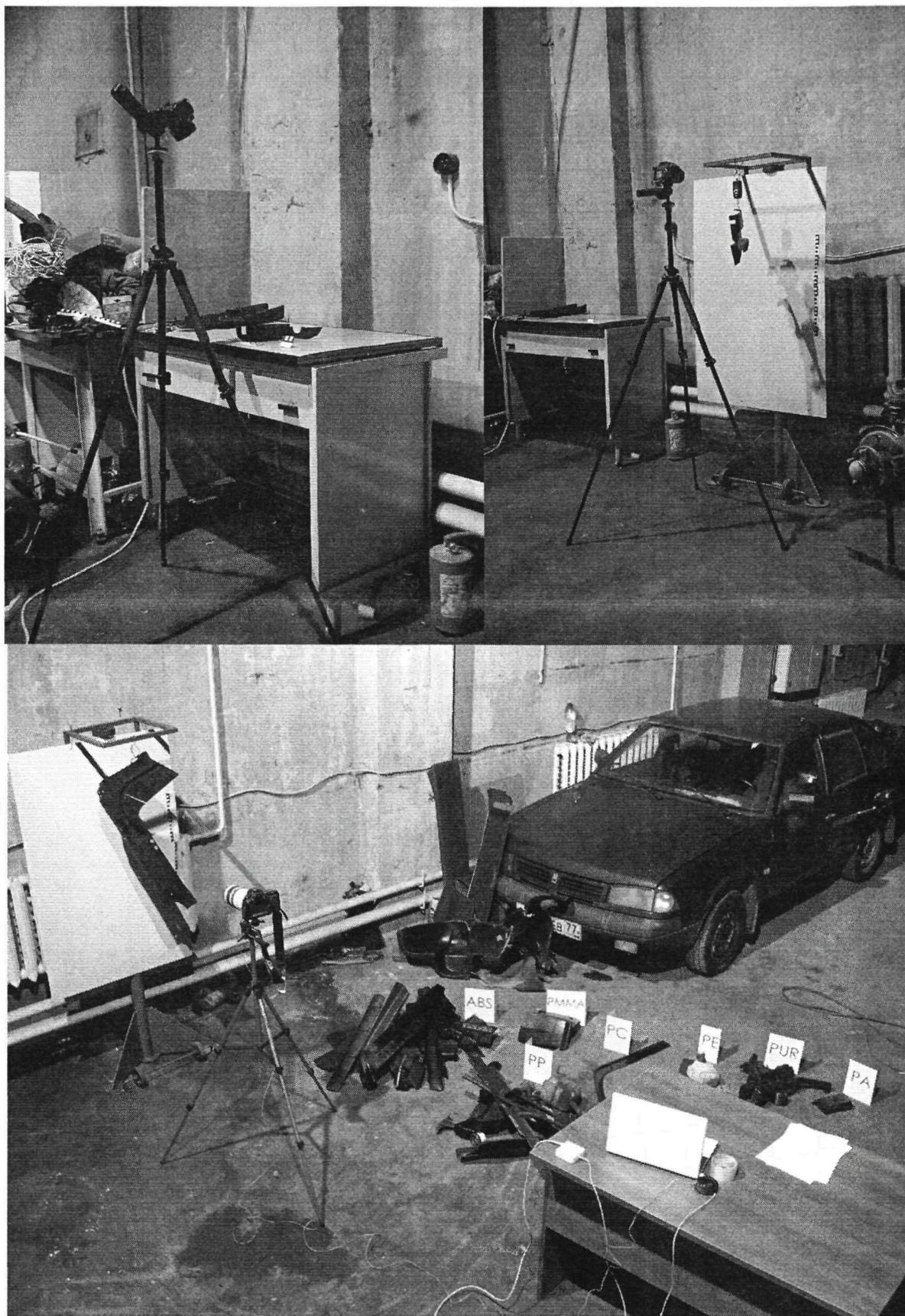


Рисунок 4.9 – Пост № 3 напольный с системой сортировки

4.4 Описание опытов

Для исследования и анализа продолжительности демонтажа пластмассо-

вых деталей проводилась их полная разборка в условиях лаборатории. Демонтаж деталей и компонентов проводился одним слесарем как без разрушения и с частичным сохранением крепежных элементов за исключением сильнокорродированных, так и с разрушением демонтируемой детали и ее крепежа. Использовалось стандартное оборудование, приспособления и инструмент, применяемые при техобслуживании и ремонте автомобилей (табл. 4.1). При хронометрировании операций разборки фиксировалось реальное время на проведение операций с учетом подготовительных процедур и замены инструмента. Демонтаж деталей у полностью разбираемых автомобилей и тракторов (рис. 4.10) производился однократно, то есть статистической обработки результатов по одному объекту произведено не было.

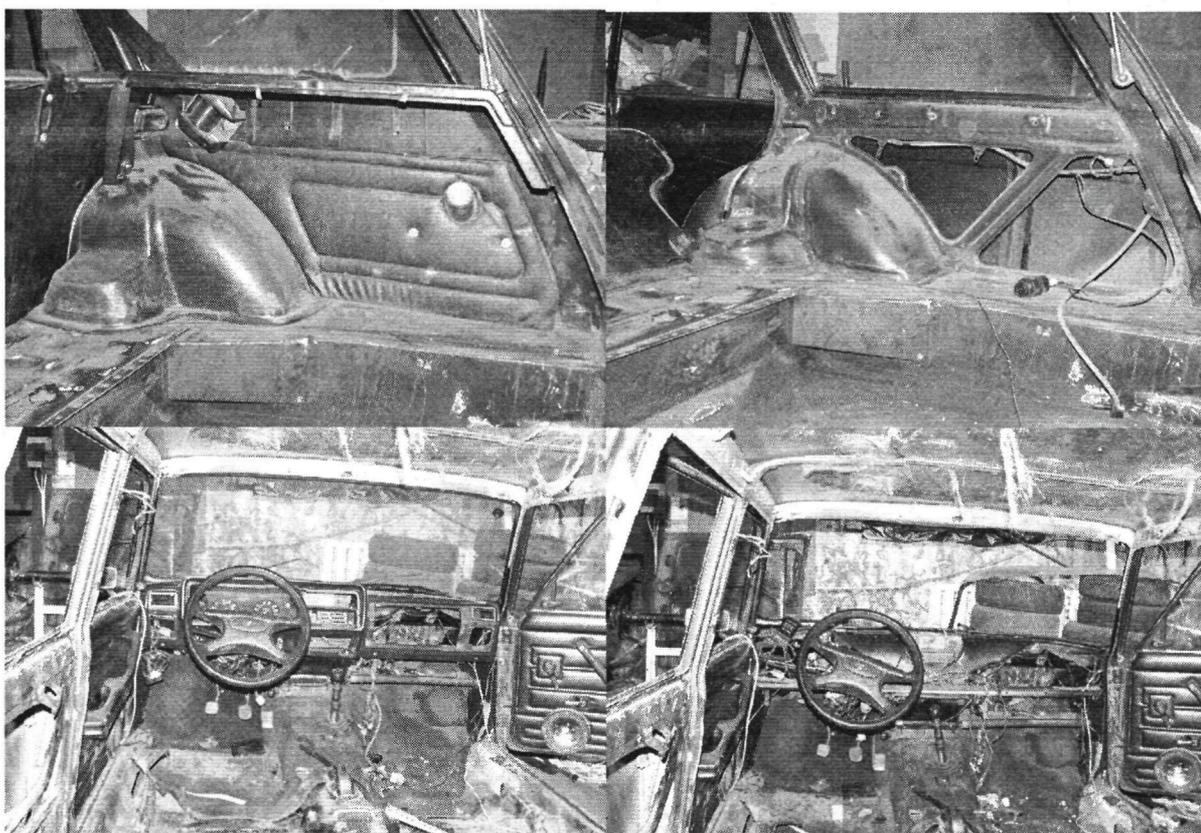


Рисунок 4.10 – Демонтаж пластмассовых деталей интерьера

Анализ отдельных операций демонтажа повторялся на разных автомобилях, позволяя сформировать базу значений продолжительности выполнения отдельных операций и их рассеяние от среднего значения (рис. 4.11). Расчетное время, затраченное на полный демонтаж пластмассовых деталей одним слесарем без применения механизированного инструмента, показано на рисунках 4.11...4.13

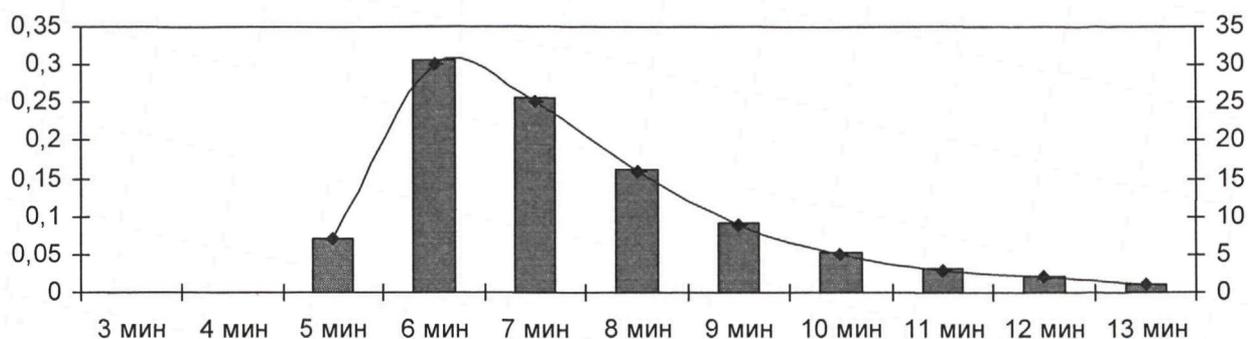


Рисунок 4.11 – Количество реализаций и полигон распределения продолжительности выполнения операции «демонтаж обивки двери» по легковому автомобилю $\bar{x} = 7,33$ мин, $\sigma = 5,23$, $v = 0,71$

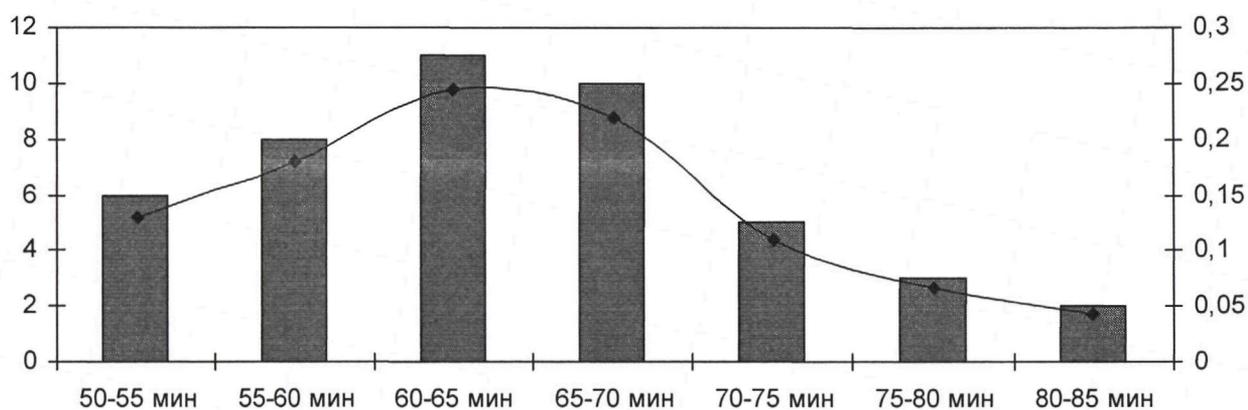


Рисунок 4.12 – Количество реализаций и полигон распределения продолжительности выполнения операции «демонтаж сидений» для легкового автомобиля $\bar{x} = 65$ мин, $\sigma = 17,6$, $v = 0,27$

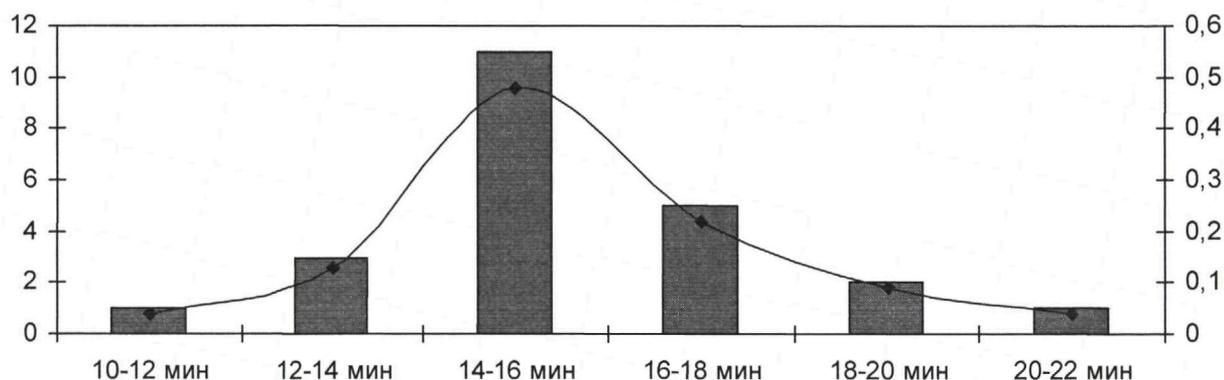


Рисунок 4.13 – Количество реализаций и полигон распределения продолжительности выполнения операции «демонтаж панели приборов без разборки» для легкового автомобиля $\bar{x} = 15$ мин, $\sigma = 17,6$, $v = 0,23$

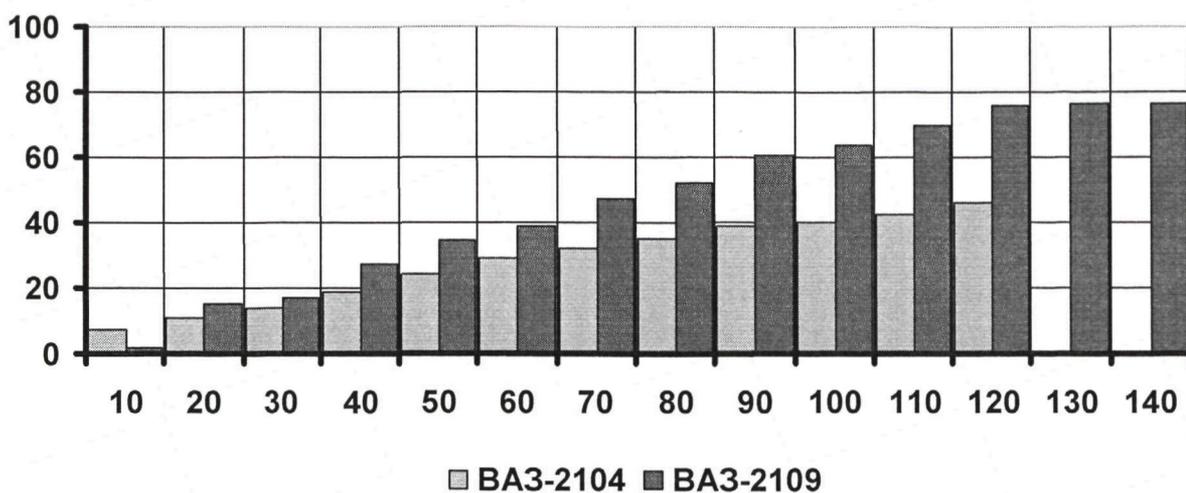


Рисунок 4.14 – Масса демонтированных пластмассовых деталей к определенному моменту времени (кг/мин)

В ходе проведения исследований оценивалась оперативная трудоемкость работ утилизации техники после списания на предприятии, а также некоторых операций текущего ремонта (как правило, разборочно-сборочных). Для количественной оценки используется метод фиксации времени выполнения операций при наблюдении (хронометраж).

В результате анализа исследований по оценке оперативной трудоемкости установлено, технология утилизации состоит из двух видов операций: обязательных и возможных. Операции обязательные выполняются при утилизации полнокомплектного автомобиля, имеют лишь исполнительскую часть в отличие от операций возможных, состоящих из контрольной и исполнительской частей. Контрольная требуется для оценки возможной технологии утилизации в случае если автомобиль имеет значительную степень разукomплектованности, значительные коррозионные повреждения, препятствующие его разборке, механические повреждения и деформации, вызванные ударными воздействиями в ДТП или при транспортировке.

Продолжительность выполнения операций обоих видов может значительно изменяться случайным образом из-за различного технического состояния узлов и деталей в момент проведения работ. Продолжительность выполнения обязательных операций, как правило, подчиняется нормальному закону распределения с коэффициентом вариации около 0,26; а операций возможных – в большинстве случаев распределяется по закону Вейбулла с коэффициентом

вариации 0,6...0,8.

Оцениваемая техника была разработана, в основном, 20 и более лет назад. Тогда вопросы пригодности техники к демонтажу и рециклингу практически не рассматривались, что и отразилось на результатах. С точки зрения утилизации некоторые операции можно было проводить проще, быстрее и эффективнее при использовании разрушающих методов демонтажа с применением слесарного инструмента (молоток, клещи) или гидравлических ножниц. В рамках настоящего исследования такие методы применялись ограниченно по организационным и финансовым соображениям. Тем не менее проведенные опыты позволили сделать заключение, что демонтаж с разрушением применительно к пластмассовым деталям недостаточно эффективен поскольку конструкция и расположение деталей, скрытые закладные металлические элементы делают невозможной работу мощного инструмента, при этом чаще всего разрушается деталь в месте приложения усилия, а не в месте крепления к основанию

В результате выполненной работы были отмечены также некоторые другие недостатки исследуемых автомобилей, в результате которых демонтаж отдельных компонентов производился с большой трудоемкостью, например, панели приборов, отопителя, обивки и др. Для крепления некоторых деталей используются болты с головками различного размера, требующие замены инструмента при операциях демонтажа каждой детали. Наибольшие нарекания вызывает крепеж с крестообразным шлицем, часто срезаемым электрифицированным инструментом.

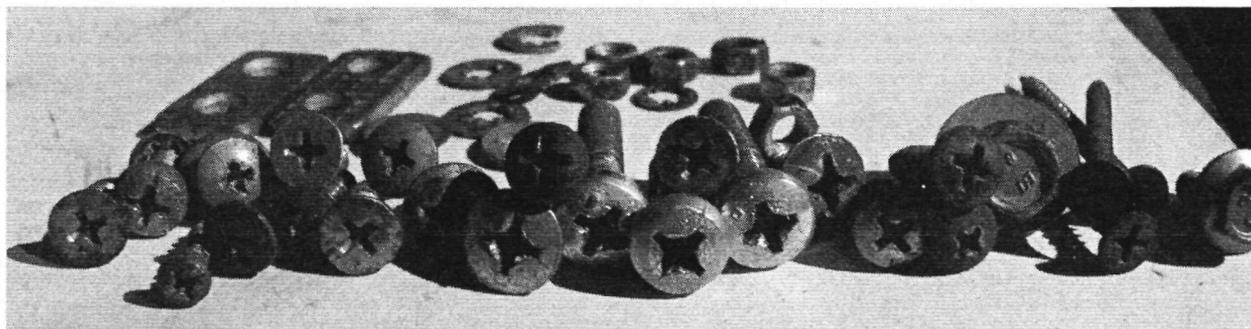


Рисунок 4.15 – Крепеж, извлекаемый при разборе одной двери

Продолжительность выполнения любой из выбранных конкретных операций имеет заметные отклонения от своего среднего значения. Это объясняется различным объемом работы при проведении операции, который может изме-

няться, прежде всего, вследствие износа соединений и механизмов, коррозии сопряженных деталей и других случайных состояний узла.

Также в процессе проведения опытных исследований рассматривался подробно процесс выполнения конкретной операции. Известно, что операция состоит из суммы нескольких (6...18 и более) взаимно независимых элементов – переходов. Продолжительность выполнения любого из них практически не оказывает влияния на продолжительность следующего, а доля каждого из слагаемых достаточно мала по отношению к сумме. Причем, большей частью увеличение (уменьшение) трудоемкости операций зависит от объема работ, связанных с изменением предмета приложения труда.

Независимость операций и их продолжительности дает основания считать, что весь объем работ будет подчиняться нормальному закону распределения и возникает возможность вероятностного прогнозирования оперативной трудоемкости утилизации автомобилей по точкам приложения действий.

Исходя из этих определений, по обширным результатам опытов подсчитаны величины средней продолжительности утилизации для разных типов техники (таблица 4.2).

Таблица 4.2. Продолжительность разборки (без детальной разборки агрегатов и узлов)

| Модель автомобиля | Время полной разборки, ч | Доля пластмасс в массе автомобиля, % | Доля времени на демонтаж пластмассовых деталей, % | Полнота извлечения, % |
|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------|
| ВАЗ-2104 | 7,9 | 4,3 | 25,3 | 95,8 |
| ВАЗ-21053 | 7,5 | 4,2 | 26,6 | 95,3 |
| ВАЗ-2106 | 7,4 | 4,4 | 25,6 | 95,1 |
| ВАЗ-2107 | 7,5 | 6,5 | 31,4 | 90,6 |
| ВАЗ-2109 | 5,5 | 10,0 | 42,3 | 83,7 |
| ВАЗ-2110 | 6,1 | 10,2 | 41,2 | 81,7 |
| ВАЗ-2121 | 9,5 | 4,9 | 21,1 | 96,7 |

Демонтаж зарубежных автомобилей имеет определенные особенности и иногда производится с большей трудоемкостью, чем для отечественных автомобилей, что связано с дополнительным оснащением автомобилей компонентами, повышающими комфорт и безопасность автомобилей. На автомобилях европейской сборки широко используются винты и болты с внут-

ренным шестигранным профилем и с наконечниками «TORX». Преимущество крепежа с таким профилем состоит в большей площади контактного зацепления в сравнении с профилем под крестообразную отвертку. Такой болт удобнее закручивать, и он выдерживает большие нагрузки от инструмента без деформации профиля. Новый профиль обеспечивает также лучшее попадание в него инструмента и его удержание.

Завершающим этапом демонтажа деталей становится сортировка их на группы по применяемым материалам с целью получения «чистого по сорту» сырья.

Опыты проводились с демонтированными деталями. В процессе эксперимента оценивались несколько параметров и их влияние на качество и точность распознавания маркировок средствами электронно-оптического зрения. К таким параметрам можно отнести размер символов, удаление камеры от объекта, угол поворота объекта относительно камеры, четкость нанесения символов, запыленность контролируемой детали.

На первом этапе проводилась предварительная оценка для формирования характеристик детали (рис. 4.16): внешний вид, материал, каталожный номер, масса. Применялся обычный цифровой фотоаппарат Panasonic модели DMC FZ20, с матрицей 1/64 и электронные весы с шагом измерения веса 10 грамм. Фрагмент такого протокола показан в таблице 4.3.

На следующем этапе проводилась оценка тех же деталей при помощи средств оптического зрения. В качестве аппаратных средств были использованы две принципиально различные камеры: простейшая веб-камера модели Speed Link SL-6815 и полупрофессиональная полноматричная (1/1) камера с телевизионным качеством изображения Canon EOS 5D.

Продолжительность и точность распознавания маркировок, как показали опыты, зависит в меньшей степени от аппаратной части системы распознавания, и в большей мере от четкости маркировки (качества и неподвижности), обращенной к объективу камеры. Длительность расшифровки и принятия решения занимает от 5 до 15 секунд, значительно более продолжительно время перемещения оператора от места демонтажа детали к мету распознавания и отту-

да к контейнеру или площадке складирования (рис. 4.18). В сравнении со временем демонтажа детали процесс сортировки занимает всего от 1 до 3 %. Причем варьируется это значение не в зависимости от продолжительности сортировки, а исключительно от продолжительности демонтажа.

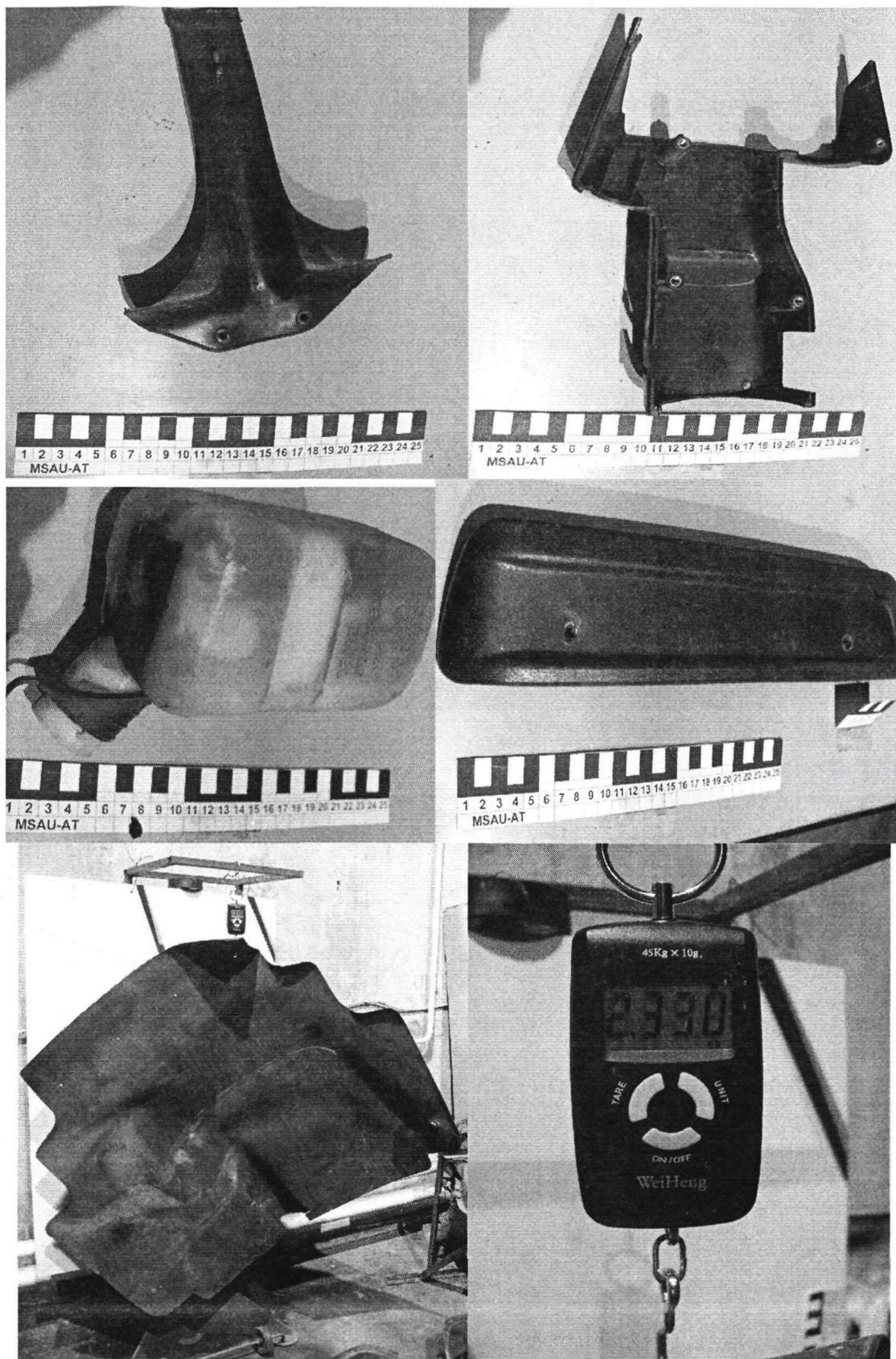
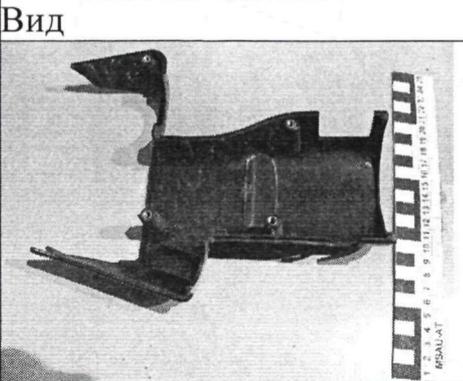
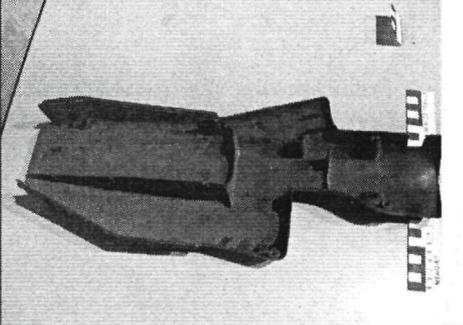
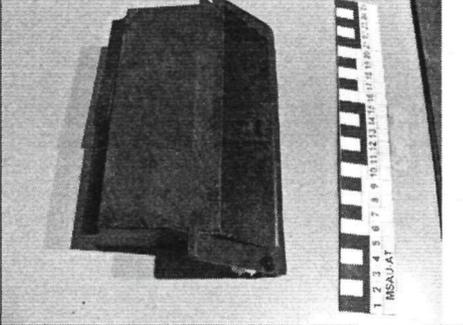
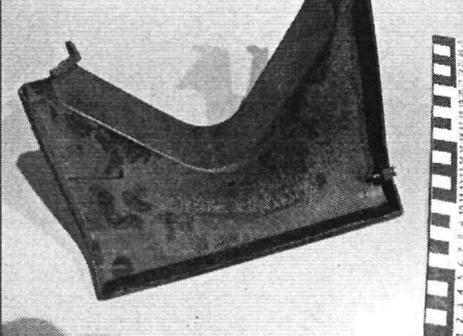
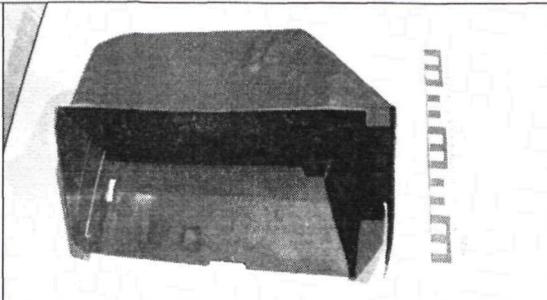
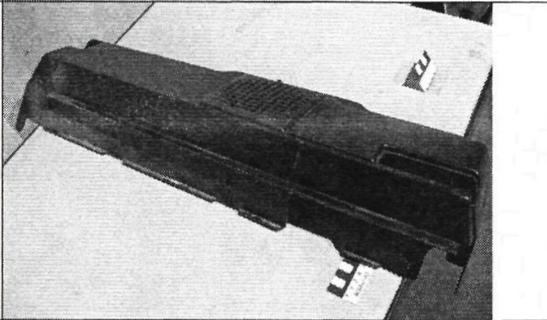
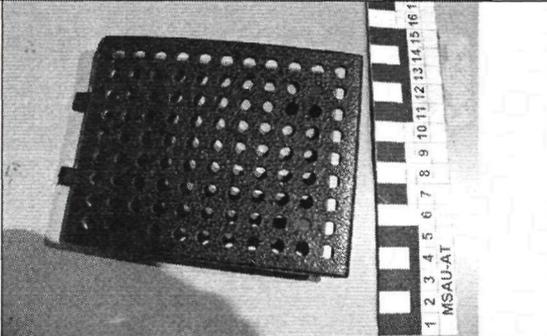
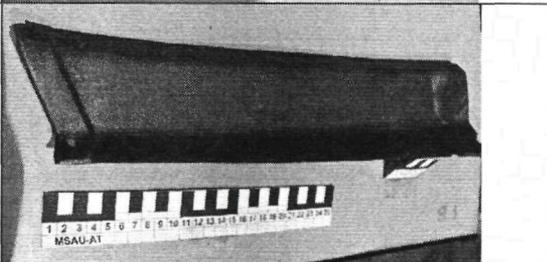
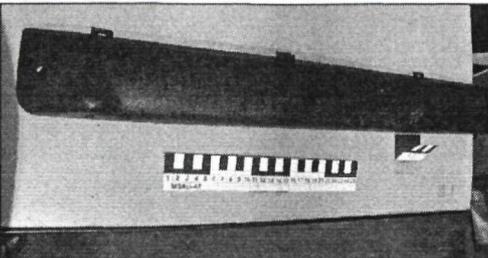
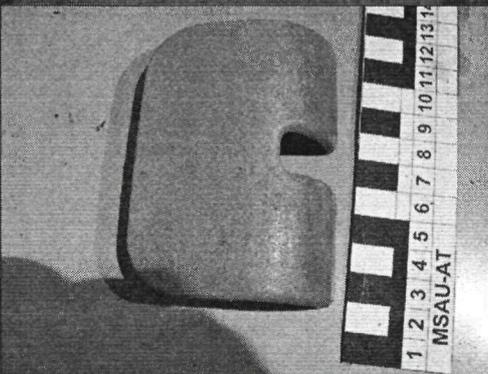
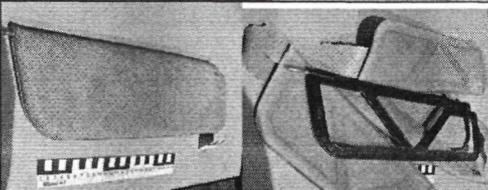
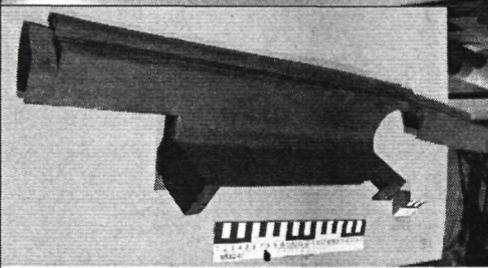
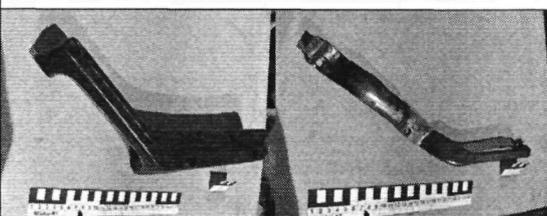


Рисунок 4.16 – Фиксация характеристик демонтированных деталей

Таблица 4.3 – Фрагмент базы данных деталей из полимерных материалов

| № | Вид | Код | Материал | Масса, кг |
|---|---|--------------|----------|-----------|
| 1 |  | 2105-3403070 | ABS | 0,105 |
| 2 |  | 2105-3403072 | ABS | 0,270 |
| 3 |  | - | PA6-GF30 | 0,135 |
| 4 |  | 2107-8101342 | ABS | 0,115 |
| 5 |  | 2106-5001068 | PP-T25 | 0,035 |

| | | | | |
|----|---|--------------|--------|-------|
| 6 |  | 2107-5303014 | PP | 0,280 |
| 7 |  | 2107-5325721 | ABS | 0,140 |
| 8 |  | 2104-5607072 | PC/ABS | 0,850 |
| 9 |  | 2107-5325234 | ABS | 0,035 |
| 10 |  | 2102-5004139 | ABS | 0,090 |
| 11 |  | 2101-6810049 | PE | 0,090 |

| | | | | |
|----|---|--------------|--------|---|
| 12 |  | 2106-6202033 | ABS | 0,205 |
| 13 |  | 2103-8201024 | ABS | 0,045 |
| 14 |  | 2103-8204020 | ABS | 0,115 (каркас) 0,060 (обивка) 0,048 (наполнитель) |
| 15 |  | 2105-5004060 | PP-T25 | 0,035 |
| 17 |  | 2107-5109077 | PP | 0,235 |
| 18 |  | - | PUR | 0,575 (общий) 0,135 (металлокаркас) |
| 19 |  | 2104-6318015 | PE | 0,205 |

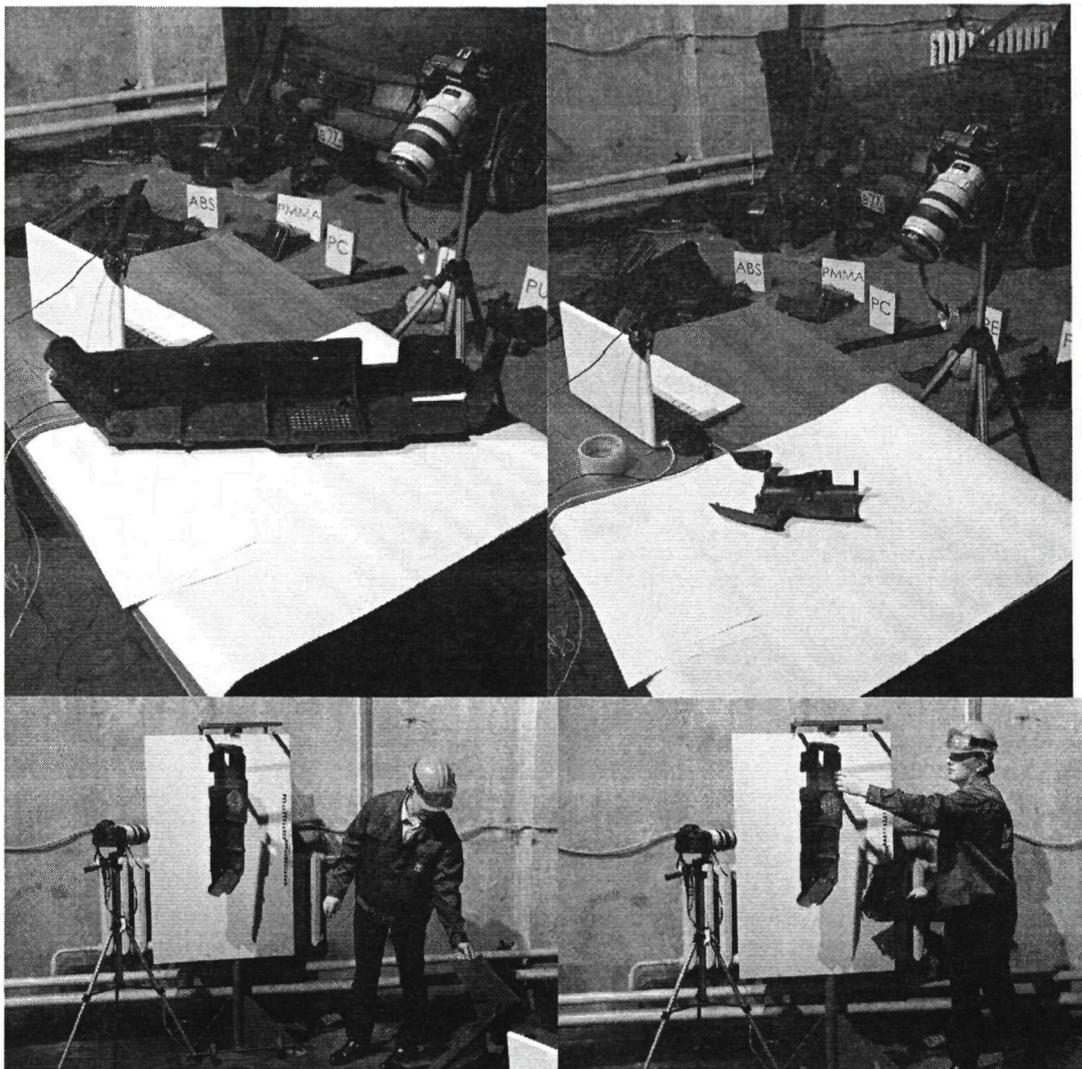


Рисунок 4.17 – Работа со средствами электронно-оптического зрения при неподвижно зафиксированным объектом и при возможности перемещения объекта



Рисунок 4.18 – Детали рассортированные по видам материалов

4.5. Выводы по главе 4

1. Экспериментальные исследования подтвердили возможность использования СМО для моделирования технологических процессов утилизации ТигТМ и помогли сформировать информационную базу для использования в математических моделях работы постов и участков предприятия.

2. Проведенные опыты подтвердили возможность использования средств электронно-оптического зрения для выполнения процесса сортировки демонтируемых деталей по видам материалов в условиях производства. Доля времени, необходимая на распознавание маркировки и принятия решения о типе материала не превышает 1...3 % от продолжительности демонтажа детали, что позволяет рекомендовать такой способ для внедрения на практике.

Глава 5. Результаты моделирования и оптимизации технологических процессов селективной утилизации пластмассовых деталей

5.1 Структура парка выбывшей из эксплуатации ТнТТМ и потенциал образования полимерных отходов

Для разработки проектов предприятий, предназначенных для утилизации выбывших из эксплуатации ТнТТМ необходимо иметь представление о структуре парка, поскольку его типаж, марочный состав, текущее состояние принципиально влияет на материальный состав получаемого при переработке вторсырья и применяемые технологии утилизации. Объемы демонтированных также будут определять перспективы их переработки в конечные изделия прямо на месте или с аккумулярованием на более крупных предприятиях.

Поскольку наибольший объем списываемой техники образуется в Москве, для дальнейшего анализа возьмем этот субъект. Образование перерабатывающих предприятий в скором будущем вблизи этого города также наиболее вероятно, следовательно, основную загрузку такого предприятия будет формировать не областной, а столичный парк. Располагаться предприятие может как в Московской области, так и на территории «новой» Москвы.

Длительный период наблюдения, включающий влияние нескольких разных системных факторов, показал, что на формирование, а также на количественные и качественные показатели парка выбывших из эксплуатации автомобилей макроэкономические явления практически не влияют. Сильнее оказалось действие двух программ: федеральной и региональной, но и они не дали существенного снижения парка выбывших из эксплуатации автомобилей, а его структура и тенденции ее изменения зависят в первую очередь от технических факторов. Это дает нам основание достаточно точно прогнозировать характер изменения парка в будущем для определения задач, стоящих перед предприятиями утилизации техники.

На рисунке 5.1 приведены данные о количестве выявленных в ходе рейдов автомобилей по нескольким районам города. Явные изменения можно зафиксировать лишь в 2011 году по одному из районов, связаны они с преобразованием парковочного пространства, которое активно производилось в рассматриваемый

период, остальные районы не имеют ярко выраженного тренда, хотя программа оптимизации паковочного пространства в них начала реализовываться в 2010 году.



Рисунок 5.1 – Количество выявленных автомобилей по районам САО, шт

Вывод, который можно сделать, анализируя эти данные, заключается в том, что количество выбывающих из строя автомобилей зависит в первую очередь от площади рассматриваемого района или количества проживающих жителей. В частности среднее количество автомобилей, выбывших из эксплуатации, составляет для Тимирязевского района 3,64 авт./1000 жителей, для Коптево - 3,73 авт./1000 жителей, для Савеловского – 2,2 авт./1000 жителей, в среднем – 3,19 авт./1000 жителей или в пересчете на площадь 0,53 авт./га. Соотнеся эту величину с общим количеством жителей в Москве мы получаем ранее упомянутую величину в 40000 автомобилей.

Анализируя данные рисунка 5.2, где представлена структура парка выбывшей из эксплуатации техники можно констатировать высокий уровень стабильности и полное доминирование легковых автомобилей. Автобусы и грузовые автомобили, как правило, относятся к малому и особо-малому классам, поэтому технологии их утилизации практически не будут отличаться от применяемых для легковых автомобилей.

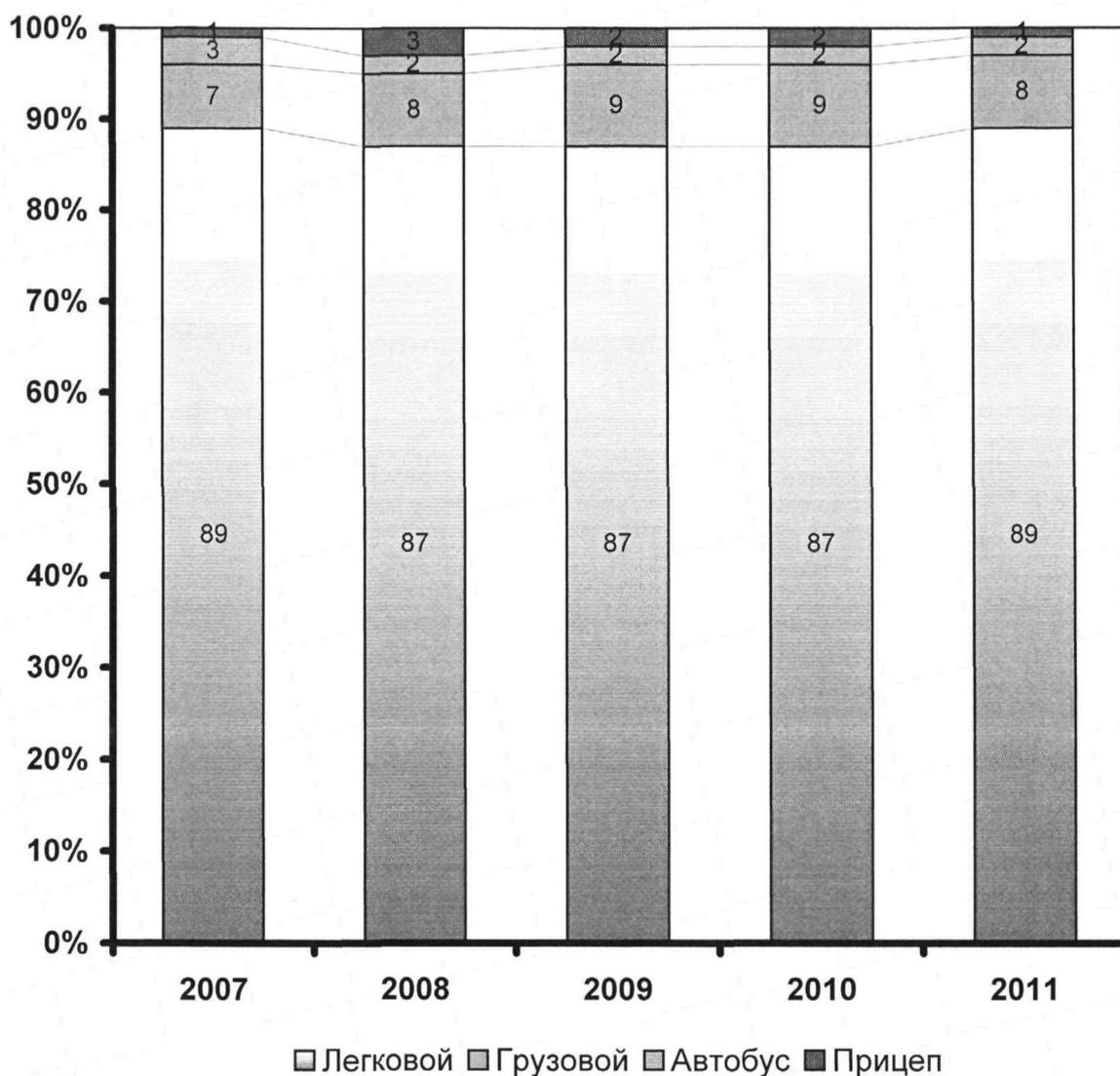


Рис. 5.2 – Структура парка выбывшей из эксплуатации техники по типам, %

На рисунках 5.3 и 5.4 представлены данные о структуре парка выбывших из эксплуатации автомобилей по происхождению. В течение последних пяти лет наблюдается плавное снижение доли отечественных автомобилей, хотя говорить о сдаче позиций в отличие от структуры продаж новых автомобилей еще рано. Значительное изменение структуры можно будет наблюдать после 2015 года, когда выбывать из парка начнут иностранные автомобили первой волны, относящейся к началу 2000-х годов.

Для Москвы, как и для всей европейской части страны, вполне логично превалирование автомобилей, произведенных в европейских странах, в первую очередь, в Германии. Японские автомобили в большинстве своем также завезены из Западной Европы.

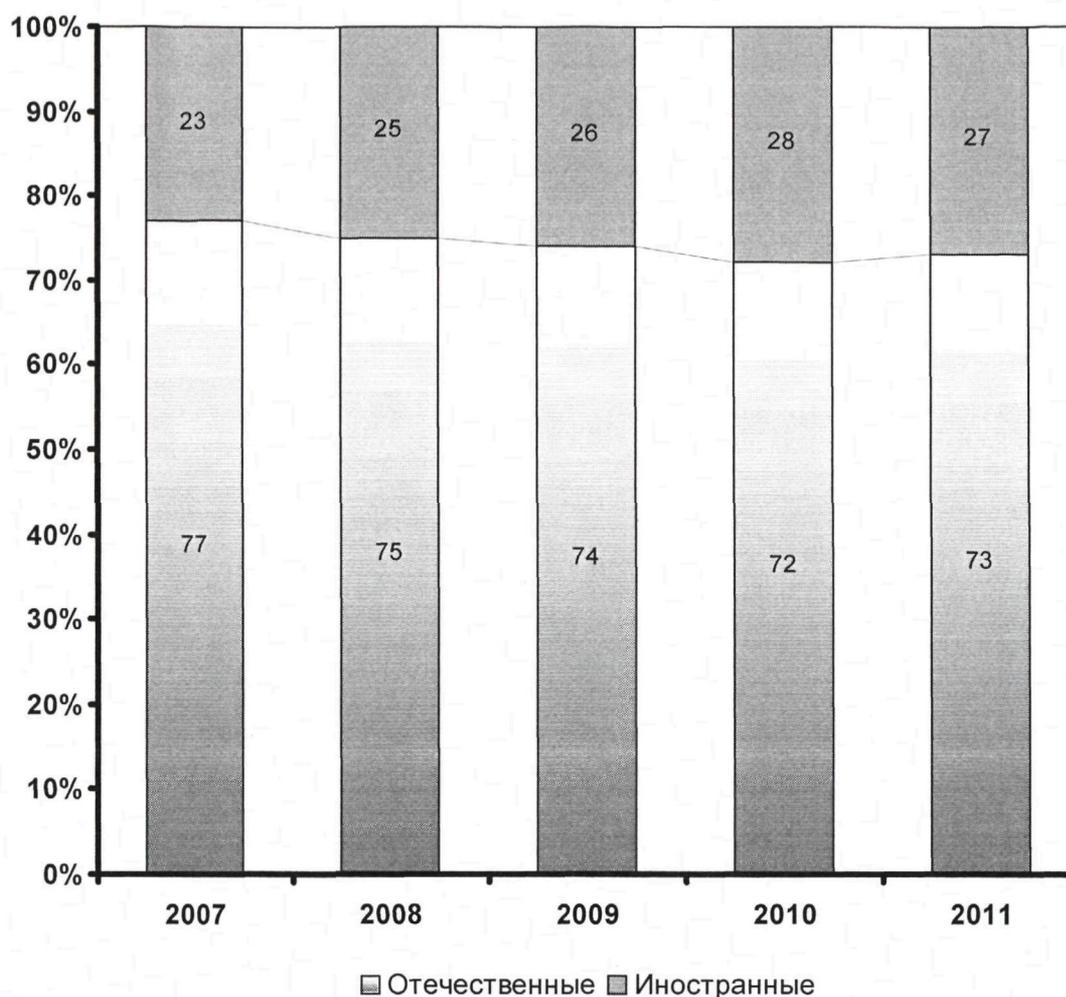


Рисунок 5.3 – Структура парка по происхождению, шт., %

Явного смещения в пользу европейских или японских марок за анализируемый период не наблюдается, а все изменения находятся в пределах погрешности. Доля автомобилей американского производства стабильна, но незначительна. В свете изменения величины таможенных платежей с 2012 года можно предполагать достаточно скорое исчезновение этого сегмента выбывших из эксплуатации автомобилей. Выбывающие из эксплуатации экземпляры будут в полном составе попадать на сервисные предприятия для изъятия годных агрегатов и узлов в силу их дефицита в нашей стране.

На рисунках 5.5 и 5.6 представлена структура парка выбывших из эксплуатации автомобилей по маркам. Сравнивая оба рисунка нельзя не обратить внимание на однородность парка отечественных автомобилей и разнообразие зарубежных. Основной тенденцией изменения структуры по отечественным автомобилям является вытеснение всех марок продукцией АвтоВАЗа, поскольку

остальные автозаводы противопоставить ничего уже не смогут: АЗЛК не выпускает автомобили с 2002 года, ГАЗ не выпускает легковые автомобили с 2009 года.

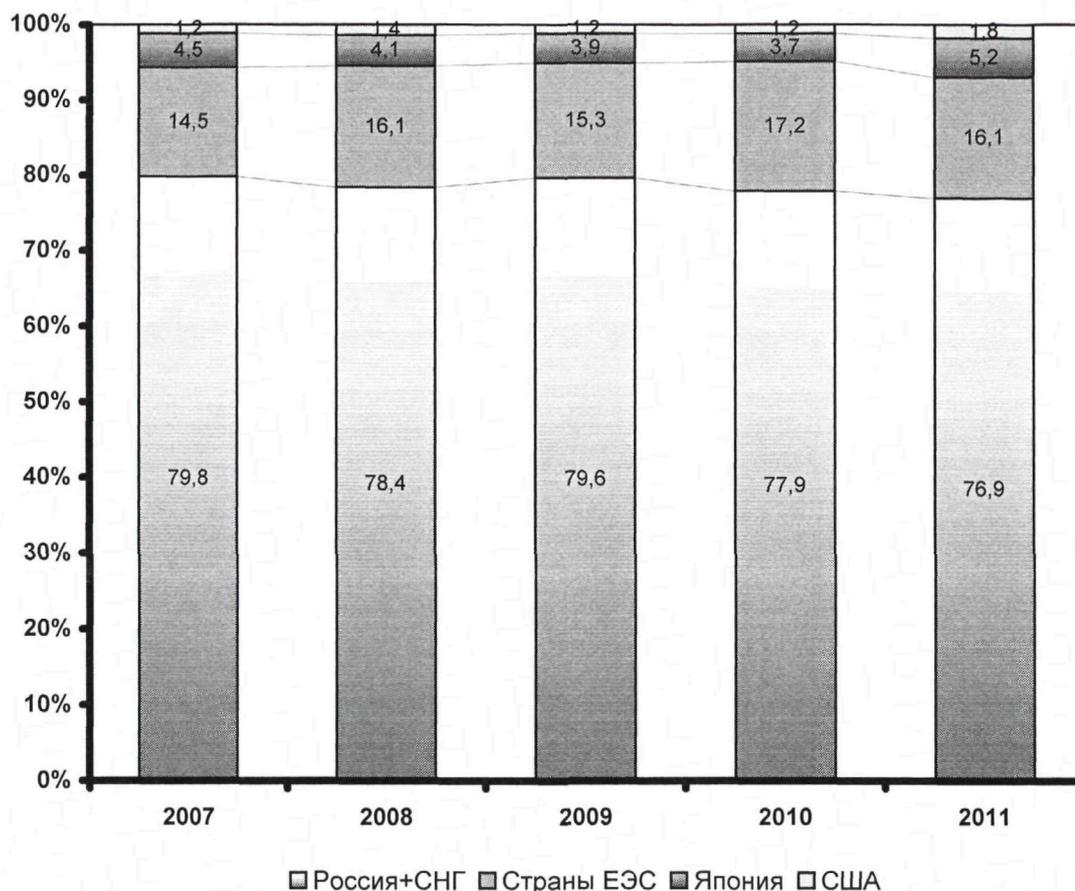


Рисунок 5.4 – Структура парка по стране производства, шт., %

Среди зарубежных марок явного преимущества нет ни у одной из марок, лидерство таких далеко не самых престижных марок как «Форд» и «Опель» объясняется тем, что они менее востребованы на вторичном рынке как агрегатоносители и поэтому чаще списываются в утиль, чем разбираются на запчасти. Подавляющее большинство моделей по рассматриваемым маркам относится к 80-м годам прошлого века, доля автомобилей 90-х годов пока не значительна в силу востребованности их агрегатов на вторичном рынке запасных частей. Полное вытеснение автомобилей 80-х годов можно ожидать уже к 2015 году, а автомобилей 90-х к 2020 году. Наблюдаемая тенденция такова, что предельный срок эксплуатации автомобилей стал снижаться с 25...30 лет до 17...25 лет,

причина в первую очередь в хорошей доступности и приемлемых ценах на новые автомобили и на подержанные автомобили возрастом до 10...15 лет.

На рисунке 5.7 представлен анализ структуры парка выбывших из эксплуатации автомобилей с точки зрения состояния кузова, как главного и наиболее дорогого элемента конструкции, определяющего перспективы восстановления и дальнейшей эксплуатации автомобиля.

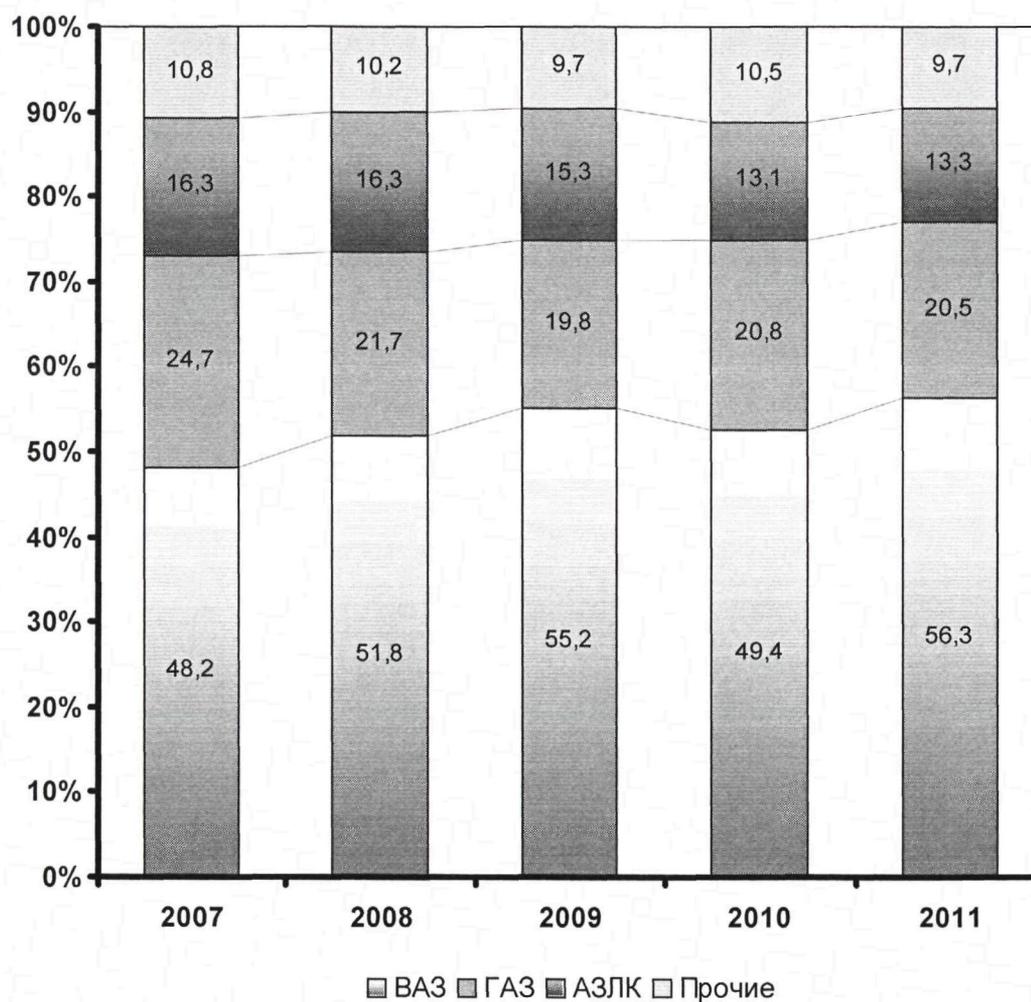


Рисунок 5.5 – Структура парка отечественных автомобилей по маркам, %

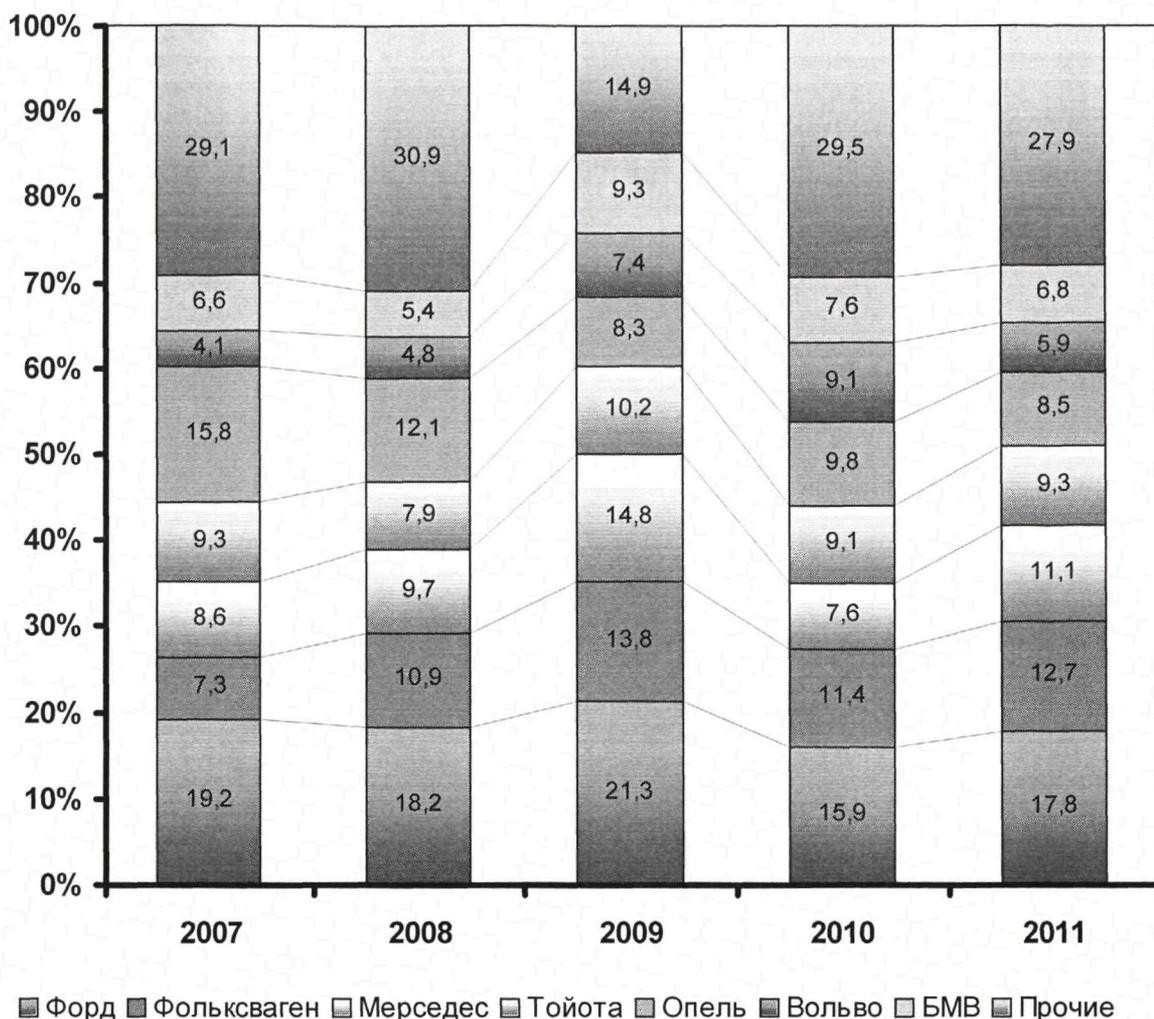


Рисунок 5.6 – Структура парка зарубежных автомобилей по маркам, %

Во время проведения анализа во внимание были приняты три критерия: уровень коррозионных разрушений кузова; количество и сложность механических повреждений; уровень разукomплектованности. В целом по рассматриваемым показателям имеет место стабильное изменение характеристик, объясняемое рядом причин. В частности доля автомобилей выбывших из эксплуатации не имевших при этом существенных коррозионных повреждения стабильно снижавшаяся за рассматриваемых период резко упала в 2009 году, как реакция владельцев автомобилей на кризисные явления того времени. Параллельно этой тенденции также наблюдается снижение доли автомобилей, имеющих серьезные коррозионные разрушения, однако здесь заслуга не владельцев автомобилей, а городских властей, которые подобные автомобили в первую очередь относили к категории «брошенных и разукomплектованных» и вывозили на утилизацию принудительно.

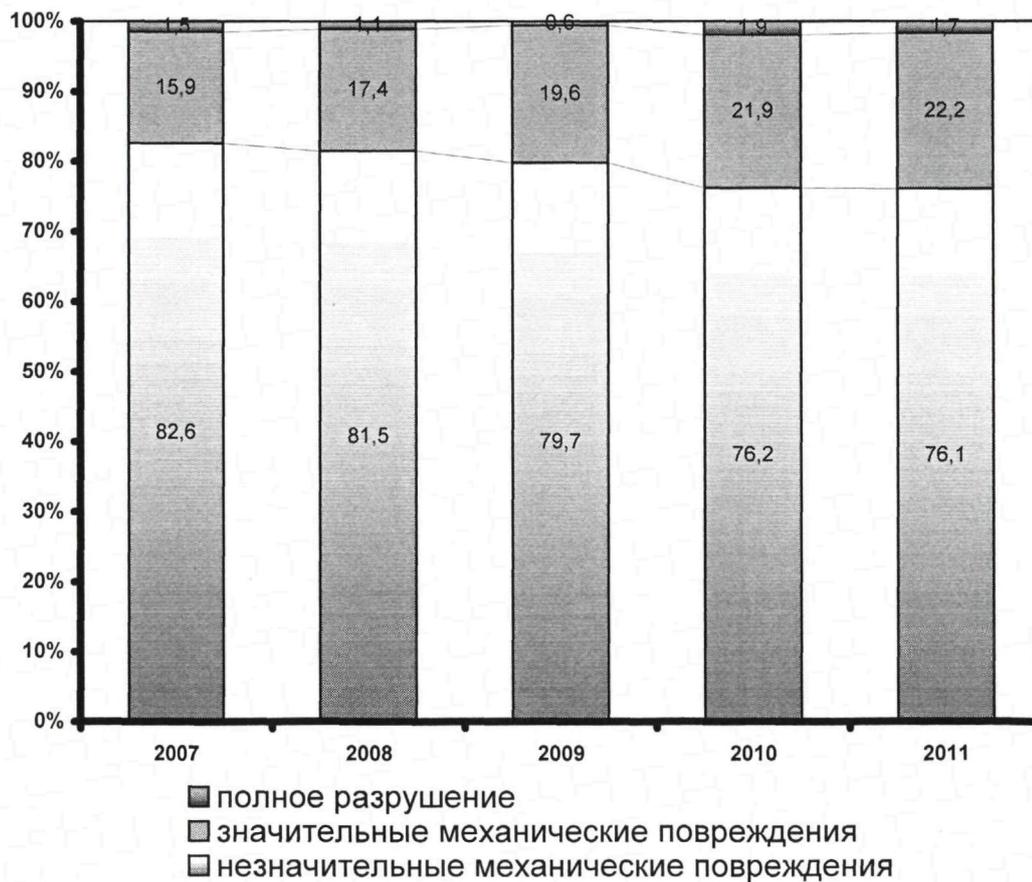
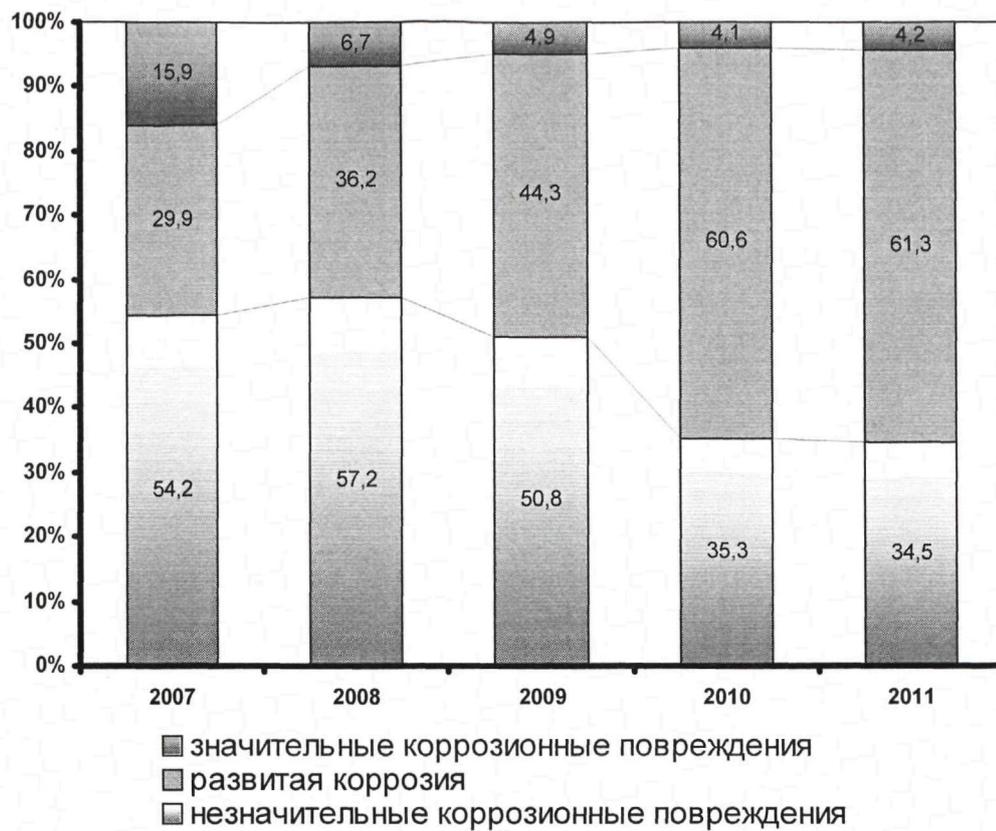


Рисунок 5.7 – Структура парка по техническому состоянию кузова, %

Доля автомобилей, имеющих механические повреждения из года в год возрастает, и наряду с коррозией дороговизна кузовного ремонта после дорожно-транспортных происшествий становится причиной выбытия автомобиля из эксплуатации. Единственный показатель, который за рассматриваемый период показал высокую стабильность и не имел явных тенденций к изменению, оставаясь на уровне близком к 10 %, стал уровень разукomплектованности автомобилей. Данный показатель имеет прямое отношение к нашему исследованию, поскольку элементы из пластмасс, требующие утилизации вместе с автомобилем практически в полном составе будут находиться в составе утилизируемого объекта.

В 2020 году ежегодное производство автомобилей в России может превысить 3,5 млн. штук в год. При этом, утилизации будут требовать до 2 млн. автомобилей в год, или около 15 млн. в течение текущего десятилетия. Потенциал выбытия изделий из пластмасс только от ТИТТМ может составлять уже в ближайшее время 120 тыс. тонн в год, что сопоставимо с образованием бытовых полимерных отходов от 25 млн. человек, это почти как все городское население Центрального федерального округа. Если не обращать на эту группу отходов внимание, как это делается сейчас, то общее количество полимеров различного назначения, выбывающих из использования в нашей стране, увеличится еще на 17 %.

5.2 Результаты моделирования и оптимизации постовых работ по утилизации ТИТТМ

В пределах данной задачи рассматривается последовательное прохождение утилизируемой техники через посты демонтажа деталей из пластмасс и сортировки по видам материалов. Как показано в главе 2, такую систему работы постов в рамках технологической линии утилизации можно рассматривать как двухфазную СМО с ожиданием, на которую поступает практически неограниченный поток требований (рис. 2.7). Поскольку для разных регионов может различаться структура парка утилизируемых ТИТТМ (доля сельскохозяйственной и специальной может варьироваться от 0 до 5 % от всего потока) на предприятии могут утилизироваться самые различные типы машин, включая тракторы, сложные сельскохозяйственные машины, автомобили и другие, то основная за-

дача моделирования и оптимизации заключается в получении таких обобщенных закономерностей и результатов, которые были бы применимы к любым типам машин в любых условиях в соответствии с равенствами (2.4)...(2.9). Следует отметить, что начавшие работу в 2010 году центры утилизации рассчитаны на работу только с легковыми автомобилями.

Поскольку в настоящее время отсутствуют экономические показатели, связанные с определением C_m , $C_{\phi 1}$ и $C_{\phi 2}$ в выражении критерия оптимальности (2.5), то можно пока ограничиться определением других технических показателей функционирования двухфазной системы диагностирования и утилизации. К таким показателям относятся число объектов, находящихся соответственно в первой фазе (на диагностировании) m_{O1} и во второй фазе (на утилизации) m_{O2} , а также соответствующие вероятности простоя указанных фаз P_{O1} и P_{O2} в зависимости от соотношений $\alpha_1 = \lambda/\mu_1$ и $\alpha_2 = \lambda/\mu_2$ между плотностью потока требований λ и интенсивностями μ_1 и μ_2 обслуживания в каждой фазе.

Обобщенный график зависимости m_{O1} и m_{O2} соответственно от α_1 и α_2 приведен на рис. 5.8а. По графику в зависимости от α_1 можно определить значение m_{O1} в соответствии с формулой (2.6) и m_{O2} в зависимости от α_2 . Значения m_{O1} и m_{O2} с ростом соответственно α_1 и α_2 возрастают по гиперболической зависимости.

Если задаться приемлемыми значениями m_{O1} и m_{O2} с учетом производственных площадей, то можно определить соответствующие значения α_{10} и α_{20} . Затем при заданной плотности потока требований λ_0 можно определить требуемые интенсивности обслуживания $\mu_{10} = \lambda_0/\alpha_{10}$ и $\mu_{20} = \lambda_0/\alpha_{20}$.

Например, если в каждой фазе можно расположить только три машины ($m_{O1}=3$, $m_{O2}=3$), то как показано на рис. 5.8а, получим $\alpha_{10} = \alpha_{20} = 0,745$.

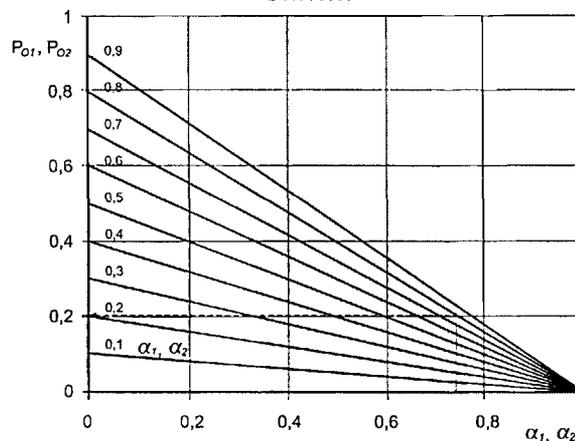
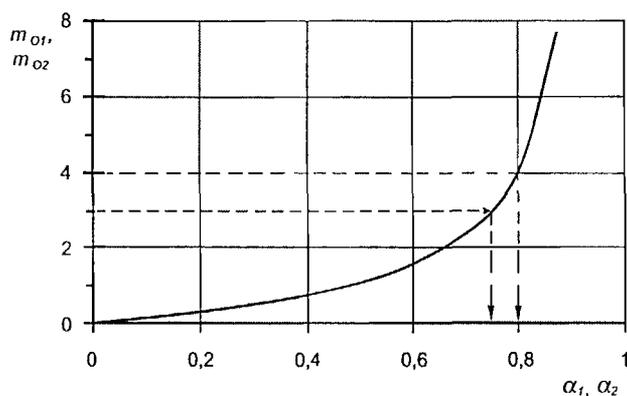
При плотности потока требований $\lambda_0 = 1,5$ получим требуемые интенсивности обслуживания $\mu_{10} = \mu_{20} = \lambda_0/\alpha_{10} = 1,5/0,745 = 2,03$.

Аналогичное решение можно выполнить и при разных значениях m_{O1} и m_{O2} . Например, если в первой фазе можно разместить три машины ($m_{O1}=3$), а во второй – четыре ($m_{O2}=4$), то на графике (рис. 5.8а) получим $\alpha_{10} = 0,745$, $\alpha_{20} = 0,8$. При этом необходимы интенсивности обслуживания $\mu_{10} = 1,5/0,745 = 2,03$ и

$\mu_{20}=1,5/0,8=1,875$. По значениям μ_{10} и μ_{20} можно определить требуемое количество постов, а также слесарей-разборщиков или сортировщиков.

Обобщенный график зависимостей количества объектов в каждой из фаз в зависимости от приведенной плотности потока требований

Обобщенные графики зависимостей вероятности простоя постов в каждой из фаз в зависимости от приведенной плотности потока требований



а

б

Рисунок 5.8 – Зависимости для определения характеристик постов

При известных значениях α_1 и α_2 по формулам (2.8) и (2.9) получим соответствующие вероятности простоя поста демонтажа P_{O1} и сортировки P_{O2} . Соответствующие графики зависимостей P_{O1} и P_{O2} от α_1 и α_2 приведены на рис. 5.8б.

Например, для первого случая при $\alpha_{10}=\alpha_{20}=0,745$ получим $P_{O1}=P_{O2}=0,21$, как показано на рис. 5.8б стрелками.

При $\alpha_{10}=0,745$, $\alpha_{20}=0,8$ для определения P_{O1} значение α_{10} откладываем по оси абсцисс, а α_{20} – на соответствующем луче. При этом получим $P_{O1}=0,21$. Аналогичным образом при определении P_{O2} значение $\alpha_{20}=0,8$ берем по оси абсцисс, а $\alpha_{10}=0,745$ – по лучу. При этом получим, как показано штриховыми линиями, $P_{O2}=0,166$.

На основании приведенных зависимостей можно решить и обратную задачу (синтеза или проектирования) постов демонтажа и сортировки. Для этого на рис. 5.8б задаемся желаемыми значениями P_{O1} и P_{O2} и определяем соответствующие им α_{10} и α_{20} , затем на рис. 5.8а получим m_{O1} и m_{O2} и соответствующие им производственные площади.

5.3. Результаты моделирования и оптимизации участковых работ по утилизации автотракторной техники

При работе с площадкой накопления выбракованных компонентов ТиГТМ под n_p следует подразумевать вместимость накопителя по количеству принимаемых к измельчению контейнеров с пластиковыми деталями, рассортированными по видам и подлежащими дальнейшему измельчению на гранулы.

В производственных условиях оперативные расчеты с достаточной точностью можно проводить по формулам (2.14, 2.15) с получением соответствующих оптимальных параметров участков рассматриваемого вида. При этом путем соответствующего выбора приемлемой вероятности отказа в обслуживании $P_{откд}$ можно учесть и другие производственно-технологические факторы местного характера. Предварительно можно предположить, что частное $C_p/(C_H+C_T)$ в (2.14) будет меньше единицы или ненамного будет превосходить единицу. Поскольку $P_{отк} < 1$, то в расчетах приближенно можно принять наиболее вероятный диапазон изменения обобщенного параметра

$$P_o = \left(\frac{C_p}{C_H + C_T} \right) P_{откд} < 1. \quad (5.1)$$

Наличие оптимального значения λ_{opt} по критерию (2.13) наглядно видно из графика зависимости $\bar{C}_{PH} = f_c(\lambda)$ на рис. 5.9.

Основная задача в данном случае заключается в определении вместимости накопителя по количеству требований n_p в зависимости от $P_{отк}$ в обслуживании и соотношения $\alpha = \lambda/\mu$ между плотностью потока требований λ и интенсивностью их обслуживания μ , определяемой в виде

$$\mu = \frac{1}{t_{обс}},$$

где $t_{обс}$ – средняя продолжительность обслуживания всей группы требований, принимаемых за один раз из накопителя.

Графики соответствующих зависимостей $n_p = f_n(\alpha, P_{отк})$ для всего возможного диапазона изменения α и $P_{отк}$ представлены на рис. 5.10.

Из полученных зависимостей наглядно видно, что с увеличением α требуемая вместимость накопителя n_p возрастает почти по линейному закону. При этом с уменьшением вероятности отказа $P_{\text{ОТК}}$ в обслуживании значение n_p при одном и том же α увеличивается с нарастающим темпом.

Для удобства анализа и окончательного выбора значения вместимости накопителя n_p от $P_{\text{ОТК}}$ в диапазоне значений $\alpha=0,5\dots 4$ разработана таблица 5.1 и зависимость, представленная на рисунке 5.11.

Таблица 5.1 – Зависимости вместимости накопителя n_p от параметра α при различных значениях $P_{\text{ОТК}}$

| α | n_p при $P_{\text{ОТК}}$ | | | | | | |
|----------|----------------------------|------|------|------|------|-----|-----|
| | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,2 | 0,3 |
| 0,5 | 4 | 3 | 2,5 | 1,5 | 1 | - | - |
| 1,0 | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | - |
| 1,5 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2,0 | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 2,5 | 14 | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| 3,0 | 16 | 14 | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 |
| 3,5 | 19 | 16 | 14 | 11 | 9 | 7 | 5 |
| 4,0 | 21 | 19 | 16 | 14 | 11 | 9 | 7 |

Из представленной таблицы наглядно видно, что с увеличением α требуемая вместимость накопителя n_p возрастает почти по линейному закону. При этом с уменьшением вероятности отказа $P_{\text{ОТК}}$ в обслуживании значение n_p при одном и том же α увеличивается с нарастающим темпом.

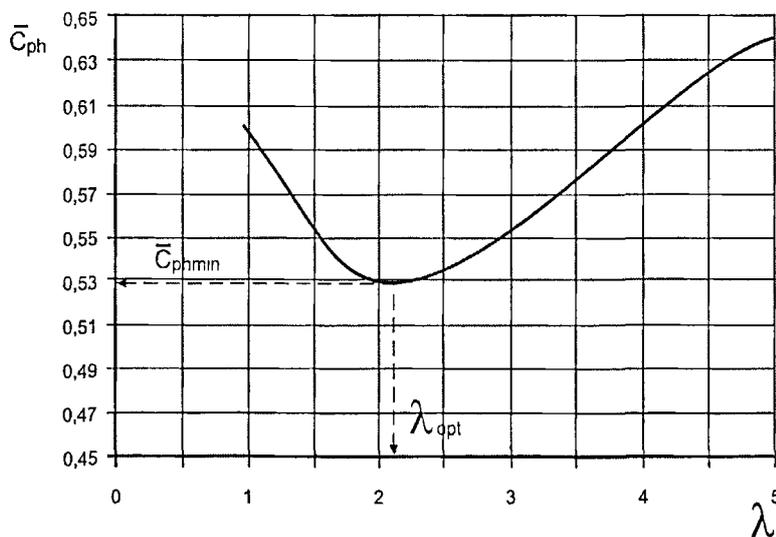


Рисунок 5.9 - График зависимости удельной стоимости простоя технологического оборудования от плотности потока требований

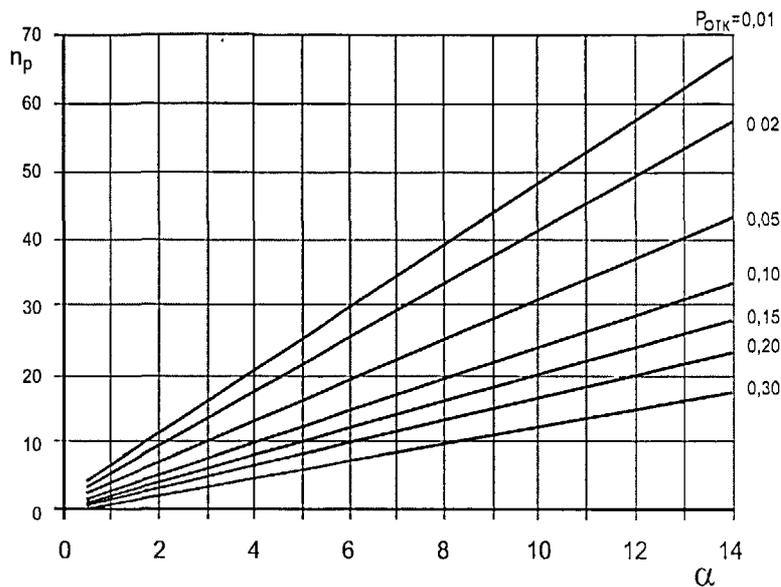


Рисунок 5.10 – Зависимости вместимости накопителя от приведенной плотности потока заявок при различных значениях вероятности отказа в обслуживании

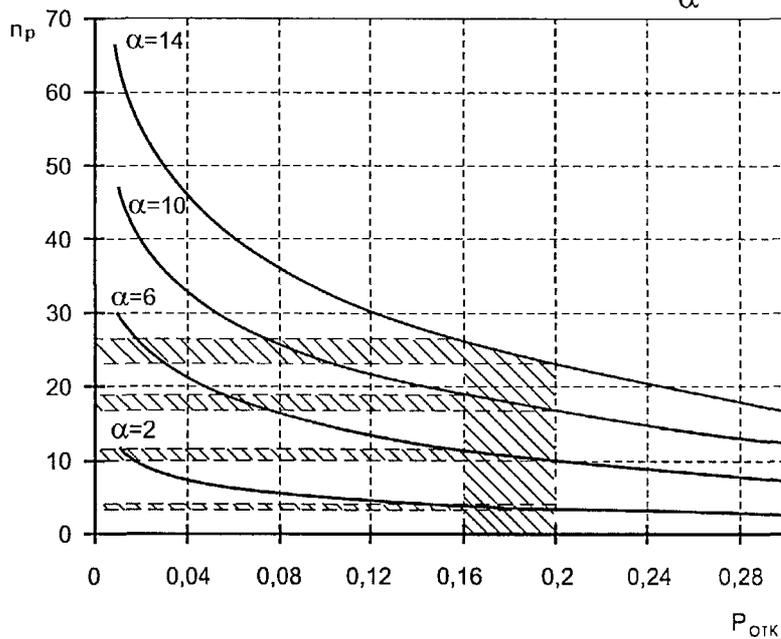


Рисунок 5.11 – Зависимости вместимости накопителя от вероятности отказа в обслуживании при различных значениях приведенной плотности потока заявок

При значениях $P_{\text{ОТК}} < 0,15$ потребная вместимость накопителя n_p резко возрастает, соответственно увеличиваются затраты, связанные с ростом n_p . С другой стороны при $P_{\text{ОТК}} > 0,15$ возрастают убытки перерабатывающего предприятия из-за потери заказов, что является менее критичным. С учетом затрат, связанных с простоем технологической линии, в качестве рациональной области для выбора значений $P_{\text{ОТК}}$, а, соответственно и n_p предлагается диапазон значений $P_{\text{ОТКр}} = 0,16 \dots 0,20$.

Исходя из объемов образования принимается решение о размещении измельчительного оборудования непосредственно на предприятии, а также подбирается его модель исходя из потенциального образования объема демонтированных деталей различных видов [122, 148] (таблица 5.2).



Рисунок 5.12 – Исходный и конечный вид после измельчения демонтированных деталей из пластмасс

Таблица 5.2 – Характеристики измельчителей (шредеров) при переработке различных видов компонентов

| Модель измельчителя | Производительность на измельчении, кг/час | | |
|---------------------|---|------------|-------------|
| | Фары | Сиденья | Бамперы |
| G15 | 250 - 450 | 300 - 450 | 300 - 400 |
| G30 | - | 700 - 1200 | 600 - 800 |
| H50 | - | - | 650 - 900 |
| H100 | - | - | 1200 - 1500 |

5.4. Эколого-экономическая оценка ущерба, причиняемого окружающей среде невовлечением в процесс утилизации пластмассовых деталей

Под «эколого-экономическим» ущербом от генерации загрязнений, при выбросе загрязнений в окружающую среду и при воздействиях загрязнений на реципиентов часто понимают дополнительные затраты, которые общество (в том числе физические лица) несет при возникновении последствий от генерации выброса и действия загрязнений на реципиентов. Эти дополнительные затраты, однако, реально никогда не бывают известны в силу многих непреодолимых обстоятельств. В частности, практически невозможно предсказать «натурально-вещественные» последствия выброса той или иной порции поллютантов в окружающую среду из определенного источника. [123]

Экологический ущерб оценивается как затраты общества, связанные с изменением окружающей среды и складывается из следующих затрат [24]: дополнительные затраты общества в связи с изменениями в окружающей среде; затраты на возврат окружающей среды в прежнее состояние (до загрязнения); затраты на компенсацию риска для здоровья людей; дополнительные затраты общества в связи с безвозвратным изъятием части дефицитных природных ресурсов.

Ущерб обществу от загрязнения окружающей среды проявляется на деятельности отдельных объектов, оказывающихся под его воздействием: население; объекты жилищно-коммунального и промышленного хозяйства; сельскохозяйственные угодья; водные ресурсы; лесные ресурсы. Для каждого объекта влияния учитываются элементы дополнительных расходов (табл.5.3.).

Экологический ущерб можно определять по детализированным элементам воздействия, и укрупнено по сферам воздействия. Детализированный расчет базируется на данных объекта-аналога, фактических статистических материалах, экспертных оценках. При укрупненном расчете выделяют три группы сфер влияния (атмосфера, вода, земля), по которым имеются государственные и отраслевые укрупненные оценки удельного ущерба.

Таблица 5.3. Элементы дополнительных расходов из-за загрязнения окружающей среды

| Объекты влияния | Элементы дополнительных расходов |
|--------------------------------|--|
| Население | Медицинское обслуживание, оплата лечебных отпусков, компенсация невыходов на работу, страхование жизни людей, транспортные расходы по доставке в опасные зоны. |
| Жилищно-коммунальное хозяйство | Ремонт и содержание зданий, уборка территорий, износ рабочей одежды, содержание зеленых насаждений, износ транспорта, ремонт и содержание металлоконструкций. |
| Сельскохозяйственные угодья | Потери (потенциально возможного) урожая, транспортные расходы по доставке урожая. |
| Вода | Потери (потенциально возможного) вылова рыбы, дополнительная очистка при обеспечении населения водой. |
| Лесные ресурсы | Потери продуктивности леса (древесина, ягоды, трава, грибы и т.п.), тушение пожаров. |

Предлагается формула укрупненной оценки ущерба, причиняемого земельным ресурсам [24]

$$Y = S \cdot \varphi(\lambda) \cdot (d_1(\lambda) + d_2(\lambda)), \quad (5.2)$$

где S - площадь нарушенных земель, га; λ - влияющие факторы; $\varphi(\lambda)$ - годовой нормативный экологический ущерб, руб./га; $d_1(\lambda)$ - расчетный коэффициент рекультивации земли без учета степени освоенности территории; $d_2(\lambda)$ - коэффициент степени освоенности территории.

Зависимости $\varphi(\lambda)$, $d_1(\lambda)$ и $d_2(\lambda)$ определяются нормативными таблицами.

Ущерб от выбросов в водные объекты определяется по формуле

$$Y = y \cdot k(\lambda) \cdot \left(\sum_i a_i(\lambda) \cdot m_i \right), \quad (5.3)$$

где: y - нормативный экологический ущерб, руб./усл.т; $k(\lambda)$ - безразмерный коэффициент, зависящий от места расположения водоема на территории страны; $a_i(\lambda)$ - показатель относительной опасности сброса примеси i -го вида в водоем, усл.т/т; m_i - масса сброса примеси i -го вида в водоем, т/год. Зависимости $k(\lambda)$ и $a_i(\lambda)$ задаются нормативными таблицами. Значение $a_i(\lambda)$ может быть определено по формуле

$$a_i(\lambda) = \frac{1}{\text{ПДК}}, \quad (5.4)$$

где ПДК - предельно допустимая концентрация примесей i -го вида в водных объектах.

Если для выбрасываемого вещества ПДК не определена, то

$$a_i(\lambda) = 5 \cdot 10^4 \text{ усл.т} / \text{т}.$$

Ущерб от выбросов в атмосферу определяется по формуле

$$Y = \Psi \cdot \sigma(\lambda) \cdot f(\lambda) \cdot \left(\sum_i a_i(\lambda) \cdot m_i \right), \quad (5.5)$$

где Ψ – нормативный экологический ущерб от выбросов в атмосферу, руб./усл.т; $\sigma(\lambda)$ - показатель, характеризующий относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от типа территории; $f(\lambda)$ - коэффициент, учитывающий характер рассеивания примеси в атмосфере; $a_i(\lambda)$ - показатель относительной агрессивности примеси i -го вида, усл. т/т; m_i - масса годового выброса примеси i -го вида в атмосферу, т/год.

Зависимости $\sigma(\lambda)$, $f(\lambda)$ и $a_i(\lambda)$ задаются нормативными таблицами.

Правительством РФ устанавливаются три норматива платы за выбросы: в пределах допустимых объемов выбросов; в пределах установленных лимитов выбросов; сверх максимально допустимого объема выбросов. Размер второго норматива в пять раз выше первого, а размер третьего – в пять раз выше второго.

Правительством РФ установлены следующие источники платежей за загрязнение окружающей природной среды: платежи за выбросы в пределах допустимых нормативов осуществляются за счет себестоимости продукции; платежи за выбросы сверх допустимых нормативов осуществляются за счет прибыли предприятия. В себестоимость продукции включаются текущие затраты, связанные с содержанием и эксплуатацией очистных сооружений, золоуловителей, фильтров и других природных объектов, расходы на захоронение экологически опасных отходов, по оплате услуг за прием, хранение и уничтожение экологически опасных отходов и сточных вод. Размер платежей предприятия за загрязнение окружающей среды может уменьшаться на величину расходов по разработке и внедрению природоохранных мероприятий. Не подлежат зачету теку-

щие затраты на газопылеулавливающие установки, дымососы, газоотходы, являющиеся элементами технологических процессов.

Оценка эффективности системы обращения с вышедшей из эксплуатации техникой и ее компонентами имеет две составляющие – экономическую (затраты, прибыль, рентабельность, окупаемость) и экологическую (экологический ущерб, наносимый окружающей среде при загрязнении воздуха, воды, почвы). В обоих случаях соответствующие показатели оцениваются в рублях (или другой валюте) и затем непосредственно сравниваются, на основании чего впоследствии делается заключение об экономической эффективности экологических мероприятий в процессах сбора, утилизации и захоронении списанной техники и ее переработанных остатков.

Для того чтобы выявить реципиентов, на которые оказывают воздействие невовлеченная в сбор и переработку техника, а также определить реципиентов, наиболее сильно подверженных влиянию негативного воздействия, предлагается использовать методику оценки вреда при загрязнении и захламлении почвы и водной среды не в денежном выражении, а с использованием системы специальных индикаторов, приведенных в [24]. Они учитывают такие негативные моменты как влияние на климат, образование кислотных осадков, риск онкологических заболеваний.

В этой методике загрязнение воды, воздуха, почв вредными веществами, потребление сырья, других видов природных ресурсов (включая отчуждение земли), другие виды негативного воздействия, возникающие при обращении с вышедшей из эксплуатации техники, оцениваются с использованием расчетно-экспериментальных моделей, разработанных в МАДИ (ГТУ).

Далее на этапе оценки эффективности, все полученные значения уровней загрязнения окружающей среды разными веществами объединяются в систему с выделением различных видов (характеристик) воздействия (положительных или негативных) и соотносятся по отношению к какому-нибудь веществу, принятому в качестве индикатора.

В качестве индикаторов эффекта захламления почвы был выбран ущерб от захламления почвы, выраженный в свинец-эквиваленте, а индикатором загрязнения воды нефтепродуктами, антифризами и кислотами выбран коэффициент относительной эколого-экономической опасности, выраженный в электро-

лит-эквиваленте.

Анализ факторов указывают на то, что основную нагрузку от вредного воздействия невовлеченных в сбор и переработку ТигТМ несут такие реципиенты, как почва (захламление) и водные ресурсы. Таким образом, при определении экономической оценки ущерба, причиняемого окружающей среде невовлеченной в процесс сбора и переработки ТигТМ необходимо определять ущерб от загрязнения почвы и водных ресурсов.

Предлагается подход к проведению данной оценки с помощью методик определения ущерба от загрязнения окружающей среды химическими веществами, применяемых согласно «Порядка определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» применительно к почве - ($Y_{поч}$) и «Временной методике определения предотвращенного экологического ущерба» применительно к водным ресурсам.

Экономическая оценка ущерба (Y), причиняемого окружающей среде невовлеченной в процесс сбора и переработки автотракторной техники определяется по формуле

$$Y = Y_{поч} + Y_{вод}. \quad (5.5)$$

При оценке фактора загрязнения почв и земель нужно иметь ввиду то обстоятельство, что земля – это пространственный хозяйственный ресурс, и одновременно транзитная среда при переносе загрязнений по пищевым цепям, при выносе загрязнений в водоемы со стоком по рельефу местности и т.д. Поэтому загрязнение почв приводит к двойным последствиям: оно вызывает к жизни всю поллютивную цепочку, вплоть до социально-экономических последствий загрязнения и одновременно суживает возможности использования загрязненного участка вплоть до его полного исключения из хозяйственного оборота.

Почвы относятся к землям разного вида землепользования. Даже при «укрупненном» подходе к оценке фактора загрязнения почв следует различать: городские земли в районах массовой застройки, занятые зданиями, покрытые асфальтом; земли, занятые одноэтажной застройкой и приусадебными участками в городах, поселках и деревнях; лесные земли в лесах различных групп, имеющих различную интенсивность использования недревесных ресурсов; пахотные земли; сенокосы; другие сельхозугодия; земли, занятые дорогами

и транспортными магистралями (с прилегающей полосой землеотвода); территории, занятые дорогами и транспортными магистралями (с прилегающей полосой землеотвода); территории, занятые промышленными предприятиями; территории их санитарно-защитных зон; другие земли.

Динамика поведения в окружающей среде и в цепях питания антропогенных загрязнений, попадающих в почвы в качестве побочного продукта деятельности человека, либо вносимых сознательно, сложна и во многом аналогична таковой для радиоактивных веществ. Она зависит в частности от исходной физико-химической формы поллютанта, параметров почвы, климата, рельефа местности, характера использования почв [24].

Ранее было установлено, что основным видом негативного воздействия на земельные ресурсы невовлеченной в сбор и переработку автотракторной техники является захламление территории, то предлагается определить размер ущерба по скорректированной формуле от загрязнения земель несанкционированными свалками отходов, рассчитываемый по формуле

$$U_{\text{поч}} = \sum_{i=1}^n H_n(i) \cdot M(i) \cdot K_z(i) \cdot K_a, \quad (5.7)$$

где $U_{\text{поч}}$ - размер платы за ущерб за загрязнение земель одним или несколькими (от 1 до n) видами отходов, руб.; $H_n(i)$ - норматив платы за захламление земель одной тонной (м^3) отходов i -го вида, руб./т., определяемый согласно табл.10 «Порядка...».

Класс опасности определяется согласно «Временному классификатору токсичных и промышленных отходов» и «Методическим указаниям по определению класса опасности токсичных промышленных отходов»; $M(i)$ - масса отхода i -го вида, т.; K_z - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i -го экономического района согласно табл.6 «Порядка...»; K_a - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель согласно приложению 4 «Порядка...».

Определим значения соответствующих показателей, требуемых для проведения расчета: $H_n(i)$ - АТС состоит из компонентов, относящихся к различным классам опасности, поэтому использовалась средняя величина платы за размещение отходов III и IV класса, 372,7 руб./т.; $M(i)$ - средняя масса пласт-

массовых деталей принимается равной 60 кг (0,06 т); K_3 - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории Центрального экономического района равен 1,6; $K_в$ - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель равен 10.

Таким образом, экономический ущерб от загрязнения земель несанкционированными свалками пластиковыми отходам от одной ТиТТМ, невовлеченной в процесс сбора и утилизации составляет

$$U_{поч} = 372,7 \cdot 0,06 \cdot 1,6 \cdot 10 = 358 \text{ руб.}$$

Ежегодно численность техники выбывающей из эксплуатации и не востребованной на вторичном рынке на примере контрольного района (пункт 5.1), составляет 610...652 единицы. Однако, на каждую невостребованную единицу техники приходится свыше трех (в среднем 3,35 единицы) «растворяющихся» в небольших частных сервисных предприятиях, а остальная часть захламляет территорию. На основе этих исходных данных определим величину экономическую ущерба, причиняемого почве компонентами из пластмасс, невовлеченными в процесс сбора и повторного использования.

Для нашего примера: $U_{поч} = 358 \times 652 \times 3,35 = 781367$ руб.

Экономическую оценку ущерба, причиняемого водным ресурсам невовлеченной в процесс сбора и утилизации техники позволяет оценить «Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба». Оценка величины предотвращенного ущерба от загрязнения водной среды проводится на основе региональных показателей удельного ущерба, представляющих собой удельные стоимостные оценки ущерба на единицу (1 условную тонну) приведенной массы загрязняющих веществ. Расчетные формулы имеют следующий вид

$$U_{пр}^B = \sum_{j=1}^N H_{удрj}^B \cdot \Delta M_r^B \cdot K_{\rho}^B \cdot J_{д}, \quad (5.8)$$

где $\Delta M_r^B = M_1^B - M_2^B$, $U_{пр}^B$ - эколого-экономическая оценка величины предотвращенного ущерба водным ресурсам в рассматриваемом г-том регионе, (далее - предотвращенный ущерб), тыс. руб./год; $U_{удг}^B$ - показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам, наносимого единицей (условная

тонна) приведенной массы загрязняющих веществ на конец расчетного периода для j-го водного объекта в рассматриваемом r-том регионе, руб./усл. т.; M_1^B, M_2^B – приведенная масса сброса загрязняющих веществ в водные объекты рассматриваемого региона, соответственно, на начало и конец расчетного периода, тыс.усл.тонн; определяется согласно п. 3.1.2. «Временной методики...»; ΔM_r^B – приведенная масса загрязняющих веществ, снимаемых (ликвидируемых) в результате природоохранной деятельности и осуществления соответствующих водоохраных мероприятий в r-том регионе в течение расчетного периода, тыс.усл.т./год.; K_{\odot}^B – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек; J_d – индекс-дефлятор по отраслям промышленности.

Приведенная масса загрязняющих веществ рассчитывается по следующей формуле:

- для k-го конкретного объекта или направления водоохранной деятельности в регионе

$$M_K^B = \sum_{i=1}^N m_i^B \cdot K_{\odot i}^B; \quad (5.9)$$

- для r-го региона (района) в целом:

$$M_r^B = \sum_{k=1}^K M_K^B, \quad (5.10)$$

где m_i^B - масса фактического сброса i-го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности в водные объекты рассматриваемого региона, т./год; $K_{\odot i}^B$ - коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i-го загрязняющего вещества или группы веществ; i - номер загрязняющего вещества или группы веществ; N - количество учитываемых загрязняющих веществ.

В структуре ущерба, наносимого водной среде Москвы основная роль принадлежит отработанному маслу, антифризу, аккумуляторному электролиту и свинцу, поэтому далее будет рассчитываться величины ущерба для данных веществ.

Расчет экономической оценки ущерба, причиняемого водным ресурсам, невовлеченной в сбор и переработку техники приведен ниже.

Определим значения соответствующих показателей, требуемых для проведения расчета: $Y_{удг}^B$ – показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам составляет 9480,1 руб./усл.т., K^B – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек равен 1,2; J_d – индекс-дефлятор по отраслям промышленности не учитывается, m_i^B – масса фактического сброса i -го загрязняющего вещества т./год.

Для примера: масса масла остающегося в агрегатах после слива и теряемого при разборочных работах составляет в среднем 0,72 кг.; масса антифриза, оставшегося в системе охлаждения и проливаемого при демонтажных работах – 0,65 кг. Так как количество списанных ТиТТМ для нашего примера составляет 661, то соответственно общая масса загрязняющих веществ за год составит: масса масла – 0,47 т.; масса антифриза (этиленгликоля) – 0,424 т.

K^B – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i -го загрязняющего вещества составляет: для масла = 20,00, для этиленгликоля = 3,5.

ΔM^B – приведенная масса загрязняющих веществ, согласно приведенной выше формуле составит: для масла: $\Delta M = 0,47 * 20 = 9,52$ т/год; для этиленгликоля $\Delta M = 0,424 * 3,5 = 1,484$ т/год.

Рассчитаем величину предотвращенного ущерба от загрязнения водной среды для каждого загрязняющего элемента: для масла $Y_{масло} = 9480,1 * 9,52 * 1,2 = 108345$ руб./год; для этиленгликоля $Y_{этилен} = 9480,1 * 1,484 * 1,2 = 16882$ руб./год.

Общая величина ущерба, причиняемого водной среде Москвы наиболее негативно воздействующими на неё веществами составляет:

$$Y_{вода} = Y_{масло} + Y_{этилен} = 108435 + 16882 = 125227 \text{ руб./год.}$$

Величина экономического ущерба (Y), причиняемого окружающей среде невовлеченных в процесс сбора и утилизации ТиТТМ, согласно формуле (5.5) составляет

$$Y = Y_{поч} + Y_{вод} = 781367 + 125227 = 906594 \text{ руб./год.}$$

5.5. Определение основных экономических показателей

Наряду с предотвращенным экологическим ущербом переработка пластмасс утилизируемых ТиТТМ при определенной подготовке может приносить экономические результаты частично, а при больших объемах возможно и пол-

ностью перекрывающих затраты на текущую деятельность и окупающие капитальные вложения. Расчёт экономической эффективности основан на методике [108] оценки технологических проектов предприятий технического сервиса к которым с полным правом относятся предприятия утилизации техники. Эффект определялся за расчётный период, продолжительностью четыре года, принятый в соответствии со сроком службы оборудования, применяемого на производстве.

К основным исходным данным относим: количество работников – 2 чел.; заработная плата сортировщиков – 30000 руб/мес.; заработная плата внешнего системного администратора – 5000 руб/мес.; средняя перспективная масса полимеров в автомобиле – 100 кг.; стоимость вторичных полимеров – 20 руб./кг; утилизируемые автомобили (на примере контрольного района – 661 шт.; средняя масса медной жилы автомобильной проводки – 10 кг.; стоимость вторичного медного лома – 102 руб./кг.

К основному оборудованию постов демонтажа и переработки пластмассовых изделий относятся: гидравлический пресс для утилизации проводки – 120000 руб.; штабелер гидравлический ручной Lema 1016, 1 ед. – 38600 руб.; тара ячеистая для штучных грузов, 16 ед. – 16 x 8000 руб.; камеры наблюдения, 2 шт. – 2 x 6000 руб.; ЭВМ – 30000 руб.; камеры видео наблюдения, 2 шт. – 2 x 6182 руб.; табло светодиодное Т-256С, 1 шт. – 1820 руб.; материалы для монтажа – 6000 руб. Итоговое значение 348784 руб.

Основные характеристики сведём в таблицу, не приводя детально расчёт, построенный по методике [108].

Таблица 6.2 Результаты расчета экономической эффективности участка утилизации пластиковых деталей за расчетный период

| Показатель | Усл. обозначение | Значения |
|---|------------------|----------|
| Капитальные вложения, руб. | КВ | 348784 |
| Стоимостная оценка результатов (доход), руб | P_T | 1996220 |
| Стоимостная оценка затрат, руб. | Z_T | 1026811 |
| Экономический эффект, руб. | \mathcal{E}_T | 969409 |
| Сроки окупаемости капитальных вложений, лет | T_0 | 0,35 |

5.6. Выводы по главе 5

1. Определено оптимальное значение плотности потока требований $\lambda_{opt}=2,25$ для предприятий по утилизации ТнТТМ.

2. Эффективная работа постов демонтажа и сортировки пластиковых деталей, арендуемых предприятием мобильных измельчителей полимерных отходов, выполняющих работы с предварительным накоплением заявок обеспечивается при вероятности отказа в обслуживании в диапазоне $P_{\text{ОТК}}=0,15...0,20$ и вместимости накопителя $n_p=3...4$ при сочетаниях плотности потока требований и интенсивности их обслуживания $\alpha=2$, $n_p=5...7$ при $\alpha=3$, $n_p=9...11$ при $\alpha=4$. При плотности потока требований $\alpha \leq 1$ и $P_{\text{ОТК}} > 0,2$ организация накопителя нецелесообразна.

3. Посредством организации эколого-ориентированной ресурсосберегающей технологии утилизации предотвращен ущерб, наносимый земельным ресурсам несанкционированными свалками вышедшей из эксплуатации и невовлеченной в процесс сбора и утилизации техники (661 единицы), в размере 781367 руб./год; водным ресурсам – 125227 руб./год.

5. Экономический эффект от возможного практического применения проектных предложений и вовлечения того же количества техники в переработку, составит свыше 900000 руб. за расчетный период, равный четырем годам в ценах 2012 года.

Общие выводы

1. Применение пластмасс в конструкции транспортных и транспортно-технологических машин варьируется в диапазоне от 0,5 до 15 % по массе в зависимости от типа и периода разработки, с тенденцией дальнейшего увеличения. Доля пластмасс в конструкции легковых автомобилей достигает 15 %, грузовых автомобилей – 5 %, сельскохозяйственной и специальной технике – от 0,5 до 2 %.

2. Анализ количества и состава материалов, образующихся в рамках существующих в нашей стране технологий утилизации, показывает, что свыше 25 % массы легкового автомобиля и до 10 % массы сельскохозяйственной и коммерческой техники, поступают на захоронение. Отходы, поступающие на захоронение, включают 57 % полимерных материалов, в том числе до 40 % термопластов, пригодных к повторному использованию по тому же назначению.

Исследованиями установлено, что доминирующее положение в потоке техники (на примере Москвы и Московской области), требующей утилизации занимают легковые автомобили – от 89 % в Москве до 75 % в области; доля грузовых автомобилей составляет соответственно 8 % и 17 %; сельскохозяйственная и специальная техника присутствует только в региональном парке с долей не превышающей 5 %.

3. Рациональное использование пластмассовых деталей, демонтированных со списанных ТИТТМ определяет необходимость включения в технологический процесс утилизации после операции демонтажа, операции сортировки по итогам которой демонтированные пластмассовые детали разделяются на группы по материалам и проходят дальнейшую переработку.

4. Эффективная взаимосвязанная работа средств демонтажа и сортировки деталей в условиях предприятий технического сервиса достигается путем представления в виде двухфазной системы массового обслуживания, для которой установлены рациональные сочетания плотности потока требований λ и интенсивностей их обслуживания в первой μ_1 и второй μ_2 фазах.

5. Определена продолжительность выполнения технологических операций, входящих в технологический процесс демонтажа пластмассовых деталей,

входящих в состав интерьера и экстерьера ТиТТМ. Выявлены основные недостатки утилизируемой техники, вызывающие задержки на постах при демонтаже, которые вызывают необходимость частой смены инструмента или изменения технологии демонтажа из-за разрушения крепежных элементов. Продолжительность демонтажа пластиковых деталей ТиТТМ варьируется в диапазоне от 60 до 140 минут в зависимости от вида техники и уровня ее разукomплектованности.

6. Эффективная работа участка измельчения предварительно рассортированных по видам материалов деталей, выполняющего работы с предварительным накоплением заявок обеспечивается при вероятности отказа в обслуживании в диапазоне $P_{отк}=0,16...0,20$ и вместимости накопителя $n_p=4...5$ при сочетаниях плотности потока требований и интенсивности их обслуживания $\alpha=2$, $n_p=10...12$ при $\alpha=6$, $n_p=17...19$ при $\alpha=10$.

7. Обоснован состав элементной базы системы распознавания маркировок пластмассовых деталей, позволяющей производить разделение массы поступающих с демонтажа деталей на группы материалов для дальнейшей переработки. Система может пользоваться для распознавания как кодами материалов, так и каталожными номерами деталей, нанесенными на поверхность. Разработано программное обеспечение, управляющее работой камер и распознающее рельефные маркировки с формулированием команд исполнителям.

8. Посредством организации ресурсосберегающей технологии утилизации пластмассовых деталей предотвращен ущерб, наносимый земельным ресурсам несанкционированными свалками, образованными вышедшими из эксплуатации и невовлеченными в процесс рециклинга компонентами ТиТТМ в размере 781367 руб./год; водным ресурсам – 125227 руб./год.

9. Экономический эффект от возможного практического применения проектных предложений и вовлечения того же количества компонентов в повторное использование, составит свыше 900000 руб. за расчетный период, равный четырем годам в ценах 2012 года.

Литература

1. Автоотходы в дело. //Авторынок. 2008. № 20. С. 12
2. Автомобили станут еще тише. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zr.ru/a/447743/>
3. Автомобильный справочник. Перевод с англ. – М.: Издательство «За рулем», 1999. – 896 с.
4. Айзинсон И.Л., Щелкунов В.П., Лунин А.С. Ударопрочные, морозостойкие и эластичные композиции на основе полиамида 6 и модифицированных эластомеров // Пластические массы. 2001. № 6. С. 14-16
5. Алдошин Н.В. Технологические процессы и организация утилизации техники. Монография. – М.: ООО «УМЦ «Триада», 2010. – 123 с.
6. Алдошин Н.В., Митягин Г.Е., Кулдошина В.В., Джабраилов Л.М. Выбывшая из эксплуатации техника – источник вторичных ресурсов //Техника и оборудование для села. – 2008. № 5. С. 42 – 43
7. Алдошин Н.В. Моделирование процессов утилизации техники в системе технического сервиса АПК. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2010. 33 с.
8. Альяс Г.Э., Супрун В.Н. Кто виноват и что делать? // Вторичные металлы. 2008. № 6. С. 36 – 38
9. Анискин В.И., Барзилович Е.Ю., Полищук В.М. Вероятностные методы решения задач эксплуатации сельскохозяйственной техники. – М.: Сборник трудов ВИМ. Т.128. 1992. С. 11 – 77
10. Астанин В.К. К вопросу прогнозирования сроков службы пластмассовых изделий // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2006. № 1. С. 85 – 87
11. Астанин В.К. Построение гибкой производственной системы утилизации отслуживших сельскохозяйственных пластмассовых изделий // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2008. № 2. С. 108 – 109
12. Астанин В.К. Обоснование рационального технологического маршрута переработки отслуживших пластмассовых изделий гибкой производственной системой // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2008. № 2. С. 104 – 108
13. Астанин В.К. Обоснование ресурсосберегающих технологий и средств утилизации полимерных отходов сельскохозяйственных предприятий. Автореферат диссер-

тации на соискание ученой степени доктора технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2009. 30 с.

14. Астанин В.К., Титова И.В., Худояров В.В. Мониторинг полимеров с учетом их кругооборота в регионе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2006. № 1. С. 88 – 89

15. Астанин В.К., Пухов Е.В. Комплексная система сбора и переработки отходов транспортных и технологических машин // Международный научный журнал, 2011. № 3. С. 95-99

16. Астрцов В.М., Пожидаев В.В., Полищук О.А., Корнеев В.Г. Территориально-производственные комплексы сбора, транспортировки, переработки и захоронения коммунальных отходов. – М.: ЦПП МО, 2007. – 38 с.

17. Апшина О., Страусова А. Конгресс переработчиков пластмасс исследовал динамичные сегменты рынка полимерных изделий // The Chemical Journal. 2007. № 11. С. 12-19

18. Барашкова Н. Создавая образ автомобиля // Пластикс, 2007. № 6. С. 28-33

19. Барсукова О.Л. и др. Окрашенные в массу пластмассы для колпаков колес автомобилей // Пластические массы. 2006. № 6. С. 28-29

20. Берендт Г., Набер Б.В. Вторичная переработка полиуретанов – возможность и реальность // Полимерные материалы. 2009. № 5. С. 16-21

21. Борисов Е. Новости под капотом // The Chemical Journal. 2006. № 12. С. 60

22. Бровман Т.В., Панасенков А.П. Специализированные прокатные станы для разрушения и измельчения изделий // Производство проката. 2009. № 3. С. 43-48

23. Бровман Т.В., Панасенков А.П. Усовершенствование технологического комплекса для переработки автотракторной техники // Техника и оборудование для села. 2012. № 3. С. 26-27

24. Васляев М.А. Разработка единой эколого-ориентированной системы сбора и утилизации вышедших из эксплуатации автотранспортных средств. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук 08.00.05 – М.: ГУУ, 2007. 205 с.

25. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

26. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.

27. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 100 с.

28. Власов Ю.А., Тищенко Н.Т. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования. – Томск: Издательство Томского архитектурно-строительного университета, 2004. – 277 с.
29. Воробьев-Обухов А. Ломать – не строить? // За рулем. 2006. № 5. С. 210 – 211
30. Дамшен К. Ремонт автомобильных кузовов – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 240 с.
31. Даньшина В.А. Развитие производства автотранспортных средств в России в посткризисный период. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук 08.00.05 – М.: МГТУ «МАМИ», 2009. – 165 с.
32. Джабраилов Л.М. Совершенствование транспортного обслуживания пунктов утилизации автотракторной техники. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2009. 166 с.
33. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Кулдошина В.В. Структура парка выбывших из эксплуатации автомобилей. Проблемы и перспективы утилизации // Международный научный журнал, 2008. № 4. С. 27 – 31
34. Дьяченко И.И. Принципы упорядочения обращения с отходами на этапе эксплуатации автотранспортных средств. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.10 – М.: МАДИ (ГТУ), 2002. 143 с.
35. Герасимов М.В. Авторециклинг в Москве: перспективы развития. // Твердые бытовые отходы. 2007. № 10. С. 52 – 61
36. Груздев А. Разборка у крепостной стены // Правильный автосервис. 2009. № 11. С. 7 – 10
37. Грузовые автомобили станут легче. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zr.ru/a/446980/>
38. Данилова Е. Грузовой российский авторынок – рай для переработчика // The Chemical Journal. 2008. № 5. С. 18 – 20
39. Девяткин В.В. Отходы как вторичные материальные ресурсы // Экология производства. 2007. № 2. С. 44 – 51
40. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Егоров Р.Н., Журилин А.Н., Авдеев Е.А. Основы проектирования производственных процессов утилизации автомобилей. Учебное пособие – М.: УМЦ «Триада», 2011. – 155 с.

41. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Авдеев Е.А., Бисенов М.К. Полимерные материалы: перспективы использования в автомобилестроении и проблемы утилизации. Учебное пособие – М.: ООО «Спектр», 2012. – 107 с.
42. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Авдеев Е.А., Бисенов М.К. Методика определения объема приема техники на утилизацию и радиуса обслуживания приемным пунктом //Международный научный журнал. – 2013. № 1. С. 91-84
43. Длин А.М. Математическая статистика в технике. – М.: Советская наука, 1988. – 466 с.
44. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
45. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. – С.-Пб.: НП «Региональное Энергетическое Партнерство», 2005. – 75 с.
46. Журилин А.Н. Разработка ресурсосберегающей технологии утилизации тракторной техники. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2010. – 166 с.
47. Завадский Ю.В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта. – М.: МАДИ, 1978. 156 с.
48. Завалишин Ф.С., Мощнев М.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. – М.: Колос, 1982. – 231 с.
49. Зангиев А.А., Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е. Повышение эффективности работы сервисных служб машинно-технологических станций. – М.: Агроконсалт, 2001. – 108 с.
50. Захаров А.М. Прогрессивные методы сбора вторичного сырья от населения. – М.: ЦНИИТЭИМС, 1980. – 26 с.
51. Зорин А.И. Утилизация сельскохозяйственной техники. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 2. С. 2 – 5
52. Зубарев С.В. Что делается для решения проблемы отработавшего электронного и электротехнического оборудования в Евросоюзе и в Китае // Рециклинг отходов. 2008. № 4. С. 20-25
53. Истомин М.А. Организационно-экономический механизм повышения качества продукции из пластмасс. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук 08.00.05 – Тамбов: ТГТУ, 2012. – 166 с.
54. Ищенко А.А. Авторециклинг: проблемы, решения, организационное и законодательное обеспечение // Вторичные металлы. 2008. № 6. С. 62 – 64
55. Калинин М. Стандарт есть стандарт // Новости авторемонта. 2007. № 9. С. 10 – 12

56. Калинин М. Некоторые практические рекомендации по кузовному ремонту. Пластики. – М.: ООО «АвтоИнформ Медиа», 2005. – 96 с.
57. Кацевман М.Л. и др. Новые высокотехнологичные композиционные термопласты для перспективных моделей автомобилей ВАЗ // Пластические массы. 2006. № 6. С. 26-28
58. Кибартаса А. Авторециклинг в странах Балтии. // Рециклинг отходов. 2007. № 2. С. 19 – 21
59. Ким С. Больше автополимеров // The Chemical Journal. 2006. № 10. С. 63
60. Ким С. Автополимеры снаружи // The Chemical Journal. 2006. № 10. С. 64-65
61. Ким С. Все отходы идут в Китай // The Chemical Journal. 2007. № 12. С. 40-41
62. Кобец А. Утилизация будущего // Авторевию. 2011. № 22. С. 18-19
63. Кобец А. Утилизация против ВТО // Авторевию. 2012. № 10. С. 10
64. Конкин М.Ю. Концептуальные основы и научное обеспечение технологической утилизации сельскохозяйственной. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2004. 38 с.
65. Конкин М.Ю. Утилизация составных частей машин в системе технического сервиса // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 12. С. 3 – 6
66. Конкин М.Ю., Романов С.А. Проблема утилизации автомобильных компонентов в России и пути ее решения // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2007. № 2. С. 120 – 122
67. Конкин М.Ю. Утилизация как завершающая стадия жизненного цикла машины // Международный научный журнал, 2011. № 5. С. 107-110
68. Корнилова Л.В. и др. Применение стеклонаполненного полипропилена в пластмассовых деталях автомобилей «ГАЗ» // Пластические массы. 2001. № 6. С. 45-46
69. Кулдошина В.В. Совершенствование технологических процессов и организации утилизации техники в системе технического сервиса АПК. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2008. 16 с.
70. Кулдошина В.В., Джабраилов Л.М. Теоретические основы проектирования предприятий приема выбывших из эксплуатации автомобильных компонентов и материалов // Международный технико-экономический журнал, 2007. № 4. С. 62-68
71. Кушнарев Л.И., Пучин Е.А. Основные направления развития системы технического сервиса в АПК // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2006. № 1. – С. 68 – 72

72. Левин В.С. и др. Организация сбора и использование отходов полимерных материалов. Обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИМС, 1977. – 16 с.
73. Лесконог Ю.А. Обоснование утилизации сельскохозяйственной техники // Международный научный журнал, 2011. № 5. С. 115-118
74. Лунин А.С. Полимерные композиционные материалы Группы Полипластик в современном автомобилестроении: история и развитие // Пластические массы. 2011. № 8. С. 28 – 38
75. Лунин А.С., Пономарева Т.В., Лунина О.Б. Экологические аспекты в применении материалов для деталей автомобильной техники // Пластические массы. 2001. № 6. С. 51 – 52
76. Лунин А.С., Снесаревский П.В. Применение композиционных полимерных материалов в электрооборудовании и светотехнике автомобиля // Пластические массы. 2001. № 6. С. 46 – 47
77. Лунин А.С., Яхненко А.С, Герасимова Н.В. Пластмассы для кузовных деталей автомобилей // Автомобильная промышленность. 2006. № 1. С. 36 – 38
78. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высшая школа, 1988. – 239 с.
79. Мантия Ф.Л. Вторичная переработка пластмасс (пер. с англ. Заикова Г.Е.) – С.Пб: Профессия, 2006. – 400 с.
80. Мартин Дж..М., Смит У.К. Производство и применение резинотехнических изделий (пер. с англ. Бхати Ч.С.) – С.Пб: Профессия, 2006. – 480 с.
81. Маслов М. Спектральный анализ на службе рециклинга // Пластикс. 2007. № 3. С. 46-47
82. Медведева М. Авто в хлам // Аргументы и факты, 2008. № 12. С. 32
83. Милешкин К. Достойные проводы. // За рулем, 2012. № 148-151
84. Митягин Г.Е., Кулдошина В.В. Материальный состав выбывшего из эксплуатации автомобиля //Международный технико-экономический журнал. – 2007. № 4. С. 72 – 75
85. Митягин Г.Е., Егоров Р.Н., Джабраилов Л.М., Журилин А.Н. Анализ структуры парка выбывших из эксплуатации автомобилей в Москве – М.: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития агропромышленного комплекса России». 2008. С. 93 – 96

86. Митягин Г.Е., Журилин А.Н., Определение оптимального режима работы на предприятиях утилизации техники. // Международный научный журнал, 2009. № 4. С.52 – 54
87. Митягин Г.Е., Авдеев Е.А., Бисенов М.К. Применение методов теории массового обслуживания для обоснования параметров и режимов работы постов демонтажа и сортировки // Международный технико-экономический журнал. – 2012. № 5. С. 116–121
88. Митягин Г.Е., Авдеев Е.А., Бисенов М.К. Структура парка выбывших из эксплуатации автомобилей. Перспективы изменения и использования // Международный технико-экономический журнал. – 2012. № 5. С. 122–128
89. Михайлов Е. Авторециклинг по-русски // Твердые бытовые отходы, 2007. № 10. С. 18 – 20
90. Михайлова Т. Избавить от мусора и «гнилых» машин // Площадь Мира. 2007. № 46. С. 4 – 5
91. Моржаретто И. Разборка с утилизацией // За рулем, 2012. № 7. С. 178-179
92. На утилизацию автомобилей пойдет по 20-70 млрд. рублей в год. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zr.ru/a/447907/>
93. Новицкий П.В. Зограф И.А. Оценка погрешности результатов измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
94. О неотложных мерах по созданию общегородской системы сбора и переработки автотранспортных средств, подлежащих утилизации ("АВТОРЕЦИКЛИНГ") (Редакция на 30.12.2003) Постановление Правительства Москвы от 5 августа 2003 года № 647-ПП
95. Оптимизация инфраструктуры ремонтно-обслуживающей базы АПК. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007 – 52 с.
96. Основы технологии переработки пластмасс. Учебник для вузов. Под. ред. В.Н. Кулезнева. – М.: Мир, 2006. – 600 с.
97. Павлова Е.И., Буралев Ю.В. Экология транспорта. – М.: Транспорт, 1998. – 232 с.
98. Петров Р.Л. О мировом опыте организации национальных систем авторециклинга // Рециклинг отходов. – 2008. - № 5. – С. 2 – 11
99. Петров Р.Л. Экологическая безопасность автомобилей ВАЗ в полном жизненном цикле. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.05.03 – М.: ОАО «АВТОВАЗ», 2006. – 147 с.

100. Полетаев В.А., Лунин А.С. Новая косозубая шестерня с формованным зубом из Армамидов для автомобильных двигателей с электронным впрыском // Пластические массы. 2011. № 8. С. 23 – 24
101. Полетаев В.А. и др. Крыльчатки водяных насосов автомобильной техники из материала Армлен // Полимерные материалы. 2003. № 8. С. 4 – 6
102. Полимеризация. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.slovari.yandex.ru/книги/БСЭ/Полимеризация>
103. Полякова И. Цена закона // Рейс. 2012. № 11. С. 14-19
104. Пухов Е.В. Анализ нормативно-правового обеспечения процесса утилизации транспортных и технологических машин // Международный научный журнал, 2011. № 5. С. 111-114
105. Райнхард В.А. Переработка старых автомобилей: Европейский опыт // Твердые бытовые отходы. 2007. № 10. С. 70 – 77
106. Ребров Е. Запчасти с «разборок»: предлагать или не предлагать // Новости авторемонта. 2007. № 9. С. 72 – 76
107. Саморядов А.В. Стеклонаполненный полиамид марги Армамид ПА СВ 30-3М: переработка, свойства и применение // Пластические массы. 2001. № 6. С. 16-20
108. Сербиновский Б.Ю., Напхоненко Н.В., Колоскова Л.И., Напхоненко А.А. Экономика автосервиса. Создание автосервисного участка на базе действующего предприятия. – М.: ИКЦ «МарТ», 2006. – 432 с.
109. Сборник нормативов трудоемкостей на предпродажную подготовку, техническое обслуживание и ремонт автомобилей «Газель» ГАЗ-3302 и модификаций. - Нижний Новгород: ЗАО «ГАЗтехсервис», 1998. 152 с.
110. Свиточ Н.А. Ржавая рухлядь или сырье на переработку // Твердые бытовые отходы. 2007. № 10. С. 8 – 11
111. Селиванов А.И. Основы теории старения машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 408 с.
112. Северный А.Э., Халфин М.А. и др. Организация вторичного рынка сельскохозяйственной техники. Состояние, опыт, перспективы. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 92 с.
113. Смирнов Н.В. Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М.: Наука, 1965. – 572 с.

114. Снесаревский П.В. Светлая дорога поликарбоната. // Пластикс. 2007. № 6. С. 37-38
115. Стабилизируем вторичный полимер // Пластикс. 2007. № 3. С. 41-44
116. Супруненко А. Бизнес по переработке автомобилей. //Автоинструкция. 2007. № 11. С. 42 – 46
117. Сычев А.В., Теренченко А.С. Методология проектирования автомобилей с учетом их последующей утилизации // Журнал автомобильных инженеров, 2012. № 1. С. 34-35
118. Тарасенко С. Половину российских авто можно сдать в утиль //Метро. 2009. № 37. С. 6
119. Терemenko И. Отходы в доходы. // За рулем, 2012. № 7. С. 114-115
120. Титков А.И., Морозов А.А., Ильин В.М. Пластмассы – материал автомобилестроения XXI века //Автомобильная промышленность. 2003. № 11. С. 39 – 41
121. Титова И.В. Обоснование технологии утилизации отработанных пластмассовых изделий в сельском хозяйстве. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2012. – 16 с.
122. ТРИГЛА. Оборудование и технологии для рециклинга полимеров. Каталог. – 23 с.
123. Трофименко, Ю.В. Утилизация автомобилей: Научная монография – М.: АКПРЕСС, 2011. – 336 с.
124. Тылинская Н. Давайте мыслить системно // Правильный автосервис. 2010. № 1. С. 14 – 17
125. Уайт Дж.Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины/ пер. с англ. яз. под ред. Е.С. Цобкалло – С.Пб.: Профессия, 2007. – 256 с.
126. Федоренко В.Ф., Тихонравов В.С. Ресурсосбережение в агропромышленном комплексе: инновации и опыт. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 328 с.
127. Филимонов А. Углеродные волокна в автомобиле // The Chemical Journal. 2006. № 12. С. 61
128. Франклин П. Пластик в переработку // Твердые бытовые отходы. 2007. № 11. С. 68-71
129. Хелльрих В. Вторичная переработка полимерных материалов и проблемы экологии// Полимерные материалы. 2009. № 5. С. 10-15
130. Хурумов А. Мусорный коллапс //Autonews. 2007. № 7. С. 38 – 40

131. Цимноль Р. Полиамиды для авто // The Chemical Journal. 2009. № 9. С. 64-65
132. Челата К. Как регулируют в Европе переработку пластиков // Пластикс. 2007. № 3. С. 46-47
133. Черноиванов В.И. Не спешите расставаться с изношенной деталью // Машинно-технологическая станция, 2012. № 2. С. 42-43
134. Черных И. Зеленый барьер // Рейс. 2012. № 11. С. 12-13
135. Чибикин С.В. Переработка полимерных отходов // Твердые бытовые отходы. 2007. № 8. С. 56-58
136. Шаруда А.Н., Воронцов Ю.М., Корнилов В.В. Европейский опыт утилизации автомобилей // Чистый город. 2007. № 1. С. 23 – 24
137. Шикин Е.В., Шикина Г.Е. Исследование операций. – М.: Проспект, 2008. – 218 с.
138. Шимко Т. Прием против автолома. // Твердые бытовые отходы. 2007. № 10. С. 14 – 17
139. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технология, практика. – С-Пб.: Научные основы и технологии, 2012. – 635 с.
140. Штарке Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс. Пер. с нем. – Л.: Химия, 1987. – 176 с.
141. Эксплуатация, ремонт, хранение и утилизация шин автотранспортных средств. Учебник. [Текст] / Е.А. Пучин [и др.] – М.: Издательство УМЦ «ТРИАДА», 2005. – 117 с.

Иностранная литература

142. End of Life Vehicle Directive. PRICEWATERHOUSECOOPERS, 2002. – 15 с.
143. Recovery Options for Plastic Parts from End-of-Life Vehicles: an Eco-Efficiency Assessment. Final Report. Darmstadt: Institute for Applied Ecology, 2003. – 140 с.
144. Вторичная переработка автомобилей в Европе (на русском языке) – Brussels: Toyota Motor Europe Environmental Affairs Office, 2002. – 19 с.

Интернет сайты

145. www.idis2.com
146. www.waste.ru
147. www.recyclers.ru
148. www.finlane.ru
149. www.autostat.ru

