

**О. Н. ДИДМАНИДЗЕ    Г. Е. МИТЯГИН**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ  
УТИЛИЗАЦИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**



**Москва  
ООО «УМЦ «Триада»  
2014**



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**  
**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**

**Теоретические основы  
проектирования предприятий  
утилизации автотракторной техники**

**Монография**

**МОСКВА 2014**

УДК (656.13+631.372).001.63.027.32/33

ББК 39.3

Д 444

Рецензент – **Алдошин Н. В.**, доктор технических наук, профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева»

**Дидманидзе О. Н., Митягин Г. Е.**

Д 444 Теоретические основы проектирования предприятий утилизации автотракторной техники: Монография / О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2014. – 175 с.

ISBN 978-5-9546-0094-0

В монографии представлены теоретические основы организации и проектирования производственных процессов утилизации автотракторной техники, сформулированные по результатам исследований, выполненных на кафедре «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВПО РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева. В монографии представлены основные сведения о подходах к проектированию производственных процессов утилизации, приведены результаты экспериментов и итоги моделирования ряда технологических процессов. Монография может быть использована в качестве учебного пособия при изучении дисциплин «Ресурсосбережение на автомобильном транспорте» и «Основы проектирования производственных процессов утилизации» для студентов-магистрантов направления 190600.68 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

ISBN 978-5-9546-0094-0

УДК (656.13+631.372).001.63.027.32/33  
ББК 39.3

© Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., 2014  
© ООО «УМЦ «Триада», 2014

## ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственная техника, грузовые и легковые автомобили, хотя и являются предметами длительного пользования, все же имеют конечный срок жизни. Следовательно, после окончания их эксплуатации необходимо принять меры по их утилизации. В изношенном и списанном транспортно-технологическом средстве содержатся все те материалы, которые были использованы при его изготовлении: черные и цветные металлы, пластмассы и резинотехнические изделия, стекло и керамика, дерево и картон, текстильные и битумные материалы и др.

Немаловажным фактором также необходимо считать, что автотракторная техника (АТ), вышедшая из эксплуатации, представляет собой значительную угрозу для окружающей среды ввиду ее большого количества, значительной массы и наличия в ней токсичных веществ, которые оказывают длительное негативное воздействие как на здоровье людей, так и на экосистемы. Отходы, образующиеся при утилизации автотракторной техники, характеризуются большой неоднородностью по объему, составу и динамике образования, все они при неправильном обращении наносят значительный ущерб окружающей среде. Невовлеченная в сбор и утилизацию АТ содержит большое количество компонентов, негативно воздействующих на окружающую среду: элементы, содержащие свинец, отработанные масла и загрязненные топлива, технические жидкости, пластики и т. д. Эти компоненты в большей или меньшей степени оказывают воздействие на такие составляющие окружающей среды, как земельные и водные ресурсы, атмосферу. 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, эксплуатацию и утилизацию. Полноценная утилизация вышедшей из эксплуатации техники и ее компонентов связана с разработкой технологий, позволяющих добиться максимально возможного уровня повторного использования ресурсов.

Использование вторичных материальных ресурсов в Российской Федерации осуществляется практически во всех отраслях промышленности. Однако масштабы и уровень использования характеризуются значительной неравномерностью и зависят от ресурсной ценности отходов, экологической ситуации, возникающей в связи с обращением с ними как с загрязнителями окружающей среды.

Традиционные виды вторичного сырья, такие как лом черных и цветных металлов, высококачественные отходы полимеров, текстиля, макулатуры, характеризуются высоким уровнем переработки. Сложные многокомпонентные отходы, а также загрязненные отходы, практически не перерабатываются (смешанные и загрязненные нефтепродукты, изношенные шины, автомобильный пластик и т. д.).

В России средний уровень использования вторичного сырья можно оценить на уровне 30 % (лом черных металлов – 82,9 %, шины изношенные – 10 %, полимерные отходы – 11,4 %), что в 2–2,5 раза ниже, чем в более развитых странах [29, 30]. В результате имеют место значительные потери материально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, содержащихся в отходах, и одновременно происходит значительное накопление в окружающей среде неиспользуемых отходов.

Основным фактором недостаточного среднего уровня хозяйственного использования отходов как вторичных материальных ресурсов является несовершенство организационного и технологического обеспечения сбора отходов, особенно применительно к автомобильной и сельскохозяйственной технике, принадлежащей как предприятиям, так и индивидуальным владельцам.

Отсутствие достаточных стимулов для организации сбора и переработки вторичных материальных ресурсов определяется, главным образом, высоким уровнем затрат на сбор и подготовку многих видов отходов к использованию в качестве вторичного сырья. В особой мере это относится к отходам потребления в виде потерявшей потребительские свойства конечной продукции – автомобилей и сельскохозяйственных машин, а также их агрегатов и узлов, содержащих такие хорошо рециркулируемые материалы, как черные и цветные металлы, термопласты, резину, стекло, эксплуатационные жидкости.

Высокий уровень затрат на сбор и переработку значительной части отходов потребления обусловлен:

- необходимостью создания специальной производственной инфраструктуры из пунктов сбора вторичного сырья и производственно-заготовительных предприятий;
- необходимостью сортировки сложных отходов потребления на отдельные компоненты по видам материала,
- дезагрегации крупных объектов,
- чистки, мойки и дефектации демонтированных агрегатов и узлов.

Организация сбора и переработки вторичных ресурсов транспортного комплекса включает следующие мероприятия:

- выявление и учет транспортных и технологических средств, не пригодных к эксплуатации;
- создание сети пунктов сбора отработавших свинцово-кислотных аккумуляторов, использованных технологических жидкостей, изношенных автопокрышек и производств по их переработке;
- создание производства по утилизации охлаждающих жидкостей (тосол, антифриз), поступающих с площадок и транспортных предприятий;

- создание на территории предприятий и в многоэтажных гаражах-стоянках экологических блоков сбора отработавших узлов и материалов автомобилей;
- создание комплекса производств по утилизации отходов транспортного комплекса;
- проектирование и строительство установок по переработке твердого осадка моек автомобильной и сельскохозяйственной техники;
- создание центральной единой диспетчерской и информационной электронной базы данных обо всех транспортно-технологических средствах и их состоянии;
- реализация запчастей и продуктов переработки транспортно-технологических средств;
- захоронение отходов перерабатывающих предприятий.

Одним из основных условий эффективного функционирования предприятий технического сервиса в сфере деятельности, которых может входить утилизация автотракторной техники и ее компонентов, является организация работы на современных принципах оптимального проектирования производственных процессов по критериям ресурсосбережения и высокой производительности. На современном этапе, даже несмотря на рост интереса к вопросам утилизации вышедшей из эксплуатации техники, они остаются малоизученными.

Утилизация вышедшей из эксплуатации автомобильной и сельскохозяйственной техники связана с разработкой системы предприятий, в которой возможно использование производственных мощностей станций технического обслуживания и ремонта автомобилей, машинно-технологических станций, особенно тех, которые занимаются ремонтом и восстановлением техники, ремонтных заводов, предполагающих диверсификацию своей деятельности.

Несмотря на существенные качественные и количественные различия между указанными типами предприятий, способных войти в инфраструктуру системы утилизации вышедшей из эксплуатации автотракторной техники, их объединяет то общее свойство, что они являются системами обслуживания. Соответственно, для них можно разработать общие научные принципы оптимального функционирования, обеспечивающие высокие экономические показатели.

## Глава 1.

### Экологические и технологические аспекты утилизации автотракторной техники

#### 1.1. Выбывшая из эксплуатации техника как угроза экологической безопасности

Автотракторная техника (АТ) является 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.

Автотракторная техника, вышедшая из эксплуатации, представляет собой значительную угрозу для окружающей среды ввиду ее большого количества, значительной массы и наличия в ней токсичных веществ, которые оказывают длительное негативное воздействие как на здоровье людей, так и на экосистемы. Отходы АТ характеризуются большой неоднородностью по объему, составу и динамике образования, все они при неправильном обращении наносят значительный ущерб окружающей среде.

Не вовлеченная в процесс сбора и утилизации АТ, брошенная в не предназначенных для этих целей местах, приводят к нарушению архитектурного облика городских и сельских поселений, многочисленным жалобам жителей, особенно в городах, на дефицит парковочного пространства, а также создает дополнительные помехи движению и механизированной уборке проезжей части в зимнее время, снижает пропускную способность дорожной сети городских и сельских поселений, способствует возникновению аварийных ситуаций и совершению дорожно-транспортных происшествий.

В структуре негативного влияния АТ и отходов технического обслуживания (ОТО) на окружающую среду городских и сельских поселений основную роль играет загрязнение почв. Негативное влияние от разрушения почв и земель под воздействием отходов АТ выражается главным образом в деградации земельных ресурсов, загрязнении земель химическими веществами, захламлении земель несанкционированными свалками. На рис. 1.1. изображена структура негативного воздействия на окружающую среду не вовлеченных в сбор и переработку АТ и ОТО.

Как видно из представленных диаграмм, основная экологическая нагрузка от негативного воздействия АТ и ОТО (рис. 1.1) приходится на объекты водной среды – 81,6 % [31].

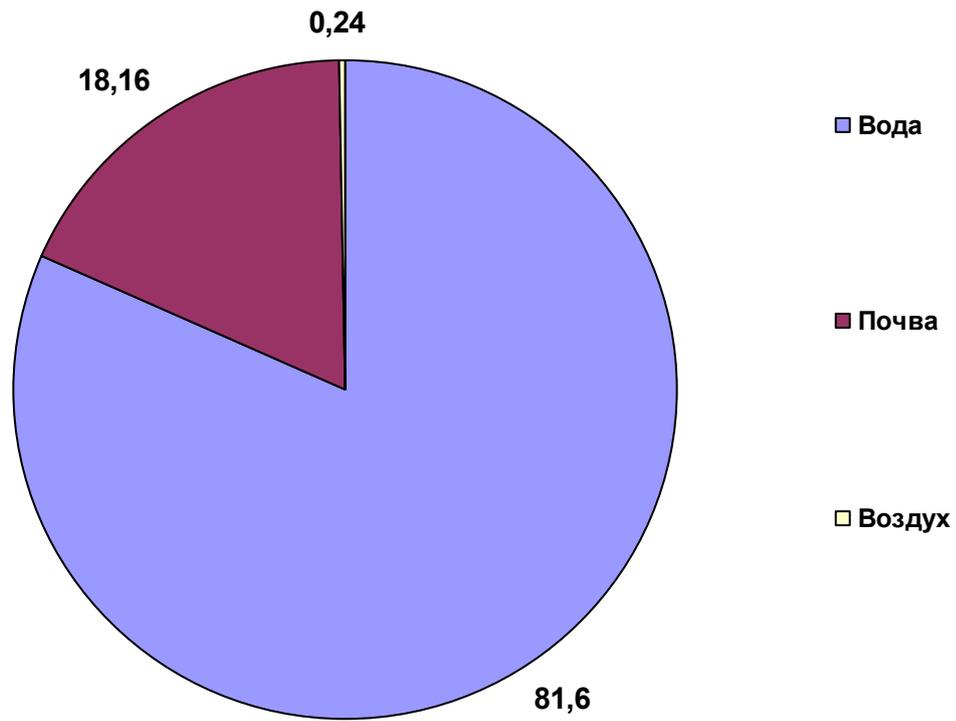


Рис. 1.1 – Структура негативного воздействия на окружающую среду не вовлеченной в сбор и переработку АТ и ОТО

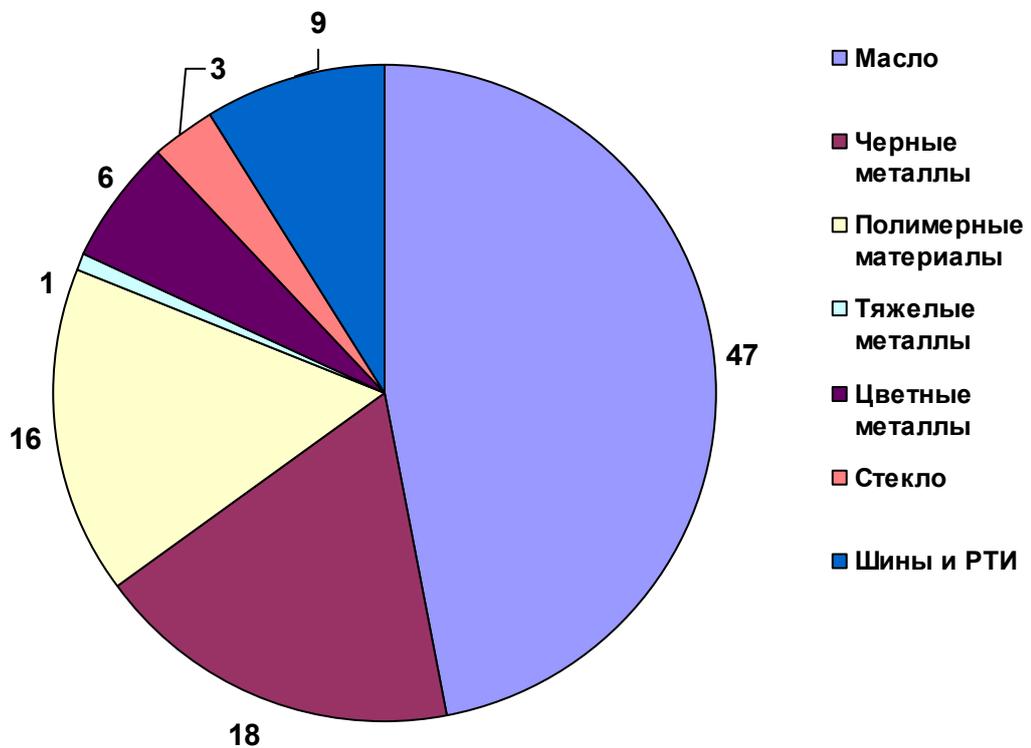


Рис. 1.2 – Структура вклада АТ и различных ОТО в общем объеме негативного воздействия на почвы

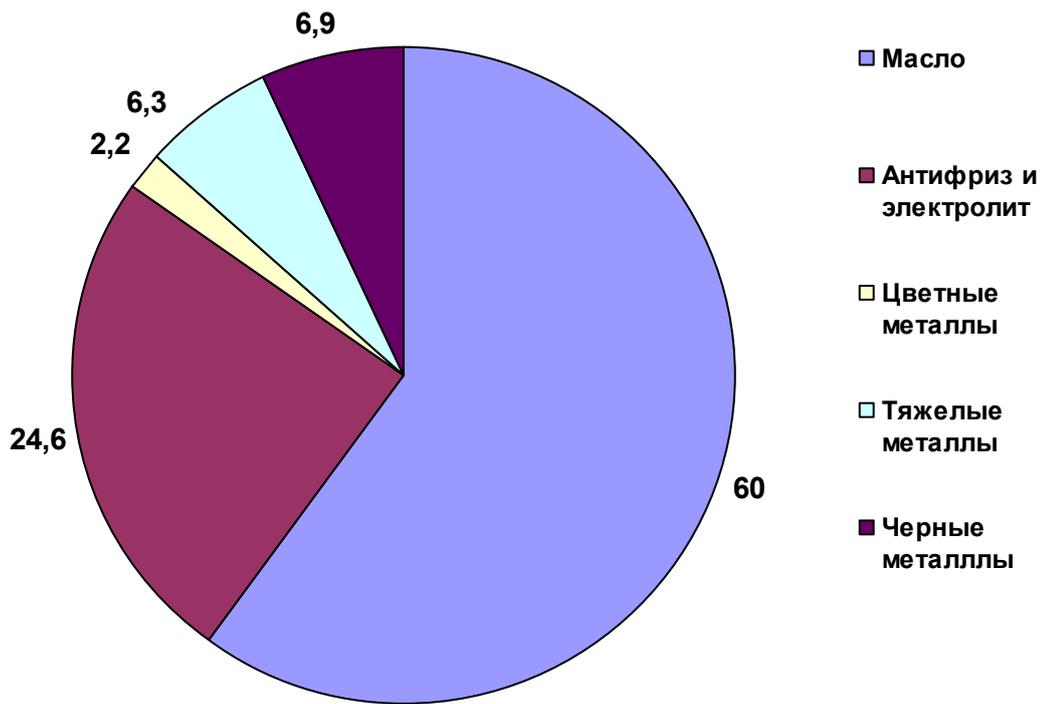


Рис. 1.3 – Структура вклада АТ и различных ОТО в общем объеме негативного воздействия на водную среду

В структуре негативного воздействия на водную среду и почвы основную роль играет отработанное масло (рис. 1.2 и 1.3). Его доля в структуре различных ОТО составляет 47 и 60 % [31]. Около 25 % ущерба приходится на загрязнение водоемов антифризом. С увеличением количества автомобилей, особенно легковых, в стране растет количество ОТО и выводимой из эксплуатации АТ.

Сложившаяся сеть организаций по сбору и переработке авто-тракторной техники и ее компонентов развивается стихийно, действует избирательно в отношении отходов по ценности и затратности заготовки, без учета интересов регионов. В результате, например, в Московской области перерабатывается около 26 % образующихся на территории транспортных отходов (35 % легковых автомобилей, 38 % шин, 25 % отработанных масел, 20 % аккумуляторного лома, 11 % отработанного электролита) [82]. Не утилизируется автомобильная пластмасса, стекло, антифриз и поролон. Не решен вопрос цивилизованного сбора отработанных аккумуляторов, шин, масел. Из общего объема собираемых отработанных свинцово-кислотных аккумуляторов до 89 % поступают на переработку без электролита [13].

Оставшаяся масса ОТО захоранивается на территории регионов в лесах, оврагах, сливается на землю или в канализацию, вывозится на свалки бытовых отходов. В то же время большинство материалов, содержащихся в вышедшей из эксплуатации АТ и ОТО, подлежат вто-

ричной переработке и являются стратегическим сырьем для отечественных предприятий черной и цветной металлургии, химической промышленности и т. д.

## **1.2. Перспективы развития технологических процессов утилизации**

В мире эксплуатируется более 600 млн. автомобилей, 6...8 % из них ежегодно выходят из эксплуатации и снимаются с регистрации, большая часть из которых в настоящее время поступает на утилизацию [1, 6]. Средние значения возраста и пробега для отслуживших автомобилей, поступающих на утилизацию, различаются для разных стран и оказываются связанными с такими экономическими показателями благосостояния населения страны, как средний валовой доход на душу населения и среднее количество легковых автомобилей на тысячу жителей.

Согласно мировой статистике, автомобильные отходы составляют только около 2 % от общего количества всех отходов, поступающих на свалки (в основном это бытовые и строительные отходы, упаковка), внимание общественности к данной проблеме очень высоко. Количество свалок на планете продолжает увеличиваться, а воздействие автомобильного транспорта и связанной с ним инфраструктуры на окружающую среду и организм человека признается доминирующим. Ежегодно свалки всего мира пополняются примерно 10 млн т отходов от отслуживших автомобилей. Почти столько же отходов образуется в результате ремонта и технического обслуживания. Наибольшие трудности для утилизации представляют неметаллические автомобильные компоненты. Это изделия из пластмассы, резины, стекла, обивочные, шумоизоляционные и клеевые материалы.

Вышедшая из эксплуатации техника в конце срока службы имеет ту же массу и почти тот же состав компонентов и материалов, как и новый. Даже приближённая оценка стоимости входящих в автомобиль основных материалов показывает, что их суммарная цена может достигать 30 тыс. руб. Однако реально получить хотя бы такой доход с каждого старого автомобиля оказывается маловероятным. Общие затраты на организацию системы сбора, демонтажа, сортировки, вторичной переработки и утилизации отслужившей АТ часто превышают всю совокупность получаемых доходов от продажи пригодных запчастей, вторичной переработки металлов, стекла, полимеров и делают такой рециклинг практически невыгодным. К концу своего цикла эксплуатации старый автомобиль может продаваться по очень низкой цене. Чаще всего отслуживший автомобиль рассматривается как имеющий нулевую или даже отрицательную стоимость.

Утилизация АТ требует развития инфраструктуры и законодательной базы для регламентации взаимодействия всех участни-

ков процесса и установления нормативно-правовых отношений. Наибольшие организационные проблемы вызывают первые шаги на пути утилизации отслужившей АТ: процессы оформления необходимых бумаг, передачи списанной техники в центры утилизации, сбор, транспортировка, проведение экологически безопасного демонтажа, слива эксплуатационных жидкостей. Чтобы система заработала, необходимо, чтобы владельцы списанной техники захотели её отдать, а центры приемки были согласны ее принять.

За последний период в России произошли некоторые изменения, которые могут привести к положительным сдвигам в области развития системы утилизации АТ. Действует и постоянно дорабатывается Федеральный закон от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», согласно которому даны определения, установлены основные принципы обращения с отходами, приводятся требования к производствам, распределены полномочия и определена отчетность. Имеется тенденция по отнесению комплекса работ с вышедшей из эксплуатации техникой к сфере обращения с отходами производства и потребления. Например, в Москве, как первой столкнувшейся с проблемой утилизации различной техники есть достаточно хорошая перспектива перейти к реальному процессу создания общегородской системы «Авторециклинг», которая до настоящего времени пребывает в зачаточном и усеченном виде.

8 марта 2010 года стартовала уникальная для России государственная программа по поддержке отечественных автопроизводителей через премирование покупателей автомобилей, пожелавших сдать свой старый автомобиль на утилизацию. Важной особенностью этой программы являлась ориентированность именно на поддержку автозаводов, а не обновление парка автомобильной техники путем экологически безопасной утилизации. Минпромторг определил перечень предприятий, которым вменили в обязанность готовить автомобили к утилизации, однако достаточной для этого базы у них не оказалось, как не оказалось и экологически безопасных технологий утилизации.

Опыт прошедшей программы утилизации, закончившейся 30 июля 2011 года показал, что имеющихся мощностей 157 ломозаготовительных предприятий [4], 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. Подготовка автомобиля к утилизации сводилась к сливу жидкостей и демонтажу колес с аккумуляторной батареей, после этого автомобиль поступал в шредерную установку.

С 1 сентября 2012 года в деле утилизации АТ наступил новый этап, утилизация стала оплачиваться при покупке или ввозе техники в Россию, соответственно, стал формироваться целевой фонд, предназначенный для финансирования текущей деятельности и развития сети предприятий утилизации [86].

### 1.3. Система и технологии утилизации выбывшей из использования автотракторной техники в России

Длительное время в СССР и теперь уже в России выбывшая из эксплуатации списанная техника воспринималась исключительно как металлолом. Это справедливо для грузовых автомобилей того времени, для сельскохозяйственной техники, в которых использование неметаллических материалов было минимально, а всеобщий дефицит запасных частей вынуждал предприятия-собственников техники проводить дезагрегацию, т. е. демонтаж узлов и агрегатов сразу при списании на своей базе. На утилизацию поступал остов машины, в котором практически не было посторонних материалов за исключением черных металлов (рис. 1.4).



Рис. 1.4 – Техника, подготовленная к сдаче на утилизацию

Для автомобильного некоммерческого лома (списанные легковые автомобили индивидуальных владельцев) ситуация с утилизацией наиболее сложная. Она вобрала в себя не только все технические проблемы, связанные с особенностями конструкции легковых автомобилей и перечня применяемых материалов, но и набор экономических и организационных проблем.

Современный легковой автомобиль чаще всего имеет вес около 1 т. До 80 % массы – это кузов из тонколистовой стали толщиной 0,8...1 мм (рис. 1.5, 1.6). Кроме пластиков, масел и токсичного электролита это десятки килограммов свинца, меди, алюминия, цинка и т. д. (табл. 1.1, 1.2, рис. 1.7). По окончании эксплуатации он почти всегда попадает в категорию «старого легкого загрязненного лома». До недавнего времени он чаще всего оставался ржаветь во дворе, а то и на обочине дороги [12, 27, 71, 89, 95].



Лом черных и цветных металлов	– 600...800 кг
Автомобильные масла	– 10 кг
Масляный фильтр – 1 шт.	– 0,5 кг
Технические жидкости	– до 10 кг
Аккумулятор – 1 шт.	– 18 кг
Отработанные автомобильные шины	– 40 кг
Прочие отходы (текстиль, стекло, пластик, наполнитель)	– до 350 кг

Рис. 1.5 – Материальный состав утилизируемого автомобиля

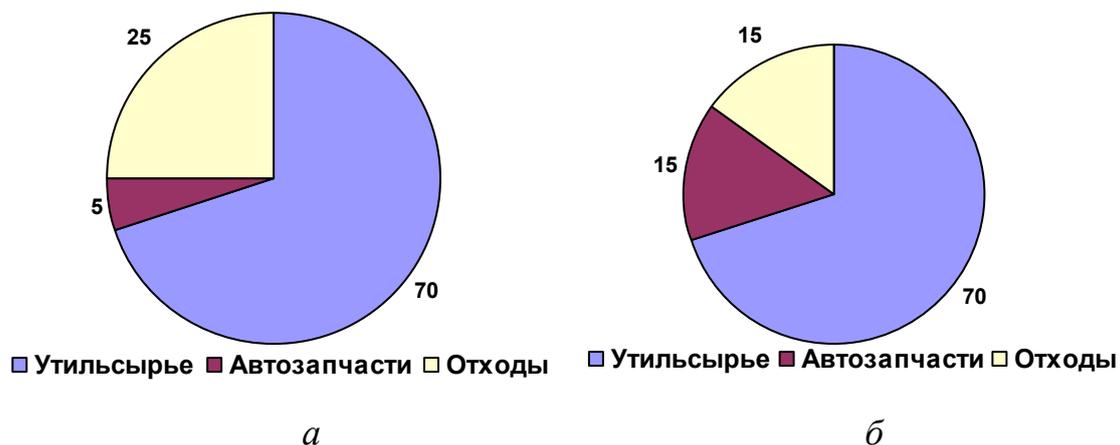


Рис. 1.6 – Укрупненный состав автомобиля в зависимости от комплектации, % от массы: а – брошенный и разукomплектованный автомобиль; б – выбывший из использования укomплектованный автомобиль

Таблица 1.1

**Состав брошенного и разукomплектованного автомобиля [55, 82]**

Составляющая	Доля в общей массе, %
Черный металл	50,0
Цветной металл	5,0
Пластмассы и резина	15,0
Детали кузова и салона	1,0
Детали осветительных и измерительных приборов	Нет
Детали двигателя	2,0
Детали ходовой части и трансмиссии	2,0
Нетоксичные твердые отходы	10,0
Загрязненные твердые отходы	10,0
Токсичные и горючие жидкие отходы	5,0

Таблица 1.2

**Состав выбывшего из использования укomплектованного автомобиля**

Составляющая	Доля в общей массе, %
Черный металл	56,0
Цветной металл	4,0
Пластмассы и резина	8,0
Детали кузова и салона	7,0
Детали осветительных и измерительных приборов	0,5
Детали двигателя	4,0
Детали ходовой части и трансмиссии	3,5
Нетоксичные твердые отходы	9,0
Загрязненные твердые отходы	5,0
Токсичные и горючие жидкие отходы	1,0

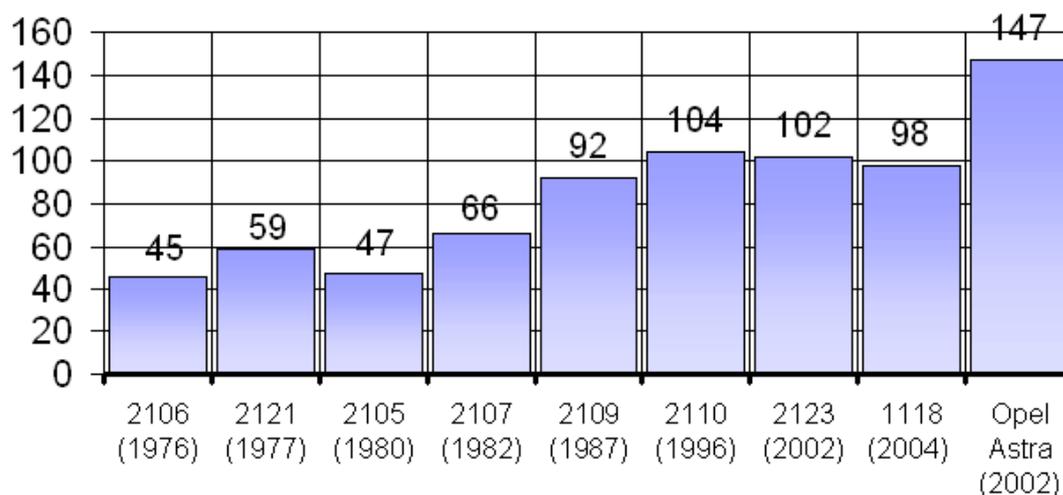


Рис. 1.7 – Динамика использования пластмасс в конструкции

автомобилей ВАЗ (для сравнения Opel Astra), кг/авт [2, 28, 71]

Парк выбывающих из эксплуатации автомобилей также представляет определенный интерес, поскольку их марочный состав, текущее состояние принципиально влияет на материальный состав получаемого при переработке вторсырья и применяемые технологии утилизации. Критерии, которые были использованы для включения автомобилей в базу выбывших из эксплуатации, а они шире, чем входящие в определение «брошенное и разукomплектованное 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 – активный рост автомобильного рынка; 2008 и 2009 годы – начало и наиболее тяжелая фаза финансового кризиса; 2010 год – начало работы программы утилизации автомобилей; 2011 год – восстановление докризисных объемов рынка и окончание программы утилизации, переход в активную фазу программы сноса плоскостных гаражей и развитие парковочного пространства в Москве.

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, ставящихся перед предприятиями утилизации техники.

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 города Москвы 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 [56, 57].

Анализируя данные рис. 1.8, 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.

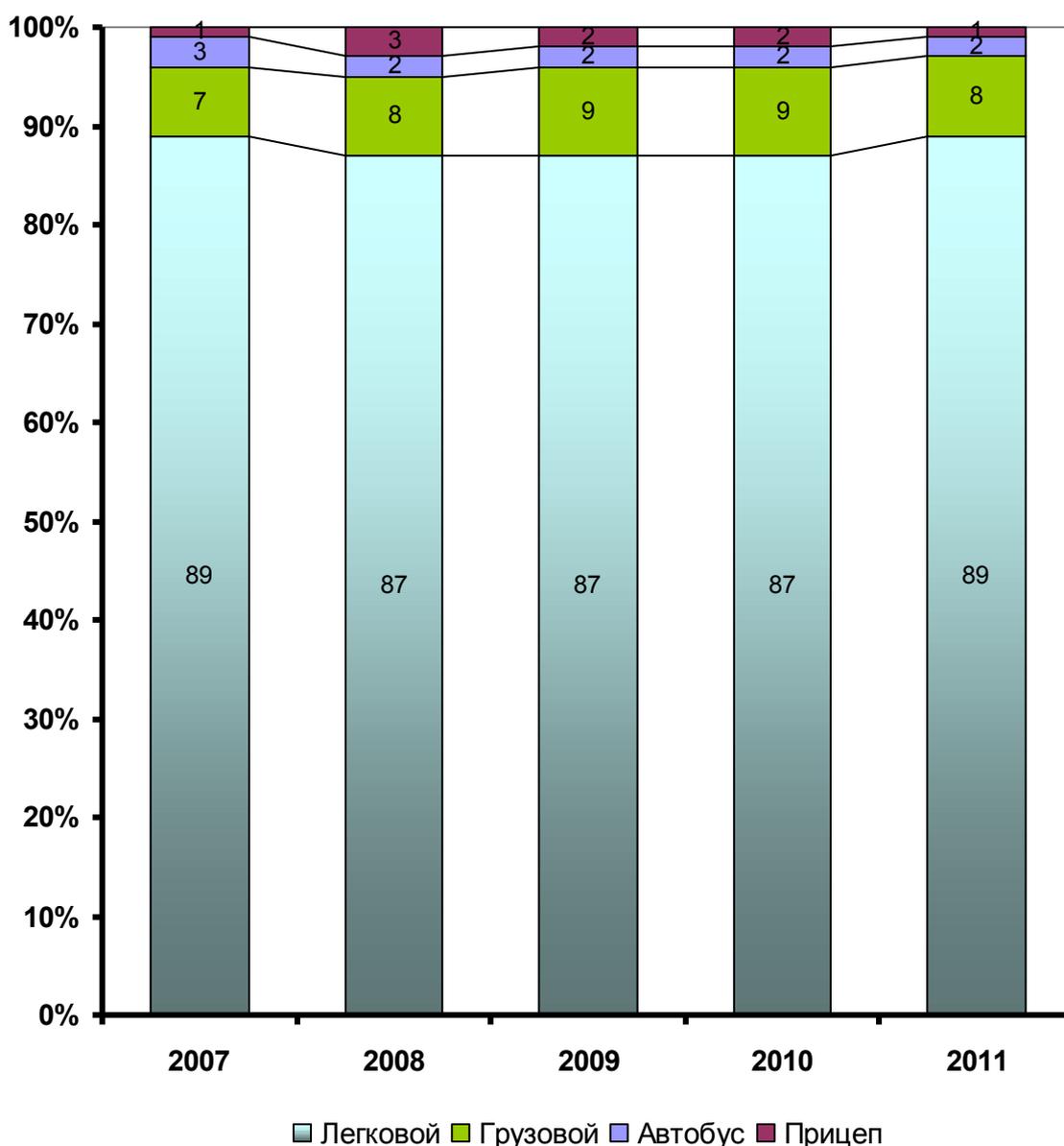


Рис. 1.8 – Структура парка выбывшей из эксплуатации техники по типам, %

На рис. 1.9 и 1.10 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.

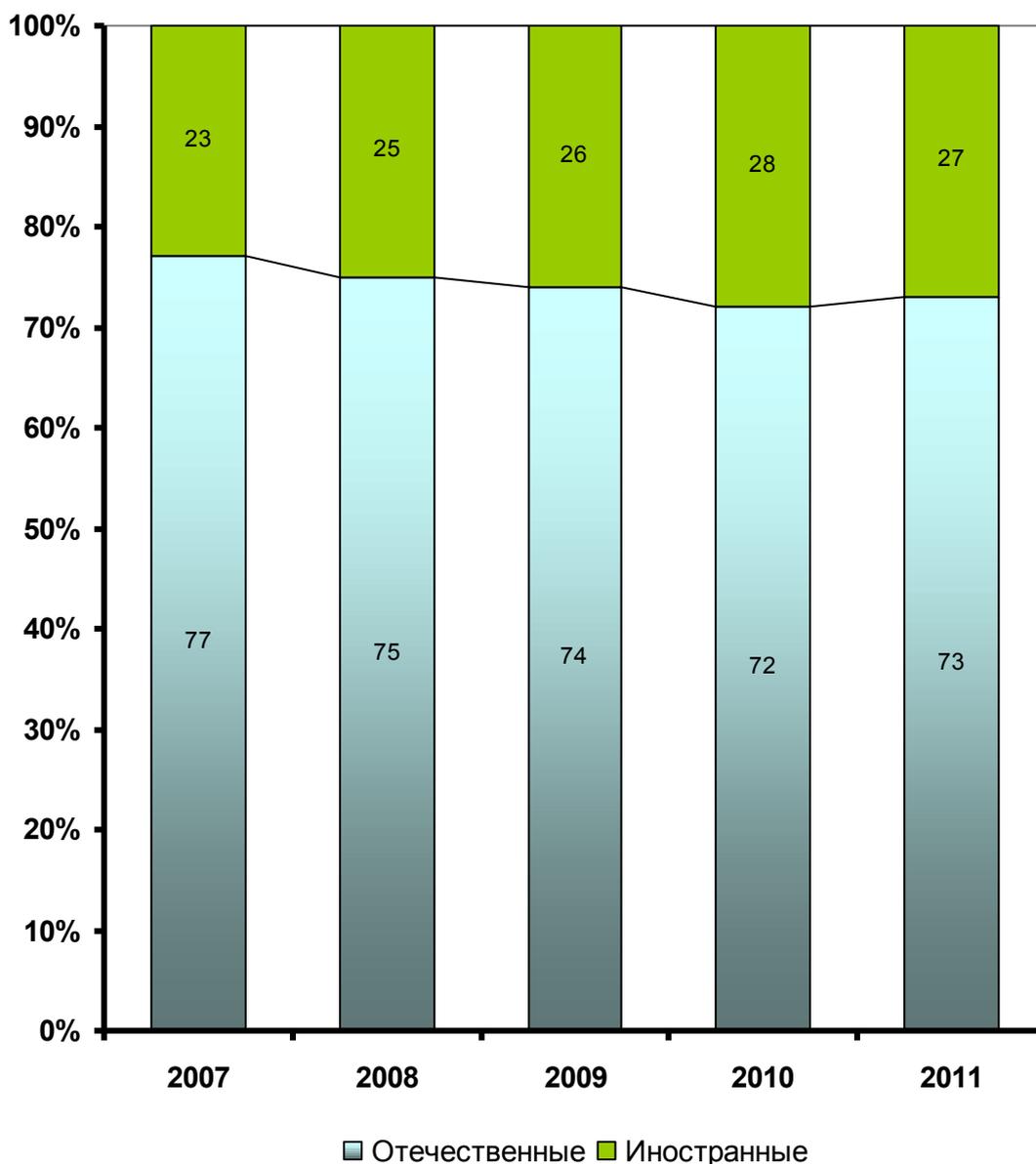


Рис. 1.9 – Структура парка по происхождению, шт., %

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.

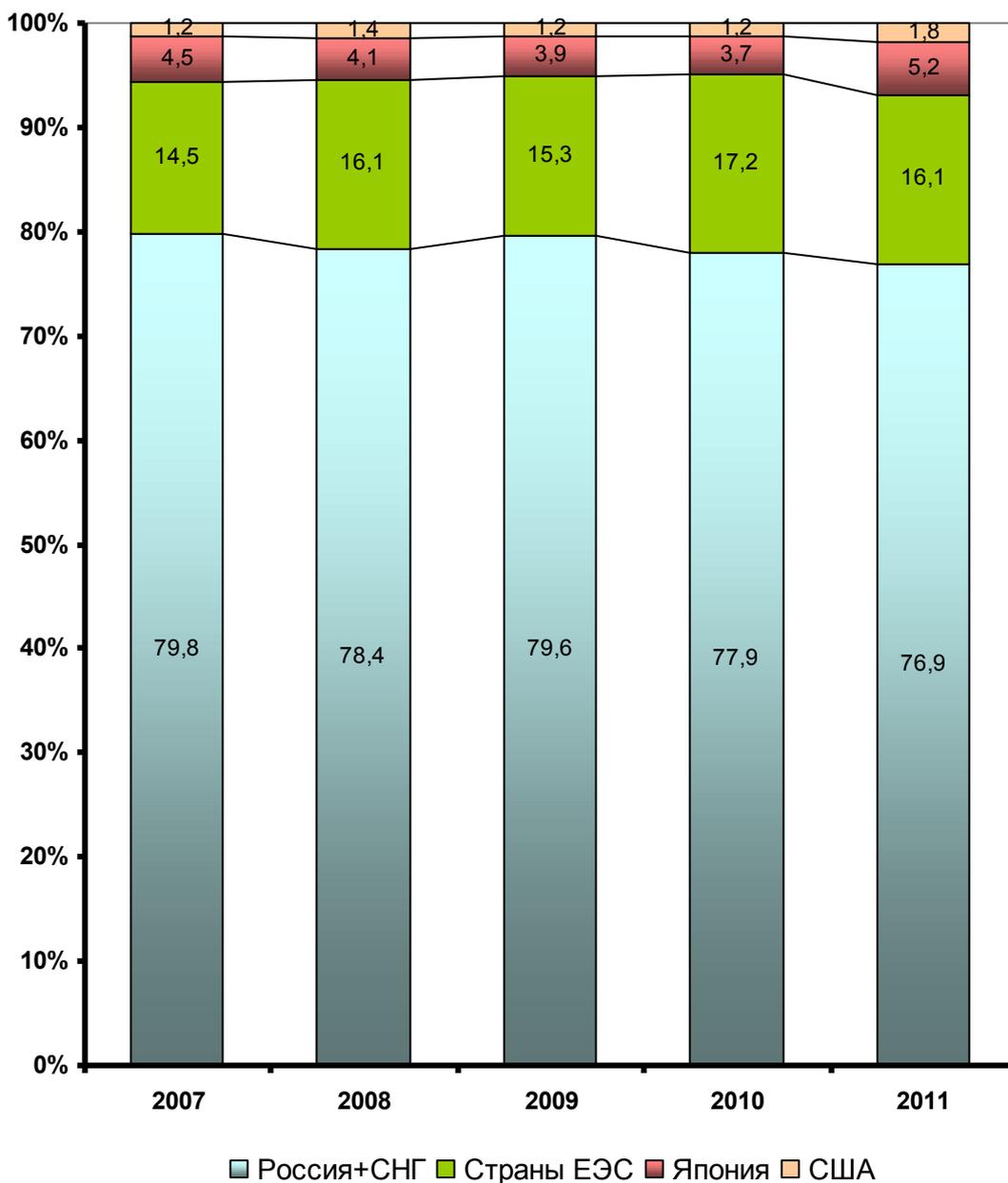


Рис. 1.10 – Структура парка по стране производства, шт., %

На рис. 1.11 и 1.12 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.

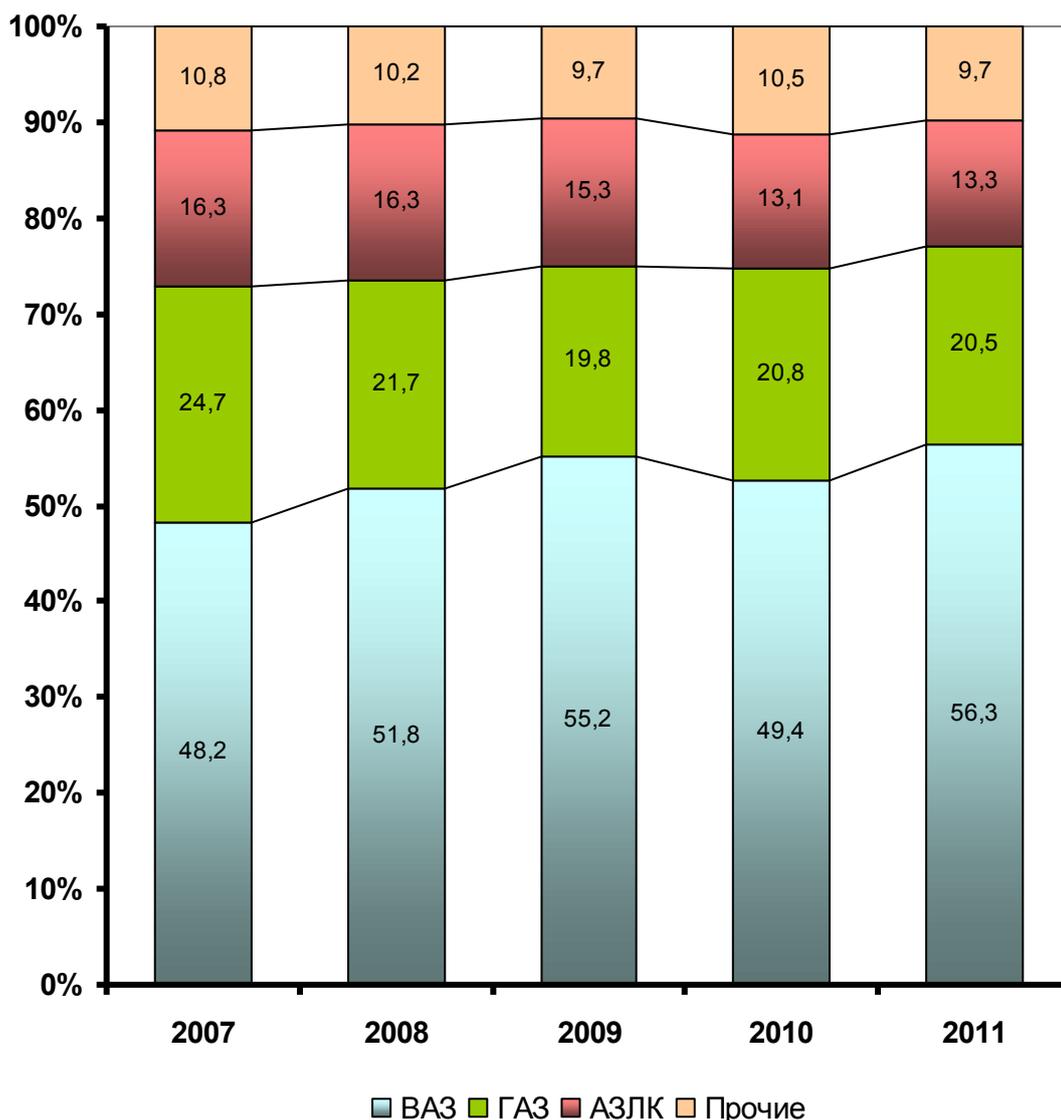


Рис. 1.11 – Структура парка отечественных автомобилей по маркам, %

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 доступности и приемлемых ценах на новые автомобили и на подержанные автомобили возрастом до 10...15 лет.

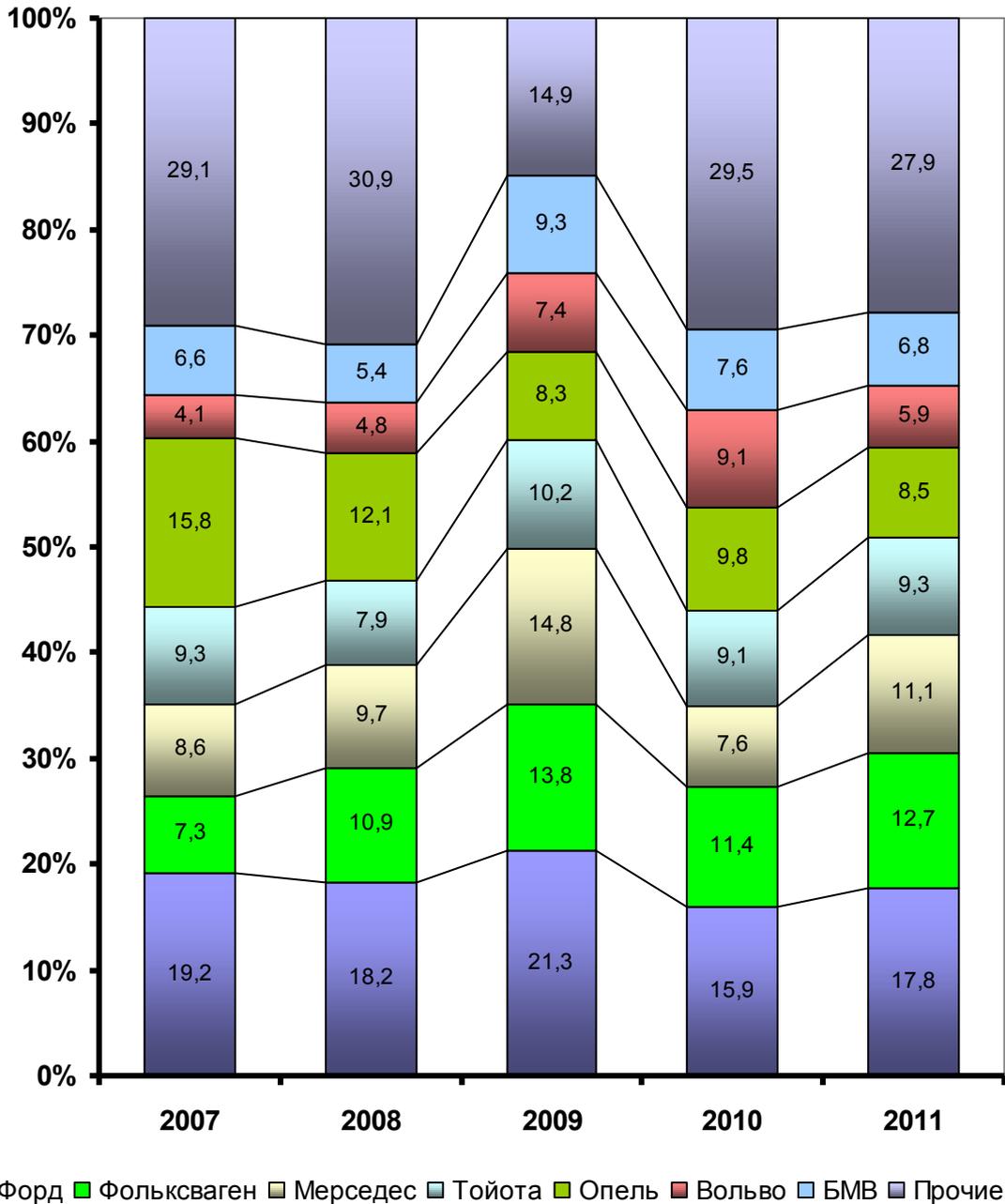
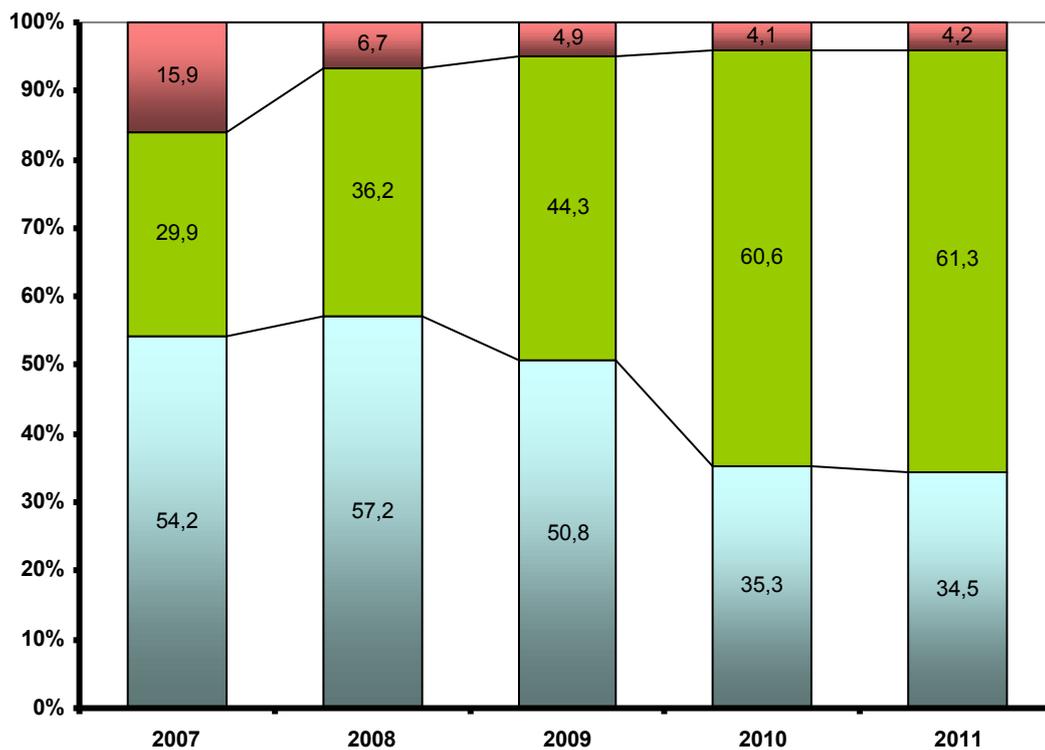
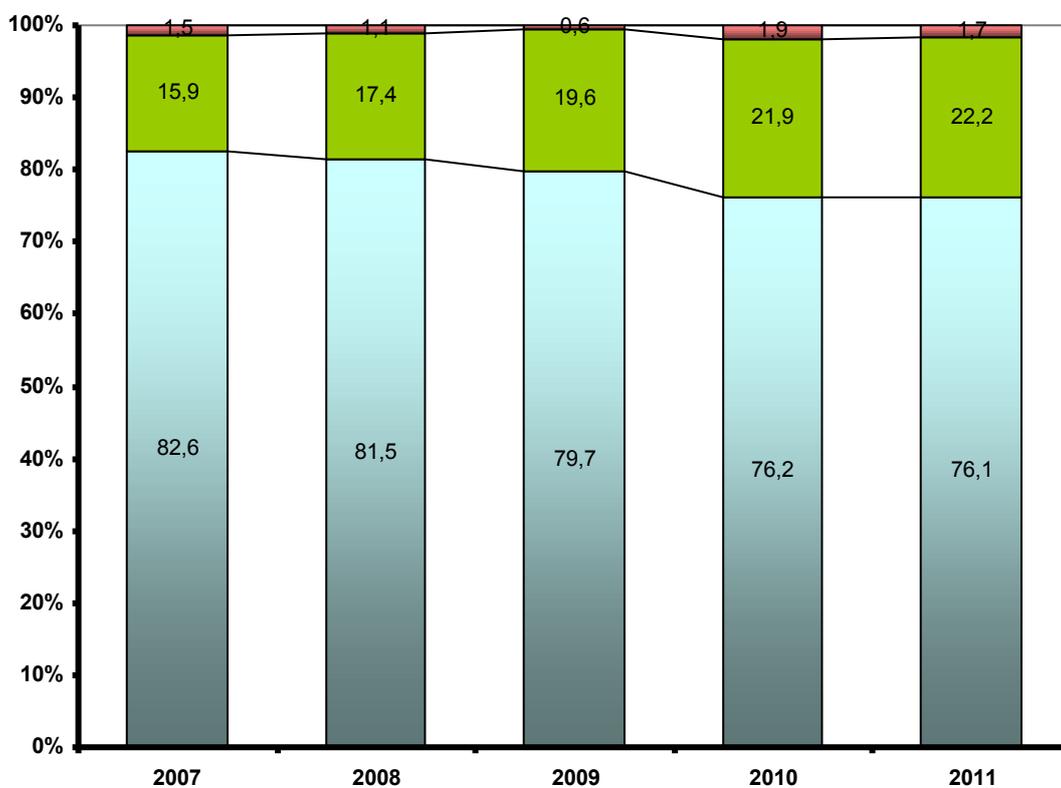


Рис. 1.12 – Структура парка зарубежных автомобилей по маркам, %

На рис. 1.13 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.



■ значительные коррозионные повреждения  
■ развитая коррозия  
■ незначительные коррозионные повреждения



■ полное разрушение  
■ значительные механические повреждения  
■ незначительные механические повреждения

Рис. 1.13 – Структура парка по техническому состоянию кузова, %

Во время проведения анализа во внимание были приняты три критерия:

- уровень коррозионных разрушений кузова;
- количество и сложность механических повреждений;
- уровень разукомплектованности.

В целом по рассматриваемым показателями имеет место стабильное изменение характеристик, объясняемое рядом причин. В частности, доля автомобилей, выбывших из эксплуатации, не имевших при этом существенных коррозионных повреждений стабильно снижавшаяся за рассматриваемый 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 относили к категории «брошенных и разукомплектованных» и вывозили на утилизацию принудительно.

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 разукомплектованности автомобилей.

Анализируя данные проведенного исследования парка, можно смоделировать среднестатистический автомобиль, выбывший из эксплуатации. Это легковой автомобиль малого класса, произведенный в России 17...20 лет назад. Состояние его кузова, как главного элемента конструкции позволяет восстановление, которое будет достаточно затратным, но при этом не увеличивающем существенно рыночную стоимость автомобиля на вторичном рынке, а следовательно, нецелесообразным. Уровень механических повреждений и уровень разукомплектованности позволяет использовать выбывший из эксплуатации автомобиль в качестве источника запасных частей и оборотных агрегатов, однако это будет справедливо лишь к автомобилям, выпущенным после 90-х годов, поскольку уровень спроса на агрегаты, узлы и элементы более старых автомобилей находится на низком уровне с тенденцией дальнейшего сокращения.

Проблема утилизации АТ давно волнует западноевропейские страны. Сейчас наиболее разумной является Директива Совета ЕС 2000/53 ЕС «Транспортные средства, вышедшие из эксплуатации» [70, 82, 83, 87, 92, 94]. В соответствии с требованиями этой директивы государства – члены ЕС обязаны предпринять меры для организации бесплатной для последнего владельца доставки автотранспортного средства на предприятия по переработке. А в части стоимости переработки автомобиля Евросоюзу практически удалось стандартизировать

эти затраты, полностью переложив их на цену продажи автомобиля производителем.

Уровень обеспеченности автомобилями в нашей стране в последние годы стремительно нарастает. Помимо 800 тыс. новых российских автомашин в год, в 2008–2011 годах в два-три раза больший поток образовывали иностранные автомобили. Пока считается, что скорость поступления автомобилей на списание намного ниже, однако она уже превысила 1 млн машин в год [60, 103, 104].

По оценкам специалистов, ежегодно подлежат утилизации 60...80 тыс. автомобилей в Московской области, 125...175 тыс. в Москве, свыше 80 тыс. в Санкт-Петербурге. Однако сейчас утилизируется незначительная часть этих автомобилей, притом что в Москве с 2001 года действуют 700 разных фирм по переработке лома, а также общегородская система (программа) «Авторециклинг» [60, 61, 65, 80, 96, 105, 106].

В ряде источников сообщается, что общегородская система «Авторециклинг» с точки зрения аппарата построена по трехуровневой схеме: 1-й уровень – производство; 2-й уровень – управление; 3-й уровень – координация.

На 1-м уровне системы находятся дирекции единого заказчика (ДЕЗ) районных управ и окружные предприятия сбора и переработки автотранспортных средств, такие как ЗАО «Тралекс», ООО «Дробус», ООО «ОрисПром». Окружные предприятия работают в тесном контакте с управляющими компаниями, по заявкам которых осуществляют вывоз брошенных автомобилей [26, 101, 102].

На 2-м уровне действуют организационные структуры, а именно: органы исполнительной власти – префектуры, районные управы и Управляющая компания «Мосавторециклинг». Они осуществляют функции управления и контроля над производственной инфраструктурой системы «Авторециклинг» 1-го уровня.

На 3-м уровне находится комплекс городского хозяйства и Департамент транспорта и связи, которые координируют функционирование общегородской системы «Авторециклинг». Контроль и отчетность внутри системы обеспечиваются единой формой документооборота, а также системой контроля и учета за движением материальных и финансовых потоков.

Финансирование действия общегородской системы «Авторециклинг» осуществляется из двух источников: городского бюджета и привлекаемых инвестиций, с дальнейшим переходом на самокупаемость. Сообщается, что производственные мощности, задействованные в рамках данной системы, получили финансирование и представляют собой:

- 9 площадок хранения и разборки брошенных и разукomплектованных автотранспортных средств общей емкостью до 50 тыс. автомобилей в год;

- производство по переработке крупногабаритного промышленного и автомобильного лома на базе промышленной компании «Втормет» производительностью 180 тыс. т в год;
- комплекс по переработке исчерпавших свой ресурс свинцово-кислотных аккумуляторов на базе ЗАО «Метком-групп» (г. Зарайск Московской области);
- производство по переработке крупногабаритного промышленного и автомобильного лома на базе ПК «Вторалюминпродукт».

Создан первый межрайонный пункт утилизации на базе ОАО «Вторметинвест» (Ногинский район Московской области), 12 пунктов предприятий-участников системы (ЗАО «Чермет Резерв» и ООО «Раммет») осуществляют сбор брошенных и выведенных из эксплуатации автотранспортных средств (табл. 1.3) [98].

Однако, по оценке экспертов, сейчас в Московском регионе собирается и перерабатывается не более 10 % выведенных из эксплуатации автомобилей, 5 % изношенных шин, перерабатывается около 20 % свинцового аккумуляторного лома [7, 12, 25, 37, 38, 39, 56].

По автомобильному металлолому загрузка мощностей программы «Авторециклинг», и специализированной шредерной линии в Некрасовке минимальна. В большей степени эти предприятия перерабатывают более выгодный амортизационный лом различного происхождения, причем все равно загружены только на 30...40 %.

Таблица 1.3

**Список пунктов утилизации по Москве, Московской области, Санкт-Петербургу и Ленинградской области [99]**

Субъект РФ	Организация
Московская область, город Мытищи	ООО «Вторчермет НЛМК Центр»
Москва	ООО «Промышленная компания «Втормет»
Московская область	ООО «Промышленная компания «Вторалюминпродукт»
Московская область, город Лобня	ЗАО «Петромакс»
Московская область, город Дзержинский	ООО «Орис Пром»
Санкт-Петербург	ООО «Завод Севзапсталь»
Санкт-Петербург	ЗАО «Петромакс»
Санкт-Петербург	ООО «Всевожский завод алюминиевых сплавов»
Ленинградская область, город Выборг	ЗАО «Петромакс»

Сбой программа рециклинга дала уже на первом, базовом уровне. В настоящий момент выявлением бесхозных автомобилей заняты сотрудники Объединения административно-технических инспекций (ОАТИ). Они проводят ежедневный мониторинг территории города, а также проверяют заявления жителей, которые жалуются на брошенные хозяевами машины. На заседании специальной комиссии с участием представителей ОАТИ и районной управы, автомобиль может быть признан бесхозным. В то же время в районных управах видят в поиске и оформлении брошенных автомобилей только лишние трудозатраты. Необходима целая процедура поиска хозяина с привлечением ГИБДД и отчуждения транспортного средства с помощью юристов. Законодательно она не подкреплена, поэтому обречена на неудачу. Если владельца не удастся найти или нет согласия владельца на утилизацию, то вывезти автомобиль нельзя. Цепочка прорабатываемых властями силовых мер включает ужесточение ответственности за неправильную парковку и эвакуацию с размещением на штрафстоянке. С введением зон платной парковки в Москве и с образованием единого регулятора в лице ГКУ «Администратор московского парковочного пространства» эти процессы приобрели большую активность, а с подачи московских властей к выявлению не эксплуатирующейся техники привлекли инициативных жителей [106].

Типовая стоимость скупаемого в России металлолома составляет только около 6000 руб. за т и колеблется в зависимости от рыночной конъюнктуры [100]. Для полноценной утилизации АТ обязательно нужны небольшие дотации местных или федеральных властей или (и) специальный налог для всех продавцов автомобилей. С 1 сентября 2012 года 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 [86].

Сейчас в России как экономические стимулы для сдачи автомобилей на лом, так и нормативно-правовая база отсутствуют. Выбывшие из эксплуатации автомобили образуют около 1 млн т легкого лома ежегодно [83, 85]. Соответственно, решение проблем нормативного и технологического обеспечения утилизации выбывшей из эксплуатации техники является актуальной проблемой.

Катализатором принятия действенных мер стал кризис 2008 года. Ключевым объектом поддержки Правительством РФ, наряду с другими стратегическими отраслями, стала российская автомобильная промышленность. Именно для его поддержки было принято постановление № 1194 от 31 декабря 2009 года «О проведении эксперимента по стимулированию приобретения новых автотранспортных средств взамен вышедших из эксплуатации и сдаваемых на утилизацию, а также по созданию в Российской Федерации системы сбора и утилизации вышедших из эксплуатации автотранспортных средств»

[4, 40, 99].

Еще до начала успех этого эксперимента у многих специалистов вызывал сомнение, поскольку большинство россиян не желало участвовать в программе утилизации старых автомобилей. По данным опроса, проведенного ВЦИОМ [95], лишь 41 % россиян, попадающих под действие программы утилизации, готовы были участвовать в проекте и планировали покупку нового автомобиля по правилам программы, 59 % россиян выражали нежелание участвовать в программе. Больше всего негативно настроенных на утилизацию было выявлено среди владельцев подержанных иностранных автомобилей (85 %), обеспеченных россиян (82 %), жителей северо-запада страны (93 %) и обеих столиц (80 %). Россиян не устраивали неподходящие условия проведения программы, в 37 % случаев этот факт был первичным при предполагаемом отказе от программы. 30 % граждан России и вовсе выразили полное недоверие к правительственным программам. Наибольшее недовольство российских автовладельцев (69 %) вызвал пункт о необходимости уплаты 3000 руб. для участия в программе [40].

Несмотря на негативное отношение к программе, за время ее действия было выдано почти 600 тыс. сертификатов и большинство именно в тех регионах, где было выявлено негативное отношение к ней [40]. Ключевой особенностью прошедшего эксперимента стало отсутствие типовых технологий утилизации списанной техники разных видов и отсутствие полноценного технологического оснащения предприятий, участвующих в программе. По условиям проведения эксперимента, автомобили должны были полностью разбираться и утилизироваться, а попадание на вторичный рынок старых запчастей и автомобилей было строго запрещено. Однако от контроля за соблюдением этих условий устранился и Минпромторг, запустивший эксперимент, и МВД [4, 40].

Авторами была проанализирована технология утилизации техники на различных предприятиях, оказывающих услуги технического сервиса населению и организациям. Наиболее существенное заключение, которое можно сделать по итогам этой работы – утилизация техники практически для любого предприятия является второстепенным побочным занятием. Это выражается как в подборе персонала, так и в технологическом оснащении.

На рис. 1.14 представлены основные эпизоды утилизации автомобиля. Можно обратить внимание, что из технологического оборудования используется либо кран-манипулятор на шасси грузового автомобиля, либо автокран.



Рис. 1.14 – Существующая технология утилизации техники в России

Демонтаж сводится к снятию колес, аккумуляторной батареи и иногда элементов из цветного металла (радиатор) и топливного бака (как правило, в целях безопасности, поскольку не всегда из него возможен слив остатков топлива из-за отсутствия сливного отверстия). Следующим этапом может быть разделка кузова, производящаяся вручную, чаще при помощи газовой резки. Необходимость разделки обусловлена особенностью конечной переработки кузова, как правило, определяющим фактором являются характеристики прессового оборудования и его технического состояния или потребностью пере-

возки для дальнейшей переработки. Если конечным этапом работы с кузовом является шредирование, то современные шредеры не требуют разделки кузова. Все работы по утилизации проводятся под открытым небом. Детальная разборка автомобиля на компоненты не производится, поскольку считается, что получаемый после шредирования лом достаточно хорошо очищен от примесей на линии магнитной сепарации.

Ряд предприятий в нашей стране можно считать передовыми в области утилизации автотракторной техники, именно они и попали в список Минпромторга. Утилизация не сводится к измельчению кузова, на этих предприятиях, например, на «Втормете», организованы посты подготовки к утилизации SHH 003E/12/H на базе модифицированного контейнера «Мультилифт» [108] (рис. 1.15). На таком посту демонтируются колеса, аккумуляторная батарея, сливаются жидкости с разделением на пять видов, другие демонтажные работы не проводятся из-за отсутствия необходимости в этом. Основная сфера деятельности компании – переработка металлолома, а современный шредер, имеющийся у нее в распоряжении, позволяет после измельчения кузова автомобиля получить три фракции: черные металлы, цветные металлы, шредерные остатки. Первые две фракции практически сразу готовы к использованию в металлургическом производстве, а третья фракция поступает на полигоны для захоронения. Демонтаж агрегатов и узлов, даже годных, не предусмотрен и даже не планируется в перспективе. Как показывает практика, эта задача чаще всего решается на уровне небольших предприятий технического сервиса.

Итог существующей технологии утилизации представлен на рис. 1.16. По мнению авторов и с учетом [13, 31, 59, 94], на захоронение поступает свыше 25 % массы легкового автомобиля, с сельскохозяйственной и коммерческой техникой ситуация несколько лучше, но только из-за особенностей конструкции, где нет большого разнообразия используемых материалов.

Анализ технического состояния агрегатов и узлов, демонтированных со списанной техники показал, что большинство изношенных деталей потеряли не более 1 % исходной массы, а износ их рабочих поверхностей не превысил 0,3 мм [36, 63, 64, 68, 69, 84]. При этом прочность деталей зачастую сохраняется, а их значительное число вообще не изнашивается.

При переплавке изношенных деталей безвозвратно теряется до 30 % металла, загрязняя окружающую среду выбросами вредных веществ. По сравнению с изготовлением новых, при восстановлении 1 т стальных деталей экономится 180 кВт·ч электроэнергии, 0,8 т угля, 0,4 т известняка, 173 м<sup>3</sup> природного газа [36]. Это особенно важно, когда продолжается увеличение потребления невозобновляемых природных ресурсов (угля, газа, нефти), ухудшается экология.



Рис. 1.15 – Технологическая цепочка утилизации автомобилей промышленной компании «Втормет»

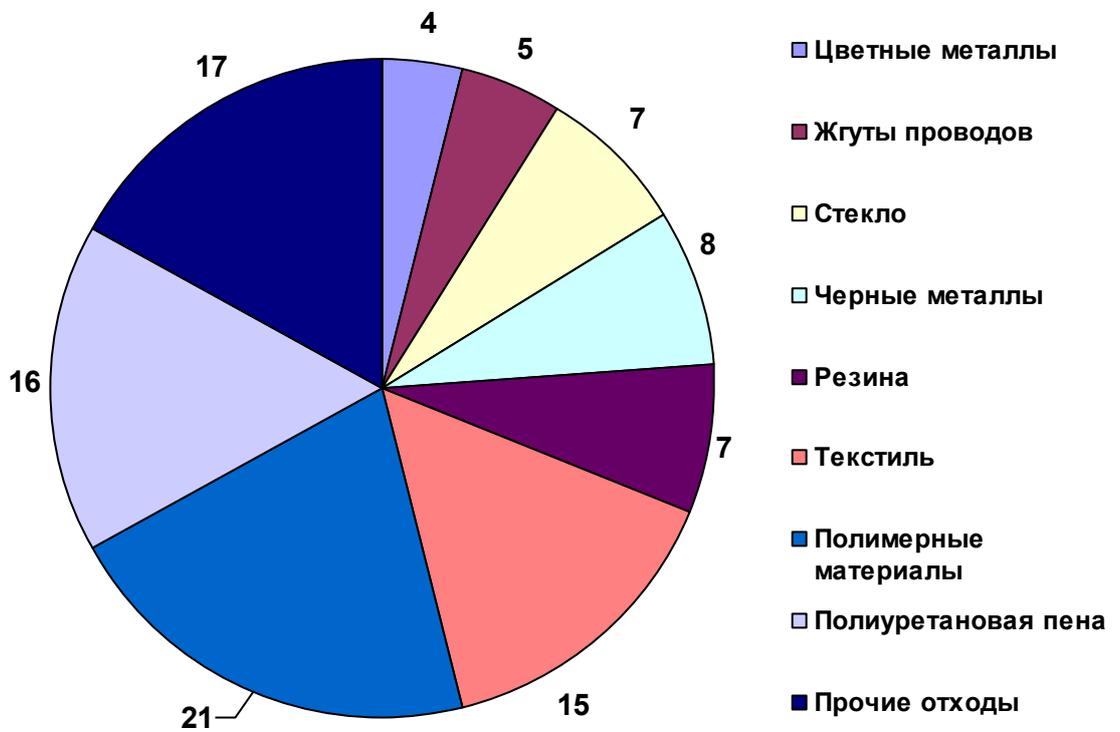


Рис. 1.16 – Состав остаточных отходов, в % от веса

Затраты на запасные части, используемые при ремонте машин, составляют 50...70 % его себестоимости, а восстановление изношенных ремонтпригодных деталей обходится в 30...50 % цены новых при сопоставимом ресурсе. Однако на практике пока продолжается использование при ремонте машин более 50 % новых и только до 8 % восстановленных деталей (табл. 1.4).

Восстановление деталей и их использование при ремонте машин обеспечивает сбережение ресурсов и дополнительно уменьшает загрязнение окружающей среды по сравнению с изготовлением новых, так как при этом выбросы вредных веществ (килограмм на один двигатель) снижаются в десятки и сотни раз (табл. 1.5).

Таблица 1.4

**Уровень использования новых и восстановленных деталей при ремонте [36]**

Наименование машины	Детали всех категорий на машину		Число деталей типовых, нагруженных, дефицитных, дорогостоящих на машину, ед.	Из них на машину, %			
	Среднее число, ед.	среднее число наименований, ед.		восстановленных	годных	покупных	бракованных
Тракторы	7850	2400	1900	3	35	54	3
Автомобили	6200	2050	1200	7,5	37	53	2,5
Зерноуборочные комбайны	5100	2050	1200	1	38	52	3
Сельскохозяйственные машины	350	160	170	5	39	53	3

Таблица 1.5

**Уровень выбросов вредных веществ при изготовлении новых и капитальном ремонте двигателей, кг/двигатель [36]**

Наименование выброса	КамАЗ-740			ВАЗ-1111		
	изготовление	капитальный ремонт	кратность	изготовление	капитальный ремонт	кратность
Аэрозоли	38,04	0,085	447	4,21	0,008	526
CO <sub>2</sub>	488,0	8,69	56	54,38	1,410	38
CO	95,9	0,642	149	10,62	0,034	312
SO <sub>2</sub>	22,8	0,030	760	2,52	0,001	2520
Энергозатраты, кВт·ч	1144	95,3	12,0	1126,1	95,6	11,78

Таким образом, резюмируя все вышесказанное, можно прийти к выводу, что требуется не просто утилизация техники с обновлением

парка, но и рациональное использование получаемого при утилизации сырья. Для легковых автомобилей, учитывая их конструктивные особенности, предпочтителен сбор и переработка всей массы материалов. Для коммерческой и сельскохозяйственной техники предпочтительно восстановление агрегатов и узлов, а при невозможности или неэкономичности на рынке, также направление всей массы материалов в повторное использование.

#### **1.4. Технология утилизации автомобиля за рубежом**

В сентябре 1997 года все ведущие европейские производители автомобилей (BMW, FIAT, FORD, OPEL, MERCEDES BENZ, PSA CITROEN, RENAULT, VOLVO, Volkswagen) опубликовали проект единой информационной системы, предназначенной для демонтажа агрегатов и узлов с автомобилей с целью их утилизации. Система носит название International Dismantling Information System (IDIS) – Международная информационная система по демонтажу автомобилей, имеет универсальную структуру, описывает последовательность и технологию демонтажа автомобилей, а также позволяет получить всю необходимую для демонтажа информацию. В ней приводятся также графические изображения деталей и компонентов для удобства идентификации [97]. Для полимерных материалов использованы международные сокращения и цветовая кодировка. Система стала быстро находить широкое применение в Западной Европе. Удобство этой компьютерной информационной системы заключается в ее универсальности, когда любая станция приемки и демонтажа отслуживших автомобилей в Европе может оперативно получить все необходимые данные по любому из имеющихся в системе автомобилей различных фирм, причем на любом национальном языке стран ЕС. К системе IDIS присоединились производители легковых автомобилей Японии, Северной Америки, Кореи. Система IDIS распространяется на CD-дисках и периодически обновляется и дополняется [97]. На начальном этапе в системе происходит идентификация модели и модификации автомобиля, года выпуска, фирмы-изготовителя. Информация о жидкостях, деталях, узлах, механизмах структурирована по 8 зонам:

- 1) компоненты обязательного демонтажа (слив жидкостей, удаление деталей, содержащих вредные вещества);
- 2) двери и остекление;
- 3) экстерьер;
- 4) панель приборов;
- 5) сиденья;
- 6) интерьер;
- 7) моторный отсек (подкапотное пространство);
- 8) багажное отделение.

По каждой детали в системе IDIS представлена подробная ин-

формация: наименование, количество, материал, масса детали, применяемые крепежные соединения, способы демонтажа, время на демонтаж, применяемые инструменты и другие необходимые пояснения и примечания. Пример перечня компонентов автомобиля VW Golf, рекомендуемых производителем для демонтажа и утилизации в системе IDIS, приведен в табл. 1.6, общий вид утилизируемой машины – на рис. 1.17.

Перед началом проведения демонтажа поступившего автомобиля производится его экспертная оценка специалистом предприятия. 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 или дополнительно переданная изготовителем автомобиля в виде бумажной документации или в электронном виде. 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, восстановление, в случае необходимости, и реализация на вторичном рынке подержанных запчастей от отслуживших автомобилей и составляют весомую долю дохода для предприятий по сбору и обработке отслуживших 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, которые также могут поступать на предприятия по сбору и обработке отслуживших автомобилей. Однако большинство поступающих автомобилей, имеющих 12...15-летний срок службы, не приносят прибыли, так как, по сути, имеют отрицательную стоимость.

В соответствии с требованиями Директивы 2000/53/ЕС, с каждого старого автомобиля на предприятии по обработке отслуживших автомобилей должны быть демонтированы и удалены определенные компоненты, входящие в обязательный список. В перечень обязательных для демонтажа с отслужившего автомобиля компонентов включаются [74, 92]: все эксплуатационные жидкости; аккумуляторные батареи; масляные фильтры; баки для жидкого топлива; баллоны для сжатого газа; шины; каталитические нейтрализаторы; свинцовые балансировочные грузики; подушки безопасности и другая пиротехника; все компоненты, содержащие ртуть.

Таблица 1.6

**Компоненты автомобиля Volkswagen Golf,  
рекомендуемые для демонтажа и утилизации [97]**

Компонент	Количество компонентов	Материал(ы)	Масса, г (объем, мл)
1	2	3	4
<b>Группа 1</b>			
Аккумуляторная батарея	1	PP, Pb, элек- тролит	17369
Подушка безопасности водителя	1	смешанные	1565
Подушка безопасности пассажира	1	смешанные	2921
Боковые подушки безопасности	2	смешанные	1154
Преднатяжители ремней безопасности	2	смешанные	2004
Балансировочные грузики колес	10	Pb	250
Противовес рулевого колеса	1	Pb	500
Лампы блок-фары	2	Hg	24
Система кондиционера	1	R134a	500 мл
Топливо	1	бензин	10000 мл
Моторное масло		масло	3200 мл
Трансмиссионное масло		масло	4050 мл
Амортизаторное масло	4	масло	620 мл
Жидкость гидроусилителя		жидкость	512 мл
Тормозная жидкость		жидкость	306 мл
Охлаждающая жидкость		жидкость	6800 мл
Омывающая жидкость		жидкость	2000 мл
Шины	5	резина, сталь	45795
Каталитический нейтрализатор	1	керамика, металл	8511
<b>Группа 2</b>			
Лобовое стекло	1	стекло	11326
Стекло передней двери	2	стекло	6046
Заднее боковое стекло	2	стекло	5610
Стекло задней двери 1	2	стекло	4970
Стекло задней двери 2	2	стекло	1055
Заднее стекло	1	стекло	4458
<b>Группа 3</b>			
Топливный бак	1	PE-HD	5895
Задний бампер	1	PP-EPDM	5701
Передний бампер	1	PP-EPDM	457
Поддон двигателя	1	PP	8260
<b>Группа 4</b>			
Панель приборов	1	PPE+PS	7675
Перчаточный отсек	1	ABS	2105
Центральная консоль 1	1	ABS	610
Центральная консоль 2	1	ABS	536
<b>Группа 5</b>			
Крепление ремня	2	PA6	276
Задний ремень	2	PET	340

Передний ремень	2	РЕТ	386
-----------------	---	-----	-----

*Продолжение таблицы 1.6*

1	2	3	4
<b>Группа 5</b>			
Крепление ремня	2	РА6	276
Задний ремень	2	РЕТ	340
Передний ремень	2	РЕТ	386
<b>Группа 6</b>			
Облицовка центральной стойки	2	РР	722
Облицовка передней стойки	2	РР	370
Облицовка передняя	1	РР	117
<b>Группа 7</b>			
Крышка двигателя 1		РА6	713
Кожух воздушного фильтра		РР-TD20	243
Кожух воздуховода		РР	492
Крышка двигателя 2		РА6	237
Облицовка		РА6	174
Облицовка двигателя 1		РР-EPDM	402
Облицовка двигателя 2		РР-EPDM	356
Бачок омывателя		РЕ-HD	499
Бачок охлаждающей жидкости		РР	309
Бачок гидроусилителя руля		РА66-GF25	227
Бачок тормозной жидкости		РР	128
<b>Группа 8</b>			
Облицовка багажного отсека	1	РР-TD20	537

Всего 79 позиций. Объем жидкостей – 17,988 л.

Масса компонентов – 151,336 кг.

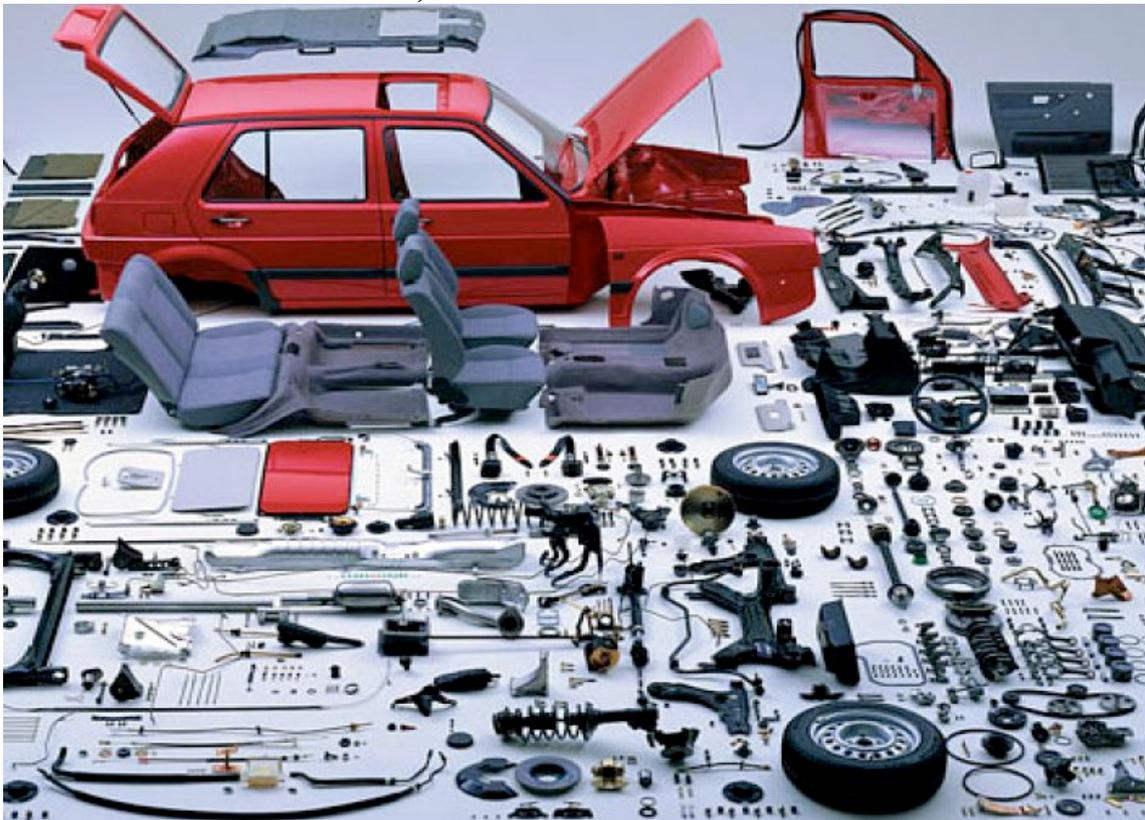


Рис. 1.17 – Пример полной разборки автомобиля для утилизации или

использования в качестве источника запасных частей [109]

Учитывая, что слив всех эксплуатационных жидкостей, демонтаж взрывоопасных пиротехнических элементов и компонентов, содержащих ртуть, не только требуют затрат времени, но и имеют повышенные требования безопасности к выполнению работ, становится понятным, что выполнять требования и рекомендации Директивы в полном объеме – дело довольно трудоемкое и дорогостоящее. Причем необходимо стараться производить все эти работы быстро и эффективно, невзирая на развившуюся коррозию крепежных элементов, уложившись по причинам экономической эффективности в очень непродолжительное время, с тем чтобы затраты на демонтаж и обработку старого автомобиля не превышали 50...80 евро (величина утилизационного сбора в ряде стран Европы). Иначе разборка и утилизация отслуживших автомобилей станет нерентабельной.

### **1.5. Образование отходов технического обслуживания и ремонта**

Ряд исследователей [13, 25], оценивая возможные объемы образования выбывших из эксплуатации компонентов и материалов, отталкивались от статистики списания или снятия с учета для утилизации различных видов транспортных средств, а также статистические материалы различных специализированных предприятий таких как «Втормет», «Промотходы» и др. При всей объективности такого подхода следует заметить, что таким образом могут занижаться возможные объемы выбытия из эксплуатации компонентов и материалов как в целом по стране, так и по отдельным регионам. Анализируя рынок новых комплектующих, можно достаточно точно спрогнозировать объемы выбывающих компонентов и материалов, поскольку приобретение новой детали для автомобиля означает возникновение необходимости утилизировать старую. И если для предприятий, эксплуатирующих и обслуживающих автомобильную или сельскохозяйственную технику, дальнейший путь списанных деталей достаточно четко расписан, то для остального рынка, а это практически 90 % автомобильного парка, путь никак не регламентирован (рис. 1.18) [20].

Российский рынок автомобильных комплектующих и запасных частей имеет ряд отличительных особенностей от таких более цивилизованных рынков, как европейский или американский. Эти особенности связаны с историей формирования рынка, географией и климатом страны, а также с менталитетом участников рынка. Не последнюю роль здесь играет бедность большого числа реальных и потенциальных потребителей [33, 73, 75, 78, 79, 91].

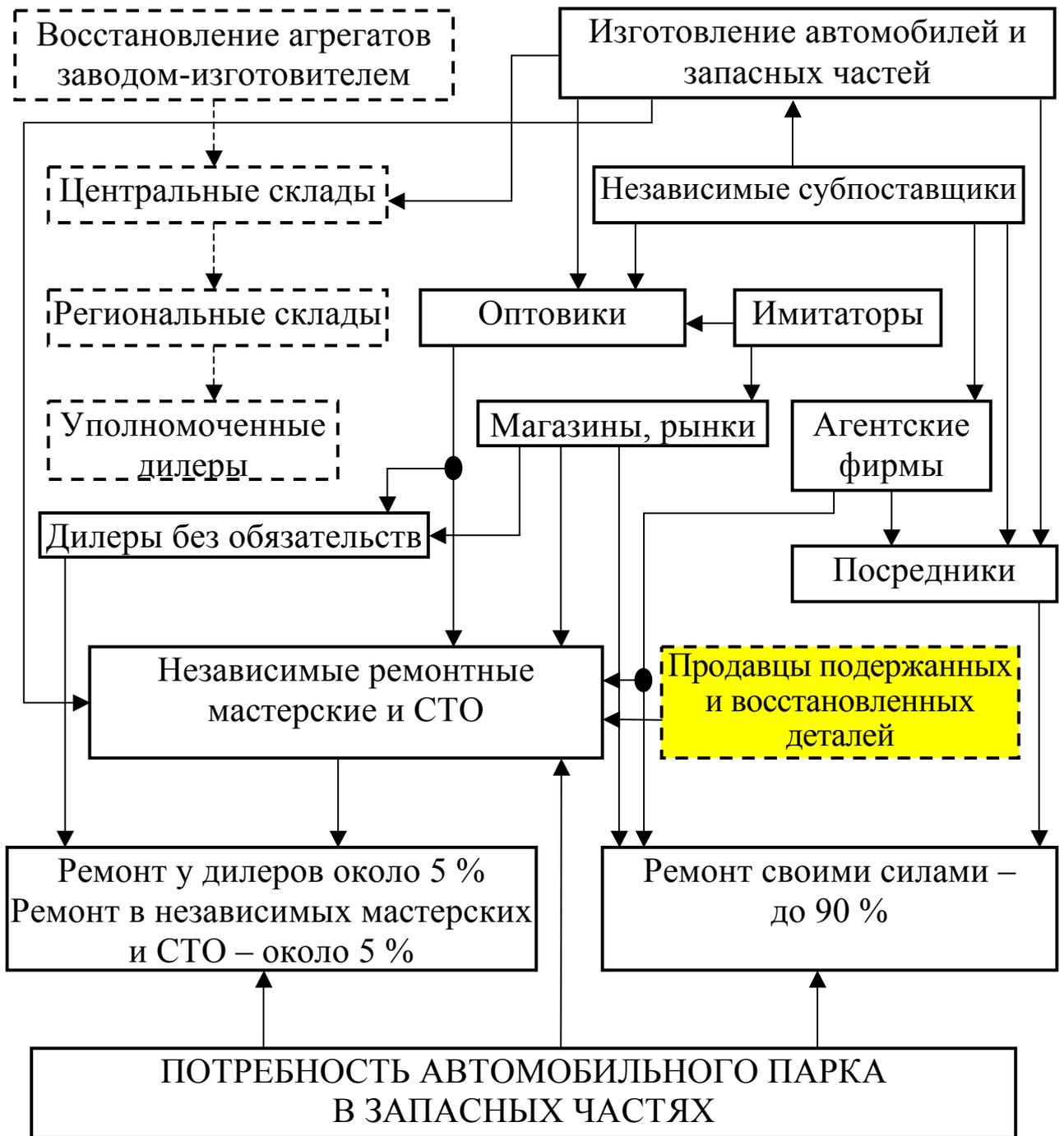
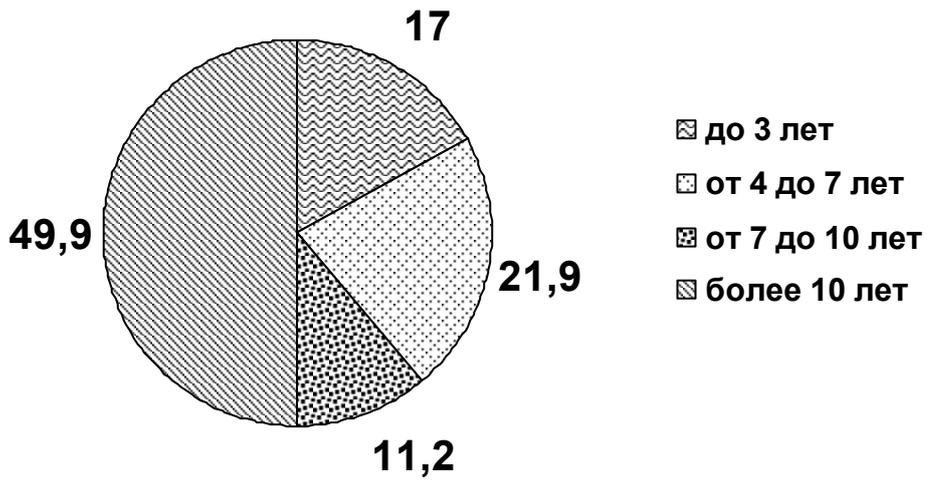
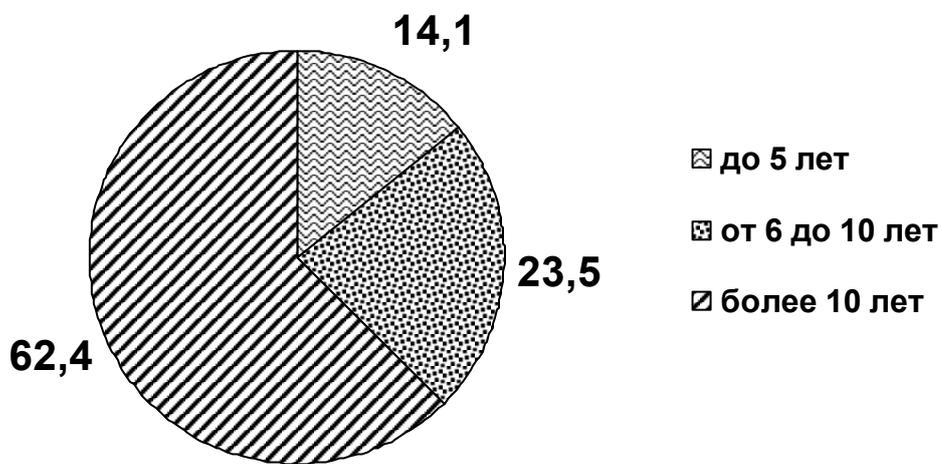


Рис. 1.18 – Схема отечественной системы материально-технического обеспечения

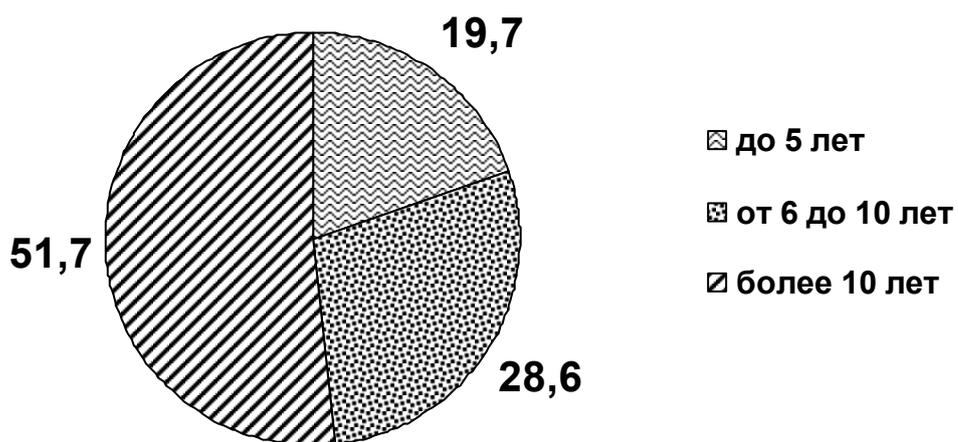
Автомобильный парк в РФ имеет достаточно большой средний срок службы и требует постоянного обслуживания и ремонта. Доля легковых автомобилей старше 10 лет составляет почти 50 %, а на долю машин в возрасте до 5 лет приходится всего порядка 20 %. Средний срок службы сельскохозяйственной и другой коммерческой техникой еще больше чем у легковых автомобилей, доля машин с возрастом более 10 лет превышает 60 % (рис. 1.19, 1.20) [62, 107].



а



б



в

Рис. 1.19 – Возрастной состав парка: а – легковые автомобили; б – грузовые автомобили, в – автобусы, %

В эксплуатации находится достаточно много старых российских моделей, особенно в сегменте грузовых автомобилей и автобусов. Например, доля вазовской «классики» в российском парке легковых автомобилей составляет 28,4 %, доля «Москвичей» – 6,6 %, «Волг» – 6 %, «ЗАЗов» – 3,3 %, «УАЗов» – 2,5 % и т. д. (рис. 1.21) [17, 53, 81, 89]. На российских заводах только в 2013 году завершился выпуск моделей, разработанных в 70–80-х годах прошлого века. Смена модельного ряда на российских заводах происходила очень медленно.

Парк грузовых автомобилей еще более архаичный и инертный. На долю грузовых автомобилей «ГАЗ» приходится 23,2 % парка, на «КамАЗ» – 20,6 %, «ЗИЛ» – 18 %, при том что почти десять лет завод не ведет массовый выпуск продукции.

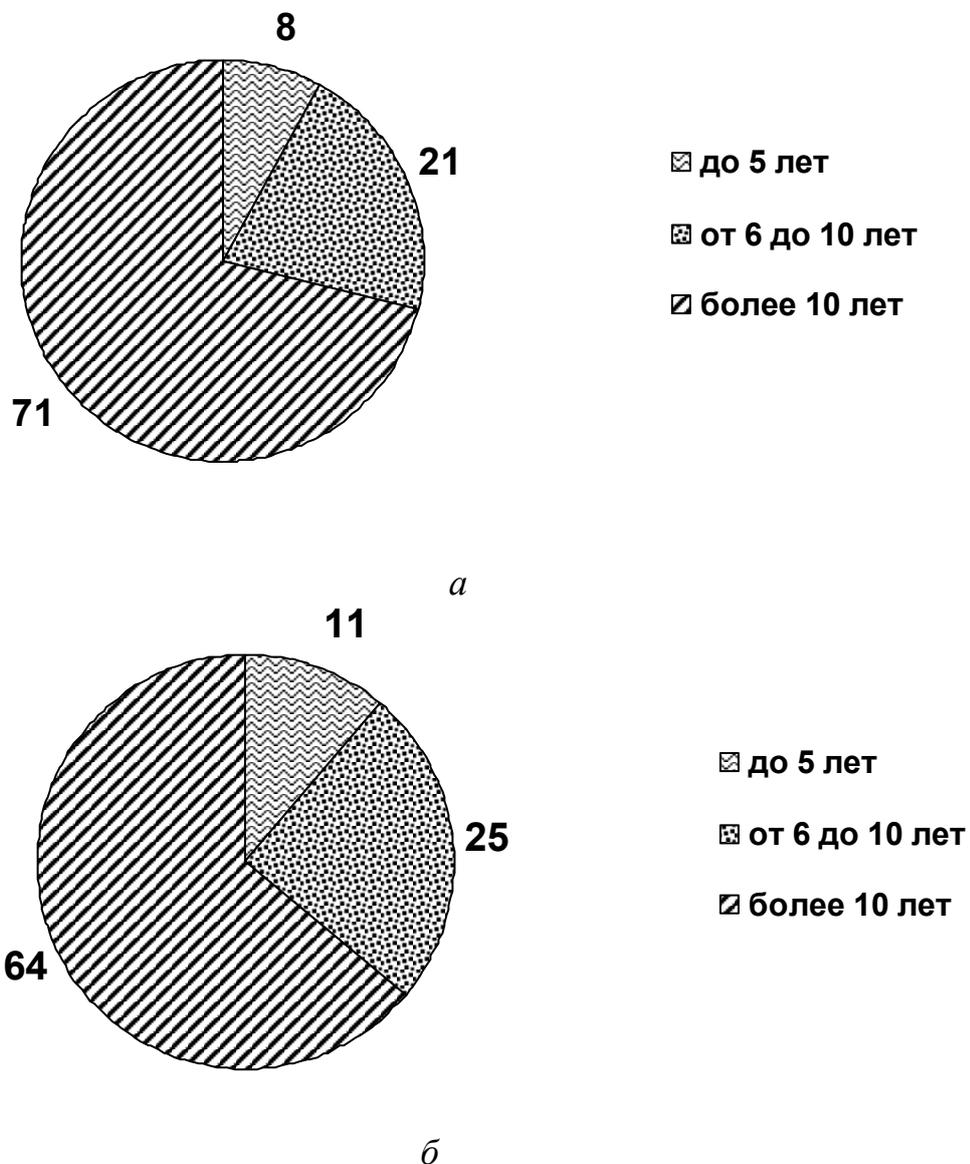


Рис. 1.20 – Возрастной состав парка: а – тракторы; б – зерноуборочные комбайны, %

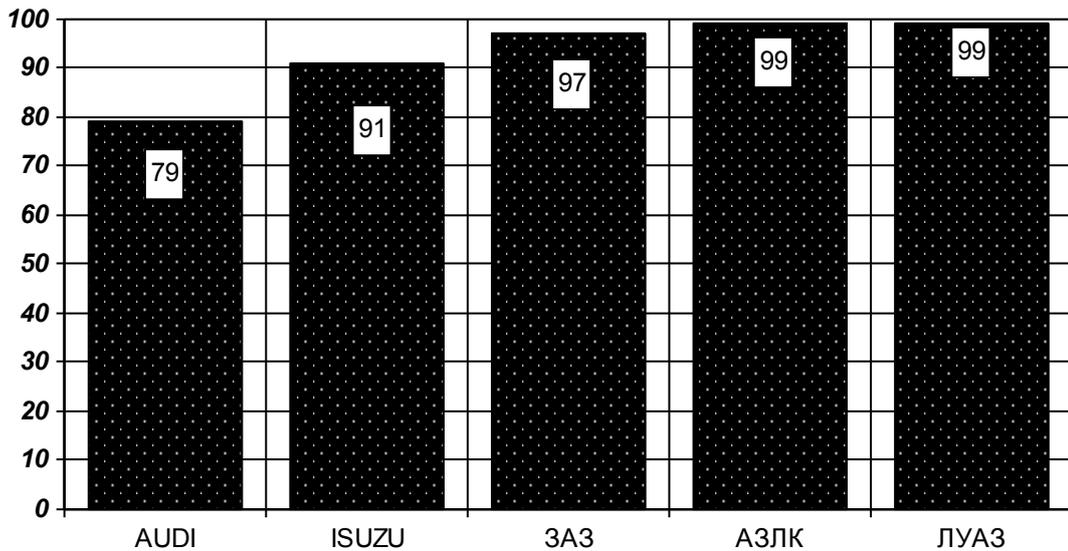


Рис. 1.21 – Доля автомобилей, преодолевших рациональный срок службы, %

Часть факторов (климат, дороги, расстояние между населенными пунктами, аварийность) носит постоянный характер и не претерпит изменений еще очень долгое время. А вот факторы, связанные со структурой парка, модельным рядом и качеством комплектующих, в последнее время претерпевают существенные изменения.

Низкое качество автомобильных дорог отмечается практически повсеместно. Пожалуй, только в Москве и еще в некоторых наиболее крупных городах РФ дорожные покрытия можно считать приемлемыми. Хотя и здесь они хуже, чем во многих европейских странах, а это создает повышенную нагрузку на ходовую часть машины, рулевое управление, трансмиссию и т. д. Географическое расположение и заселенность северных регионов нашей страны накладывает свой отпечаток на условия эксплуатации автомобилей. Суровые зимы с температурой ниже минус 30...40°C создают дополнительные нагрузки не только на систему пуска автомобиля, но и на многие другие узлы, агрегаты и материалы, которые начинают выходить из строя значительно чаще, чем в европейских странах с мягким климатом.

Число аварий на единицу транспорта в России – одно из самых высоких в мире. Каждый год регистрируется порядка 300 тыс. ДТП различной степени тяжести. Если предположить, что в ДТП повреждаются в среднем две машины, то получается, что ежегодно каждый пятидесятый автомобиль попадает в аварию. Причин высокой аварийности много, среди основных можно выделить следующие:

- плохая организация дорожного движения;
- неудовлетворительное качество дорог;
- эксплуатация большого количества автомобилей, не прошедших реального ежегодного техосмотра.

Массовая бедность российского населения в прошлом десятиле-

тии привела к огромному распространению на рынке дешевых комплектующих и запасных частей очень низкого качества. Реальный ресурс ходимости многих узлов, агрегатов и запчастей порой на порядок ниже заявленных эксплуатационных сроков. Стремление к экономии заставляет также многих автолюбителей заниматься ремонтом «своими силами» или при помощи механика в гаражных условиях, доля самостоятельного обслуживания доходит до 62 % в целом по стране [18].

Потребность автомобилей в запчастях – это технически обоснованное количество, которое необходимо для поддержания в исправном состоянии парка автомобилей в пределах заданного срока службы. Потребность в комплектующих для первичного рынка формируется производством автомобилей и определяется объемами их выпуска на сборочных конвейерах. Потребность в запасных частях для вторичного рынка (а, соответственно, объемы образования отходов после замены) возникает при проведении технического обслуживания и ремонта, а также в связи с аварийными ремонтами. Она определяется исходя из двух основных параметров – парка автомобилей и эксплуатационного ресурса запчастей.

Эксплуатационный ресурс (технический) – это наработка узла или детали до достижения им предельного состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация невозможна или нежелательна из-за снижения эффективности либо возросшей опасности для безопасности дорожного движения. Реальный эксплуатационный ресурс различных деталей одного наименования может быть совершенно разным. Поэтому для определения количества замен используется расчетный ресурс деталей – средневзвешенная величина по некоторому числу данных по каждой позиции. Для его определения используются как эксплуатационные данные конкретных моделей, полученные из различных источников, так и экспертные оценки специалистов.

Количество замен и используемых материалов формируется под влиянием множества факторов, которые могут как стимулировать рынок, так и сдерживать его развитие, ограничивая его емкость. Основные факторы, характеризующие объективную потребность в запчастях для вторичного рынка в России, следующие:

- размеры и структура автомобильного парка;
- надежность конструкций моделей;
- уровень качества изготовления автомобилей;
- условия эксплуатации автомобилей;
- уровень качества сервисного обслуживания и ремонта;
- фактический срок службы и эксплуатации автомобилей;
- цены на запасные части и услуги автосервиса;
- наличие средств у потребителей на запчасти.

Методика расчета объемов выбытия компонентов и материалов

базируется на двух основных параметрах: эксплуатационном ресурсе деталей и обслуживаемом автомобильном парке. В качестве базового параметра ежегодный пробег автомобилей был принят равным 25 тыс. км в год. Это подтверждается рядом опросов в сети Интернет, в которых приняло участие более 15 тыс. респондентов [106, 107].

Обслуживаемый автомобильный парк, который брался для различных позиций запчастей, разный. За базу для его расчетов была принята статистика ГИБДД за предыдущие годы – 28,3 млн шт., в том числе 8,3 млн иномарок и 20 млн отечественных авто. С учетом того что не все автомобили, числящиеся на учете в ГИБДД, являются обслуживаемыми, многие из них могут быть не на ходу, для расчетов было принято, что иностранных автомобилей – 8 млн ед., а отечественных – 17,5 млн. ед.

В парке отечественных автомобилей пока еще преобладают карбюраторные машины, хотя их доля стремительно падает. Среди иномарок подавляющее большинство оснащено системами впрыска. Такая классификация влияет, прежде всего, на расчеты объемов выбраковки фильтрующих элементов, элементов системы зажигания и топливной системы.

Доли отечественных автомобилей с различными типами привода были оценены, исходя из факта, что 70 % парка имеют задний и полный привод и 30 % – передний. Практически все 100 % отечественных автомобилей оснащены на задней оси барабанными тормозами. На иностранных автомобилях данное соотношение принято как 50/50. Доля иностранных автомобилей, оснащенных АКПП, принята за 46 % от обслуживаемого парка. Российские автомобили с АКПП фактически появились только в прошлом году.

Значение расчетного эксплуатационного ресурса деталей получается как среднее между минимальным и максимальным значением по каждой позиции. Для его определения используются как эксплуатационные данные конкретных моделей, полученные из различных специализированных СМИ [103, 107], так и экспертные оценки специалистов системы «АвтоВАЗтехобслуживание» и НТЦ АВТОВАЗа.

Все данные по ресурсу деталей сводятся к единому параметру – наработке, выраженному в единицах пробега, хотя эксплуатационный ресурс по некоторым позициям принято определять временными интервалами, например, аккумулятор, часть эксплуатационных жидкостей, фильтры и ряд деталей.

Исходя из расчетного ресурса деталей и среднего пробега в 25 тыс. км, при расчете объемов выбытия определялся коэффициент охвата, отражающий, сколько раз в год приходится заменять рассчитываемую деталь. Благодаря его применению удастся корректировать значение парка машин, на которых в рассматриваемый период времени может требоваться замена того или иного узла, детали или агрегата. Так, при ресурсе в 25 тыс. км его замена производится ежегодно,

соответственно, коэффициент охвата равен единице, а парк – текущему значению. При пробеге 50 тыс. км коэффициент равен 0,5, а обслуживаемый парк уменьшается. При пробеге 75 тыс. км коэффициент охвата равен 0,3 и так далее (табл. 1.7).

Таблица 1.7

### Величина коэффициента охвата и расчетные параметры парка

Пробег, тыс. км	Коэффициент охвата	Парк, млн. шт.	
		Иностранные автомобили	Отечественные автомобили
25	1	8	17,5
50	0,5	6,5	17,5
75	0,3	5,5	17,5
100	0,25	4,6	17,5

Лидерами на вторичном рынке компонентов и запчастей можно считать два сегмента – шины и масла. Емкость рынка шин оценивается авторами в 42 млн покрышек в год. Ежегодно для обслуживания парка легковых автомобилей требуется более 200 млн л моторного масла, порядка 45 млн л трансмиссионного, более 100 млн л тосола и антифриза (рис. 1.22).



Рис. 1.22 – Структура вторичного рынка автокомпонентов по стоимости, %

Среди прочих групп запчастей можно выделить детали кузова, детали экстерьера и интерьера автомобиля, детали вспомогательных систем. Представленная структура обусловлена российскими условиями эксплуатации автомобилей с плохими дорогами и суровым кли-

матом. Не последнюю роль играет и качество самих комплектующих.

Общий объем шин, выбывающих из эксплуатации в количественном выражении, оценивается в 57...60 млн шт. Около 75 % от этого количества традиционно составляют шины для легковых и легких коммерческих автомобилей. Таким образом, списываемое владельцами легковых автомобилей количество шин данного типа оценивается в 45 миллионов штук. Расчеты, основанные на среднегодовом пробеге автомобилей в России, среднем ресурсе шины и обслуживаемом парке, позволяют оценить величину выбытия легковых шин в количественном выражении на уровне 42 млн шт. Количество выбывающих из эксплуатации шин несколько ниже рыночных прогнозов, поскольку в России широко распространена практика, когда бывшие в употреблении покрышки не утилизируются и не попадают на свалку, а перепродаются другим владельцам. Их процент относительно невелик, но стабилен. Шины, списываемые с грузовых автомобилей, автобусов и сельхозтехники, как правило собираются предприятиями и централизованно передаются на переработку.

Таблица 1.8

**Расчет объемов выбытия автомобильных шин**

Компонент	Ресурс, тыс. км				Парк млн шт.	Объем выбытия, млн шт.
	min	max	расчет	коэффициент охвата		
Летние шины	50	100	75,0	0,30	23,00	27,60
Зимние шины	50	100	75,0	0,30	12,00	14,40
Итого						42,00

Объемы списания аккумуляторных батарей в последние несколько лет изменялись очень динамично: сказывался значительный прирост парка легкового транспорта, пополняемый в значительной степени подержанной техникой из-за границы. Среднегодовой рост количества списываемых аккумуляторов составлял около 3...4 % в год, хотя уже сейчас наметилась тенденция по замедлению прироста благодаря полному вытеснению ввозимых подержанных иностранных автомобилей новыми, собираемыми в России. Согласно различным оценкам, количество списываемых аккумуляторных батарей составляло 9,5...10 млн шт. [107]. Из этого числа около 80 % приходится на легковой транспорт, оставшиеся 20 % – на грузовики и автобусы. Таким образом, согласно грубой оценке по данным различных источников, количество аккумуляторов, списываемых с легковых автомобилей и не сдаваемых централизованно на переработку, составляет около 8,5 млн ед. Согласно оценкам, основанным на среднем ресурсе аккумуляторной батареи в 4 года (именно столько служит АКБ при пра-

вильном уходе и нежестких режимах эксплуатации) и обслуживаемом парке в 22 млн легковых автомобилей, ежегодная выбраковка аккумуляторов российскими автовладельцами оценивается в 7,7 млн ед. Эта величина может колебаться в довольно широком диапазоне, так как сказывается сильная зависимость ресурса АКБ от климатических и дорожных условий эксплуатации.

Таблица 1.9

### Расчет объемов выбытия автомобильных аккумуляторов

Компонент	Ресурс, лет				Парк, млн шт.	Потребность, млн шт.
	min	max	расчет	коэффициент охвата		
АКБ	3	5	4,0	0,35	22,00	7,70
Итого						7,70

По оценкам специалистов, объем замен масел и прочих рабочих жидкостей – это более 400 млн л. Более половины от этого объема, составляют моторные масла, значительно уступают охлаждающие жидкости (24,8 %) и трансмиссионные масла для различных типов коробок переключения передач (10,7 %) (рис. 1.23).

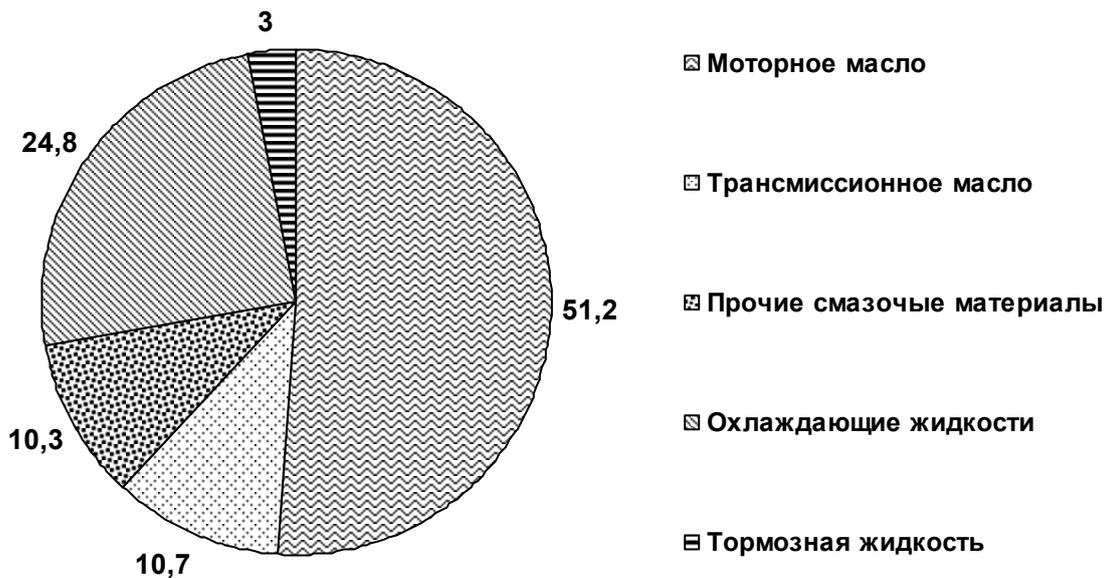


Рис. 1.23 – Структура потребности в эксплуатационных материалах, %

В подавляющем большинстве подвижных соединений силовых агрегатов для смазки применяются различные масла. Составы данной категории составляют значительную часть автомобильных эксплуатационных материалов. Большие объемы замен моторного масла связаны с относительно небольшой периодичностью между заменами (от 15 до 10 тыс. км). При среднем годовом пробеге в 25 тыс. км смена масла требуется примерно два раза в год.

Трансмиссионное масло и жидкость для автоматических короб переключения передач требуют замены с примерно равной периодичностью (раз в 3–4 года). Объемы замен охлаждающих жидкостей оценивается примерно в 100 млн л в год. Объем замен тормозной жидкости оценивается в 12 млн л.

Таблица 1.10

**Объемы отработанных эксплуатационных материалов на парк легковых автомобилей в год**

Вид материала	Объем, млн л
Моторное масло	206,67
Трансмиссионное масло и ATF	43,33
Тормозная жидкость	12,00
Антифриз	100,00
Прочие смазочные материалы и рабочие жидкости	41,41
Итого	403,41

Таблица 1.11

**Расчет объемов выбытия эксплуатационных материалов**

Материал	Ресурс, тыс. км				Парк млн шт.	Объем, л		
	min	max	расчет	коэф-фициент		1 автомобиль	всего, млн.	
<b>Иностранные марки</b>								
Моторное масло	10	20	15,0	1,67	8,00	5,00	66,67	
Трансмиссионное масло для МКПП	40	80	60,0	0,42	9,0	4,00	7,50	
Рабочая жидкость для АКПП	40	80	60,0	0,42	2,00	8,00	6,67	
Тормозная жидкость	40	60	50,0	7,0	1,00	1,00	3,25	
Антифриз	40	80	60,0	0,42	6,50	10,00	27,08	
Итого							111,17	
<b>Российские марки</b>								
Моторное масло	10	15	12,5	2,00	17,50	4,00	140,00	
Трансмиссионное масло	40	80	60,0	0,42	17,50	4,00	29,17	
Тормозная жидкость	40	60	50,0	4,00	17,50	1,0	8,75	
Антифриз	40	80	60,0	0,42	17,50	10,00	72,92	
Итого							250,83	
Прочие СМ и РЖ	Оценочно 10 %							41,41
Потребность в маслах и смазочных материалах в целом							403,41	

Количество фильтрующих элементов для транспортных средств, заменяемых ежегодно, составляет более 117 млн штук. Такие объемы связаны с высокой частотой смены фильтрующих элементов и их широкой номенклатурой. Масляные фильтры характеризуются наиболее

частой заменой (около 2 раз в год) и годовая потребность в них оценивается на уровне 48,33 млн штук.

Салонные фильтры подлежат замене реже (один раз в год) и количественно занимают довольно скромную долю рынка фильтров (6 %). Связано это с малым парком автомобилей, которые ими изначально были оснащены. Топливный и воздушный фильтры делятся на две принципиально разные большие группы: для автомобилей с карбюраторной и инжекторной системами питания. Они отличаются и внешне, и конструктивно.

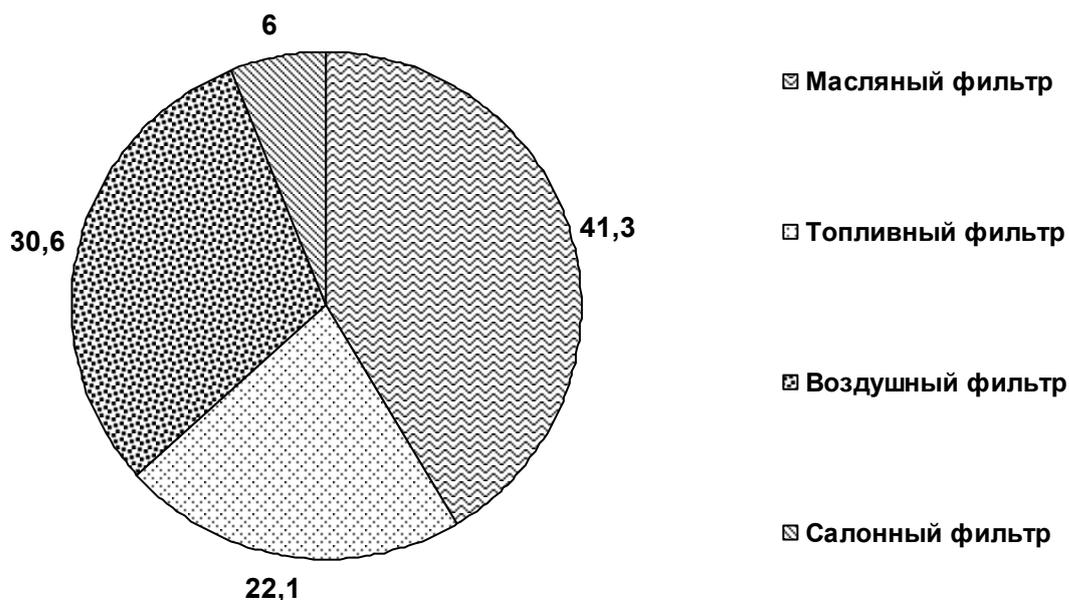


Рис. 1.24 – Структура потребности в фильтрах, %

Таблица 1.12

### Определение объемов выбытия автомобильных фильтров

Материал	Ресурс, тыс. км				Парк млн шт.	Потребность, млн шт.
	min	max	расчет	коэффици- циент		
<b>Иностранные марки</b>						
Масляный фильтр	10	20	15,0	1,67	8,00	13,33
Топливный фильтр	20	60	40,0	0,63	6,50	4,06
Воздушный фильтр	20	40	30,0	0,83	8,00	6,67
Салонный фильтр	15	35	25,0	7,0	7,00	7,00
Итого						31,06
<b>Российские марки</b>						
Масляный фильтр	10	15	12,5	2,00	17,50	35,00
Топливный фильтр карб.	10	30	20,0	1,25	15,00	15,00
Топливный фильтр инж.	10	30	20,0	1,25	7,50	9,38
Воздушный фильтр карб.	10	20	15,0	1,67	25,00	16,67
Воздушный фильтр инж.	10	20	15,0	1,67	7,50	12,50
Итого						86,04
Потребность в фильтрах в целом						117,10

### 1.6. Анализ публикаций по утилизации техники. Выводы

Публикации, связанные с совершенствованием работы предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых должна входить утилизация 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 эксплуатации.

Первое научное исследование, обобщающее опыт развитых стран и предлагающее основные принципы упорядочения обращения с отходами на этапе эксплуатации автотранспортных средств – [25]. В работе подробно рассмотрена методика расчета количества выбывающих из эксплуатации компонентов на статистических данных 1999–2000 годов, а также разработаны подходы к моделированию транспортного обслуживания предприятий сбора и переработки выбывшей из эксплуатации техники.

Второе крупное исследование, проведенное в последнее время, было направлено на изучение и анализ законодательной базы, связанной с процессами утилизации автомобильной техники за рубежом и в России [13]. 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 клиентов, реализации годных к использованию запасных частей, вос-

становленных машин (особенно применительно к сельскохозяйственной технике), сдачей утильсырья предприятиям-переработчикам.

Общие принципиальные направления эффективной работы предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых входит утилизация выбывшей из эксплуатации техники, изложены в основополагающих работах [41, 42, 45, 46] 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 [68, 69, 77]. 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 предприятий 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 [8, 9, 10, 34, 48, 66, 67, 75, 76].

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 отличается исследование [41], в котором рассматриваются концептуальные основы и научное обеспечение технологической утилизации сельскохозяйственной техники. Комплексное исследование, посвященное утилизации и повторному использованию отработанных моторных масел, представлено в работе [48].

В исследованиях [18, 31, 44] 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 условиях реальных предприятий организовать процессы эффективной переработки выбывшей из эксплуатации техники и отходов технического обслуживания.

Ключевым моментом всех вышеназванных работ стало отсутствие предложений по работе с населением городов, сельских поселений, направленной на повышение полноты сбора и утилизации выбывших из эксплуатации автомобилей и, что особенно важно, различ-

ных компонентов и материалов выбывших после самостоятельно проведенного технического обслуживания и ремонта.

Наиболее полное и всестороннее обобщение опыта зарубежных стран и субъектов Российской Федерации по вопросам сбора и утилизации выбывших из эксплуатации транспортных средств приведено в работе [82]. В ней рассмотрены особенности построения системы утилизации выбывших из эксплуатации автомобилей, методы и результаты оценки ее эффективности в зависимости от различных факторов при реализации разных сценариев развития, предложены меры по совершенствованию нормативно-правовой базы, экономических и административных рычагов управления, повышению эффективности системы.

Математические методы формирования системы утилизации выбывших из эксплуатации автомобилей и отдельных компонентов представлены в работах [5, 11, 72]. Пристальное внимание уделено математическому описанию процессов сбора и перевозки различных компонентов, прогнозированию характеристик и расстановке составляющих системы утилизации.

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 до настоящего времени пока отсутствует обобщенное комплексное исследование, связанное с разработкой эколого-ориентированных технологических процессов утилизации техники, позволяющих снизить нагрузку на окружающую среду от вовлечения всех материалов, используемых в ней в переработку при рациональных затратах трудовых и материальных ресурсов.

Обобщая представленные выше исследования, следует отметить, что 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 автомобилей и транспортно-технологических средств. Основной задачей такого предприятия является оказание транспортным и сельскохозяйственным предприятиям, жилищно-коммунальным управлениям городов и сельских населенных пунктов, индивидуальных владельцев машин всех необходимых услуг, связанных с экологически безопасной утилизацией техники путем создания в своей структуре соответствующих специализированных отделов. Все специализированные отделы такого предприятия подразделяются на пять основных групп:

- 1) оказание производственных услуг в торгово-посреднической деятельности, включающей покупку или приемку у предприятий-клиентов бывшей в употреблении техники, продажу восстановленных машин и бывших в употреблении, но еще годных к использованию запасных частей, продажу рассортированного по типам утильсырья;

2) оказание услуг по транспортному обслуживанию предприятий-клиентов, включающее вывоз выбывшей из эксплуатации техники всех видов, использованных эксплуатационных материалов и компонентов, выбракованных в процессе ремонта;

3) оказание услуг по технической эксплуатации машин, включая хранение, ремонт и техническое обслуживание машин (оказание этого вида услуги возможно в случае, если утилизация техники становится дополнительным видом деятельности существующего предприятия технического сервиса);

4) выполнение работ, связанных с утилизацией выбывшей из эксплуатации техники, включающее слив эксплуатационных жидкостей, демонтаж агрегатов, сортировку утильсырья по видам и подготовку к повторному использованию;

5) оказание учебно-консультационных услуг по всем вопросам, связанным с утилизацией техники, включая научные, нормативно-технологические, юридические и другие.

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

## **Глава 2.**

### **Теоретические основы разработки технологических процессов**

## утилизации автотракторной техники

### 2.1. Общие принципы определения эффективных параметров использования средств технологического оснащения предприятий утилизации

В ближайшие 5...7 лет количество списываемой в России автотракторной техники 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 планы правительства, направленные на поддержку автомобильного промышленности в условиях вступления нашей страны во Всемирную торговую организацию. Началом такой деятельности стало введение утилизационного сбора с 1 сентября 2012 года с распространением его действия не только в отношении импортируемой, но и отечественной техники (с 1 января 2014 года) [86, 106, 107].

В рамках прошедшей в 2010-2011 годах программы утилизации прием списанных автомобилей предполагали проводить в специально сертифицированных пунктах и оформлять сертификатом, однако на практике прием проводили дилерские предприятия различных автопроизводителей, что не является их прямым назначением. В связи с этим в России предстоит создать сеть специализированных предприятий по сбору, приемке, демонтажу и утилизации списанных автомобилей, годовое количество которых к 2015-2020 году может составить 1,7-2,2 млн. единиц [82]. Немаловажным фактом необходимо считать возможное принятие в ближайшем будущем решений по ограничению максимального срока службы коммерческой техники на уровне 15...20 лет, а также изменения способа формирования транспортного налога с введением коэффициентов, учитывающих экологический класс и возраст техники.

Основными объектами исследования являются технологические процессы утилизации техники, реализуемые в подразделениях предприятий технического сервиса, в сферу деятельности которых входит утилизация выбывшей из эксплуатации техники, сельскохозяйственные предприятия и автотранспортные предприятия в зоне обслуживания, районные управы городских и сельских поселений, их парк автотракторной техники как эксплуатирующейся, так и списываемой.

Обобщенная структурная схема взаимосвязанного функционирования обслуживаемых предприятий-клиентов и подразделений предприятия, в сферу деятельности которого входит утилизация техники, представлена на рис. 2.1 [45]. Из структурной схемы наглядно видно, что от обслуживаемых предприятий-клиентов или индивидуальных клиентов в специализированные подразделения сервисного предприятия в общем случае поступают заявки или требования на вы-

полнение четырех существенно различающихся видов работ, включая выполнение торгово-посреднической деятельности, работ по транспортному обслуживанию, по утилизации техники и по учебно-консультационной деятельности.

Соответственно в структуре предприятия технического сервиса также должны быть созданы специализированные подразделения, которые бы обеспечивали своевременное и качественное выполнение заявок каждого вида. Деятельность специализированных подразделений должна быть организована таким образом, чтобы они были конкурентоспособными и экономически прибыльными как для самого предприятия, утилизирующего технику, так и для клиентов, не нанося при этом вреда окружающей среде. Только при таком условии возможно образование соответствующей постоянной клиентуры, отсутствие нареканий со стороны контролирующих органов и требуемых для эффективной работы объемов выполняемых услуг.

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 или требований.

С учетом возможного множества работающих независимо друг от друга обслуживаемых клиентов с различными эксплуатируемыми сельскохозяйственными 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 [88] специализированные отделы 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 соответствующего специализированного отдела.



Рис. 2.1 – Обобщенная схема взаимосвязанной работы обслуживаемых клиентов и специализированных отделов предприятия утилизации техники [45]

Сложность 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 специализированных отделов предприятия из-за отсутствия заявок, что представляется более вероятным. Разрабатываемые научные методы должны обеспечить минимальные потери от этих простоев как для клиента, так и для предприятия, утилизирующего технику.

Наиболее эффективными для решения подобных задач являются общие методы теории массового обслуживания [15], что подтверждает

ется исследованиями [5, 8, 21, 22, 23, 24, 34, 35, 50 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.

Повышение эффективности работы предприятия по первичной переработке и утилизации сельскохозяйственной техники и автомобилей в первую очередь необходимо вести по двум направлениям:

- совершенствование периферийной деятельности, то есть перевозок вторсырья (в нашем случае утилизируемой техники или выбракованных узлов, деталей и материалов) и готовой продукции (в нашем случае годных к использованию агрегатов, а также демонтированных и рассортированных по типам применяемых материалов компонентов утилизированной техники);
- совершенствование технологических процессов утилизации автотракторной техники.

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 автотракторной техники предприятий и населения в пределах зоны обслуживания. Под объектами обслуживания таких предприятий при этом подразумеваются 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 кооперативов. 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:

- мониторинг зоны обслуживания с выявлением новых очагов образования отходов или изменения величины образования отходов в существующих;
- плановое обслуживание объектов, включая сбор отходов; хранение (в частности утилизируемых автомобилей);
- разделение поступающих объектов на фракции, годные для дальнейшей переработки;
- переработка и захоронение не пригодных для переработки отхо-

дов.

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. Раздельное решение моделей из рассматриваемых задач может привести к громоздким, труднообозримым математическим моделям, поэтому основная проблема заключается в разработке обобщенных научных подходов.

Все рассматриваемые задачи объединяются следующими общими свойствами:

- во всех случаях имеет место поток требований на соответствующий вид обслуживания от пользователей, независимо от ведомственной принадлежности;
- 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 требований, 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 имеют 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 [14, 15].

В повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с необходимостью удовлетворять свои потребности в различных видах обслуживания (СТОА, автозаправочные станции, мойки) и тратить время как на само обслуживание, так и на его ожидание. Аналогичные ситуации имеют место и в хозяйственной практике. Транспорт, например, не может обойтись без ежедневного, технического обслуживания, текущего и капитального ремонта или утилизации. Для выполнения этих функций создаются специализированные организационно-технические системы.

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. 2.2.

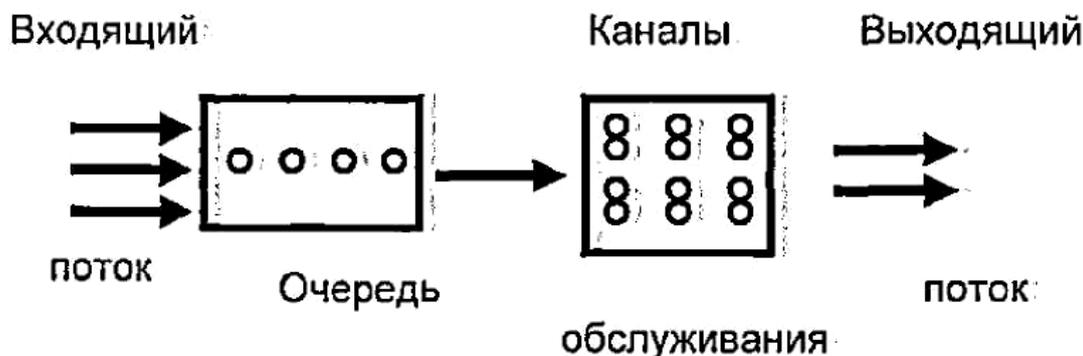


Рис. 2.2 – Структурная схема системы массового обслуживания

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 удовлетворения.

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, выходящим потоком требований являются объекты в отношении которых выполнены необходимые работы по утилизации, с доведением до готовности к финальной части – прессованию или шредированию). 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. 2.3). Системы без ожидания – это системы, в которых не бывает очереди. Такое возможно в двух случаях. Первый – если СМО является системой с отказами, в которой требование, застав все приборы занятыми, покидает систему необслуженным. Второй случай – система без отказов, т. е. с неограни-

ническим 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 необслуженным – вне зависимости от того, в каком состоянии оно застало систему и сколько времени придется ожидать обслуживания.



Рис. 2.3 – 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 обслу-

живания 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 одноканальные 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 [18, 19, 31, 45, 54]

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

где  $P_k(t)$  – вероятность поступления в систему « $k$ » требований на обслуживание за промежуток времени  $t$  (час, смена, день и т. д.);  $\lambda$  – 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  $\mu$  (1/ч, 1/см., 1/день) – количество обслуживаний за выбранный промежуток времени. Время обслуживания каждого требования при этом также является величиной случайной, для которой принимается 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 образующиеся потоки требований на различные виды обслуживания в общем случае будут ограниченными, хотя в отдельных частных случаях могут быть и промежуточные варианты. Та-

кая 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, принимающих от населения автомобили в рамках правительственной программы), 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./ч):

$$C_{mn} = m_0 C_m + n_0 C_n \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

где  $m_0$ ,  $n_0$  – среднее количество простаивающих обслуживаемых машин и обслуживающего оборудования предприятия;  $C_m$ ,  $C_n$  – соответственно стоимость одного часа простоя обслуживаемой машины и обслуживающего оборудования, руб./ч.

При одной обслуживающей установке вместо  $n_0$  следует подставить вероятность его простоя  $P_0$ . Значения  $m_0$ ,  $n_0$  и  $P_0$  определяются методами теории массового обслуживания для СМО соответствующего типа в виде функций:

$$m_0 = f_m(m, n, \alpha); \quad n_0 = (m, n, \alpha); \quad P_0 = (m, n, \alpha), \quad (2.4)$$

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  $\lambda$  и интенсивности их обслуживания  $\mu$ , можно определить оптимальные  $m_{opt}$  и  $n_{opt}$ , при которых потери  $C_{mn}$  в (2.3)

достигают минимума.

В качестве вспомогательных показателей теории СМО можно определить также коэффициенты простоя обслуживаемых машин  $K_m = m_0/m$  и обслуживающих агрегатов  $K_n = n_0/n$ . По значениям  $m_0$  и  $n_0$  можно определить производственные площади для ожидания и для размещения оборудования, а также количество персонала в цехах перерабатывающих предприятий. Через  $\lambda$  и  $\mu$  можно также определить 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  $\mu$  по каждому виду обслуживания определяется в виде соотношения:

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

где  $t_n$  – средний промежуток времени между двумя требованиями, ч;  
 $t_{об}$  – средняя продолжительность одного обслуживания, ч.

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

## **2.2. Теоретические основы проектирования предприятий приема выбывших из эксплуатации автомобильных компонентов и материалов**

Учитывая российскую специфику, когда самостоятельным обслуживанием и ремонтом автомобилей занимается до 90 % автовладельцев, необходимо ориентировать проектируемые пункты не только на работу с «полнокомплектными» автомобилями, но и отдельными его компонентами.

Под отходами технического обслуживания (ОТО) подразумеваются в первую очередь аккумуляторы, шины, фильтры, поскольку именно они наиболее часто требуют замены в процессе эксплуатации автомобиля. Также в эту группу можно отнести демонтируемые в процессе ремонта узлы и агрегаты, пластиковые бамперы, лобовые стекла, элементы обивки. Под выбывшими из эксплуатации материалами подразумеваются, прежде всего, отработанное моторное и трансмиссионное масло.

Несмотря на разнообразие видов ОТО и способов их утилизации, методы решения задач, связанных с приемом от населения, в основном идентичны.

Прежде всего, в процессе приема ОТО в максимальной степени должны удовлетворяться как интересы потребителей, поскольку сда-

вая ОТО на приемных пунктах, а не выбрасывая просто в мусорный контейнер, они вносят свой вклад в сохранение окружающей среды, так и приемных пунктов.

В настоящее время только 8 % автовладельцев пытаются цивилизованно утилизировать ОТО, 55 % выбрасывают ОТО в обычные контейнеры для бытового мусора, 20 % складывают в гараже или дома (на даче), 17 % автовладельцев безвозмездно передают пытаются пристроить ОТО своим коллегам в надежде, что им они принесут хоть какую-либо пользу.

С точки зрения интересов потребителей необходимо, чтобы выплаты за соответствующие ОТО были обоснованными и приемлемыми при высоком качестве системы обслуживания.

Под системой обслуживания при этом подразумевается высокая культура обслуживания, наличие необходимого количества приемных пунктов, имеющих достаточные площади для принимаемых ОТО, а также исключение длинных очередей потребителей.

Только при соблюдении указанных требований возможно обеспечить необходимый приток потребителей этого вида услуги. Важно чтобы сознательность многих автовладельцев не разбивалась о глухую стену неорганизованного сервисного обслуживания. Только таким способом можно будет гарантировать отсутствие ОТО, имеющих высокую степень опасности, в бытовом мусоре.

С другой стороны, приемные пункты заинтересованы в обеспечении максимальной прибыли при наименьших затратах.

Из указанной группы сложных экономических и организационных задач рассматриваются в основном организационные вопросы, связанные с обоснованием эффективных количественных соотношений между персоналом приемных пунктов и потребителями.

Поток автовладельцев, пытающихся утилизировать ОТО, поступает через случайные промежутки времени. Такие потоки приближенно можно рассматривать как пуассоновские. Соответственно и в данном случае эффективное обслуживание потребителей приемным пунктом можно обеспечить методами теории массового обслуживания.

Плотность потока заявок или потребителей в обобщенной форме определяется из равенства

$$\lambda = \frac{1}{t_{\Pi}}, \quad (2.6)$$

где  $t_{\Pi}$  – средний промежуток времени между отдельными требованиями или потребителями, ч, день и т. д.

Интенсивность обслуживания заявок или потребителей одним приемным пунктом определяется в виде

$$\mu_1 = \frac{1}{t_{\text{ОБ}}}, \quad (2.7)$$

где  $t_{\text{ОБ}}$  – средняя продолжительность обслуживания одной заявки или одного требования одним приемщиком, ч, день и т.д.

Единицы измерения  $t_{\text{П}}$  и  $t_{\text{ОБ}}$ , естественно, должны быть идентичны.

Для применения методов теории массового обслуживания необходимо установить основной тип системы обслуживания.

При приеме ОТО число потребителей не ограничивается. Следовательно, имеет место разомкнутая система массового обслуживания.

Если в момент прибытия заявки или потребителя приемный пункт или приемщик заняты обслуживанием других заявок или потребителей, то возможно образование очереди.

Однако ожидание в очереди возможно только при определенной ограниченной ее длине, исключающей чрезмерно длительное ожидание. В противном случае заявка и потребитель уйдет из очереди, т.е. как бы получит отказ в обслуживании.

Таким образом, имеет место разомкнутая система массового обслуживания с ожиданием при ограниченной длине очереди.

В зависимости от числа приемщиков такая система может быть одноканальной (при одном приемщике) и многоканальной (при нескольких приемщиках).

Обычно приемщики на одном приемном пункте работают при полной взаимопомощи, т.е. по принципу «все как один». При этом потребитель подходит к тому приемщику, у которого очередь меньше или вовсе отсутствует. Исходя из этого, последующее обобщенное исследование осуществляется применительно к условной одноканальной системе массового обслуживания с ожиданием при ограниченном числе мест в очереди.

Интенсивность обслуживания для всего приемного пункта при работе нескольких приемщиков по принципу «все как один» вместо (2.7) следует определять по формуле

$$\mu = \frac{\Pi}{t_{\text{ОБ}}}, \quad (2.8)$$

где  $n$  – число приемщиков;  $t_{\text{ОБ}}$  – время обслуживания одним приемщиком одного потребителя, ч, день и т.д.

В качестве основных показателей эффективной работы приемного пункта методами теории массового обслуживания следует выделить:

- вероятность простоя самого пункта из-за отсутствия сдаваемых ОТО  $P_0$ ;
- вероятность отказа в приеме ОТО из-за переполнения пункта

$P_{\text{ОТК}}$ ;

- относительную  $q_{\text{ОТ}}$  и абсолютную  $q_{\text{А}}$  пропускные способности пункта;
- число требований, ожидающих в очереди  $r$  и находящихся в обслуживании  $r_{\text{ОБ}}$ ;
- время ожидания каждого требования в очереди  $T_{\text{ОЖ}}$  и время обслуживания  $T_{\text{ОБ}}$ .

Расчеты осуществляются по следующим формулам теории массового обслуживания:

$$P_{\text{О}} = \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha^{m+2}}; \quad (2.9)$$

$$P_{\text{ОТК}} = P_{\text{О}} \cdot \alpha^{m+2}; \quad (2.10)$$

$$q_{\text{ОТ}} = 1 - P_{\text{ОТК}}; \quad (2.11)$$

$$q_{\text{А}} = \lambda \cdot q_{\text{ОТ}}; \quad (2.12)$$

$$r_{\text{О}} = \frac{\alpha^2 \cdot [1 - \alpha^m \cdot (m + 1 - m \cdot \alpha)]}{(1 - \alpha^{m+2}) \cdot (1 - \alpha)}; \quad (2.13)$$

$$r_{\text{ОБ}} = \frac{\alpha - \alpha^{m+2}}{1 - \alpha^{m+2}}; \quad (2.14)$$

$$T_{\text{ОЖ}} = \frac{r_{\text{О}}}{\lambda}; \quad (2.15)$$

$$T_{\text{ОБ}} = \frac{q_{\text{ОТ}}}{\mu}, \quad (2.16)$$

где  $\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{t_{\text{ОБ}}}{t_{\text{П}} \cdot n}$ ;

$m$  – число мест для размещения доставляемых на пункт ОТО.

Под  $P_{\text{О}}$  в (2.9) следует подразумевать вероятность отсутствия заявок или потребителей в приемном пункте. Приемный пункт или приемщики при этом, соответственно, простаивают. Значение  $m$  в (2.9) соответствует наибольшему возможному числу мест в очереди. При этом значение  $m$  определяется имеющимися площадями для ожидания потребителей. Если в момент прибытия потребителя или заявки приемщики в широком смысле заняты обслуживанием других потребителей и заняты все  $m$  мест в очереди, то потребитель уходит из очереди, следовательно  $P_{\text{ОТК}}$  рассчитывается по формуле (2.10).

Значения  $q_{\text{ОТ}}$  в (2.11) и  $q_{\text{А}}$  в (2.12) соответствуют относительной и абсолютной пропускным способностям приемного пункта или приемщика. Под  $r_{\text{О}}$  в (2.13) и  $r_{\text{ОБ}}$  в (2.14) подразумевается, соответственно, среднее число потребителей (заявок) в очереди и находящихся под

обслуживанием.

Аналогичным образом  $T_{ОЖ}$  в (2.15) и  $T_{ОБ}$  в (2.16) соответствуют средней продолжительности ожидания каждым потребителем (заявки) в очереди и под обслуживанием. В целом задача заключается в обосновании такого эффективного режима приема ОТО, который был бы выгоден как приемным пунктам, так и потребителям.

Самыми нежелательными для приемного пункта являются вероятность простоя из-за отсутствия посетителей  $P_О$  в соответствии с (2.9) и вероятность отказа  $P_{ОТК}$  из (2.10), так как теряется часть прибыли и возможна также потеря потенциальных потребителей этой услуги. Для потребителя также нежелателен уход из приемного пункта необслуженным, вероятность которого определяется значением  $P_{ОТК}$  в (2.10).

Кроме того, для потребителя также нежелательна чрезмерно большая общая длительность ожидания в очереди  $T_{ОЖ}$  из (2.15) и самого процесса обслуживания  $T_{ОБ}$  из (2.16). Этот фактор может оказаться решающим при выборе способа утилизации ОТО в следующий раз.

На основании изложенного в качестве общего критерия оптимальности работы системы приема от населения ОТО целесообразно выбрать минимум суммы вероятностей простоя приемного пункта без потребителей и ухода потребителей необслуженными при приемлемом значении общего времени ожидания в очереди и обслуживания.

Указанный критерий оптимальности можно представить в виде

$$P_{ОП} = (P_О + P_{ОТК}) \Rightarrow \min, \quad (2.17)$$

$$T_{П} = T_{ОЖ} + T_{ОБ} = \frac{r_О}{\lambda} + \frac{q_{ОТ}}{\mu} \leq T_{ПД}, \quad (2.18)$$

где  $P_О$  – вероятность простоя приемного пункта и всех приемщиков из-за отсутствия заявок или потребителей;  $P_{ОТК}$  – вероятность отказа в обслуживании или ухода потребителей необслуженными из-за занятости приемщиков и отсутствия мест в очереди;  $q_{ОТ}$  – относительная пропускная способность системы или доля обслуженных потребителей;  $T_{ОЖ}$  – время ожидания каждой заявки или каждого потребителя в очереди, ч, день и т. д.;  $T_{ОБ}$  – продолжительность времени обслуживания одной заявки или одного потребителя, ч, день и т. д.;  $r_О$  – среднее число потребителей в очереди.

Для систем массового обслуживания рассматриваемого типа при всех значениях числа мест  $m$  в очереди критерий оптимальности (2.17) удовлетворяется при одном и том же оптимальном значении

$$\alpha_{opt} = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{t_{ОБ}}{t_{П} \cdot n} = 0,99. \quad (2.19)$$

С увеличением возможного числа мест  $m$  в очереди имеют ме-

сто положительные тенденции, связанные с уменьшением вероятностей простоя приемного пункта  $P_0$  и ухода потребителей необслуженными  $P_{\text{отк}}$  и, соответственно, их суммы  $P_{\text{опмин}}=P_0+P_{\text{отк}}$ . Положительным является и увеличение относительной пропускной способности или доли обслуженных потребителей  $q_{\text{от}}$ .

Однако увеличение  $q_{\text{от}}$  достигается не за счет повышения уровня организации труда на приемном пункте, а за счет удлинения очереди  $r_0$  и увеличения времени пребывания в очереди  $T_{\text{ож}}$ .

Задача при этом состоит в том, что в соответствии с (2.18) время пребывания не должно превышать допустимые пределы  $T_{\text{пд}}$ . С ростом длины очереди  $r_0$  несколько возрастает и число клиентов  $r_{\text{об}}$  на обслуживании.

Однако этот рост  $r_{\text{об}}$  по сравнению с  $r_0$  очень мал. Исходя из этого, для простоты решения целесообразно от общего ограничения (2.18) перейти к эквивалентному ограничению:

$$T_{\text{ож}} = \frac{r_0}{\lambda} \leq T_{\text{ожд}}, \quad (2.20)$$

где  $T_{\text{ожд}}$  – допустимая продолжительность ожидания в очереди, ч, день и т. д.

Условие (2.18) с учетом значения  $\lambda$  из (2.6) примет вид

$$T_{\text{ож}} = r_0 \cdot t_{\text{п}} \leq T_{\text{ожд}}. \quad (2.21)$$

Из полученного результата следует, что при заданной интенсивности обслуживания  $\mu$  наименьшее допустимое значение времени ожидания составит

$$T_{\text{ожмин}} = r_0 \cdot t_{\text{п}}. \quad (2.22)$$

Поскольку значение  $t_{\text{п}}$  не зависит от характера работы системы, то для ограничения времени ожидания заявок или потребителей необходимо ограничивать длину очереди с учетом других показателей работы системы.

Значение  $t_{\text{п}}$  при приеме ОТО от населения зависит от площади зоны обслуживания, количества автомобилей, принадлежащих индивидуальным владельцам, и среднего возраста автомобильного парка, наличия сервисных предприятий и уровня охвата автопарка их услугами, календарного времени, времени суток и т. д.

Исходя из этого, значение  $t_{\text{п}}$  может изменяться в широком диапазоне – от нескольких минут до нескольких дней или суток.

При известных значениях  $t_{\text{п}}$  и  $\lambda=1/t_{\text{п}}$  из (2.6), а также  $\alpha_{\text{opt}}=0,99$  из (2.19) можно определить требуемую оптимальную интенсивность обслуживания потребителей

$$\mu_{\text{opt}} = \frac{\lambda}{\alpha_{\text{opt}}} = \frac{1}{t_{\text{п}} \cdot \alpha_{\text{opt}}}, \quad (2.23)$$

С учетом значения  $\mu_{\text{opt}}$  на основании (2.8) и (2.19) можно опре-

делить оптимальное потребное число приемщиков

$$n_{\text{opt}} = \mu_{\text{opt}} \cdot t_{\text{ОБ}} = \frac{t_{\text{ОБ}}}{t_{\text{П}} \cdot \alpha_{\text{opt}}} \quad (2.24)$$

Средняя продолжительность обслуживания одного потребителя одним приемщиком  $t_{\text{ОБ}}$  зависит от оборудования приемного пункта, от вида и состояния ОТО, индивидуальных способностей приемщика, а также от количества наименований ОТО, доставляемых одним потребителем на приемный пункт.

Основная задача заключается в обосновании оптимальных количественных соотношений между вероятностным потоком посетителей и числом приемщиков на пункте в соответствии с выбранным критерием эффективности функционирования пункта.

В качестве основного экономического критерия оптимальности выбран максимум условной прибыли пункта как разности между выручкой от продажи собранного у посетителей вторсырья и текущими расходами на содержание приемщиков.

Практическое решение задачи осуществлялось на основании эквивалентного относительного критерия оптимальности.

Предварительно опытными наблюдениями за работой приемных пунктов и анализом статистических данных определяли необходимые исходные данные для многовариантных решений по критерию оптимальности.

Прежде всего, определялась плотность потока посетителей  $\lambda$  (1/ч), прибывающих на приемные пункты. Наблюдениями установлено, что значение  $\lambda$  зависит от ряда факторов, включая календарное время, место расположения пункта, его пропускную способность с учетом числа приемщиков и другие факторы.

Значительное влияние календарного времени и пропускной способности самого пункта на показатели его работы видно из данных, приведенных в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Среднее количество принимаемых сборщиков вторсырья за день на одном пункте**

Период работы пункта	Тип приемного пункта			
	крупный		мелкий	
	всем пунктом	одним приемщиком	всем пунктом	одним приемщиком
Январь, февраль	10...15	5...10	4...5	4...5
Март	50...100	30...40	10...30	7...15
Апрель, май,	100...200	40...45	30...50	15...20
Июнь, июль, август, сентябрь, октябрь	200...300	40...50	50...60	20...30
Ноябрь	50...100	30...40	10...30	7...15
Декабрь	10...15	5...10	4...5	4...5

Наиболее напряженными для работы приемных пунктов являются теплый и, что немаловажно, бесснеговой периоды. Однако и в другие периоды определенная часть приемных пунктов, располагающих соответствующими условиями, занимается приемом вторсырья.

При этом необходимо, чтобы результатами исследований были охвачены как крупные, так и мелкие приемные пункты, и основные периоды их работы. С этой целью были проведены многочисленные хронометражные наблюдения в различных приемных пунктах перерабатывающих предприятий. Кроме того, анализировались также имеющиеся статистические данные. По результатам этих наблюдений было установлено, что для всех типов приемных пунктов плотность потока посетителей изменяется в широком диапазоне  $\lambda = 1 \dots 37$  чел./ч. В зависимости от вида и количества вторсырья, сдаваемых одним посетителем, а также с учетом условий работы на пункте в широком диапазоне изменяются также время обслуживания одного посетителя одним приемщиком  $t_{об}$  и соответствующее значение интенсивности обслуживания  $\mu_1 = 1/t_{об}$ . При этом установлены следующие диапазоны их изменения  $t_{об} = 0,05 \dots 0,25$  ч (3...15 мин);  $\mu_1 = 20 \dots 4$  1/ч.

Исходя из этого, потребное оптимальное количество приемщиков  $n_{opt}$  определялось для всего возможного диапазона изменения значений  $\lambda$  и  $\mu_1$ .

Наблюдениями установлено, что заметный уход из очереди посетителей из-за возможного длительного ожидания начинается при числе посетителей в очереди около 10. В связи с этим для среднего числа мест в очереди принято усредненное значение  $m = 10$ .

Опытными наблюдениями и в результате анализа статистических данных были определены входящие в критерий оптимальности значения  $C_m$  (средняя сумма средств, которую можно выручить, переработав вторсырье, сданное одним посетителем) и  $C_{n1}$  (текущие расходы на содержание одного приемщика). Указанные показатели для обоих типов пунктов близки между собой и в среднем составляют в ценах 2008 года соответственно  $C_m = 250$  руб./чел. и  $C_{n1} = 28,41$  руб./чел. (примерно 80 % от этой величины приходится на заработную плату). Среднее значение соотношения  $\varepsilon_{mn} = C_m/C_{n1}$  при этом составит  $\varepsilon_{mn} = 8,80$ , которое мало зависит от принятого периода для расчетов.

Методику решения задачи определения оптимального числа приемщиков  $n_{opt}$  рассмотрим для напряженного периода работы приемных пунктов при плотности потока посетителей  $\lambda = 20$  чел./ч и интенсивности их обслуживания  $\mu_1 = 10$  чел./ч (продолжительность обслуживания одного посетителя одним приемщиком  $t_{об} = 0,1$  ч или 6 мин).

Для других параметров принимаем приведенные выше значения:  $m = 10$ ;  $\varepsilon_{mn} = 8,80$ . Результаты решения представлены на рис. 2.4,

где показаны закономерности изменения в функции числа приемщиков  $n$  значений условной относительной прибыли  $\bar{\Pi}_y$ , пропускной способности пункта по числу обслуженных за час посетителей  $m_{\Pi}$  и вероятности отказа в обслуживании  $P_{\text{ОТК}}$  или ухода посетителей из очереди.

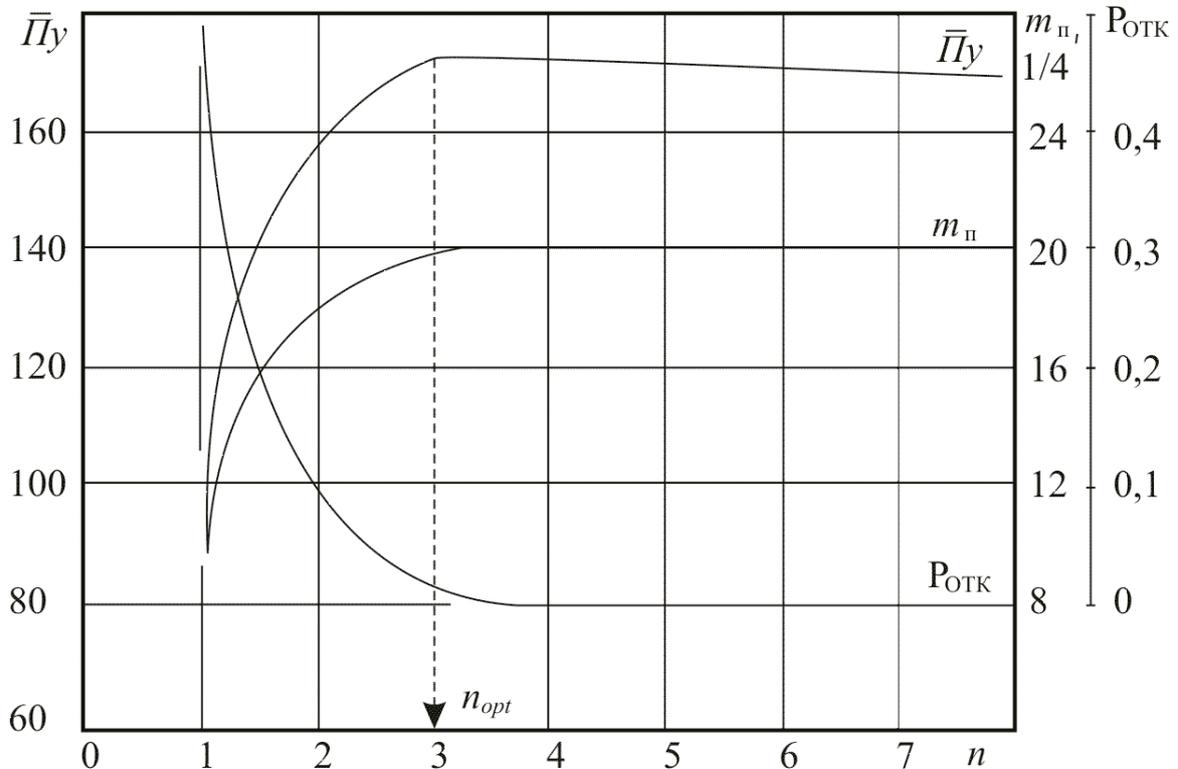


Рис. 2.4 – Зависимости относительной прибыли  $\bar{\Pi}_y$ , пропускной способности  $m_{\Pi}$  и вероятности отказа  $P_{\text{ОТК}}$  от числа приемщиков на пункте  $n$  при  $\lambda=20$ ,  $\mu_1=10$ ,  $m=10$ ,  $\varepsilon_{\text{mn}}=8,80$

Значение условной относительной прибыли  $\bar{\Pi}_y$  в диапазоне изменения числа приемщиков  $n = 1 \dots 3$  резко возрастает, достигая наибольшего значения  $\bar{\Pi}_y = \bar{\Pi}_{y_{\text{max}}}$  при оптимальном числе приемщиков  $n_{\text{opt}}=3$ . Затем значение  $\bar{\Pi}_y$  постепенно уменьшается.

Вероятность отказа в обслуживании или ухода посетителей из очереди  $P_{\text{ОТК}}$  в диапазоне  $n = 1 \dots 3$  интенсивно уменьшается от  $P_{\text{ОТК}} = 0,5$  до  $P_{\text{ОТК}} = 0,0039$ . Последующее значение  $n$  уже мало влияет на значение  $P_{\text{ОТК}}$ , хотя и происходит его уменьшение почти до нуля при  $n = \infty$ .

Пропускная способность приемного пункта по числу обслуженных за час посетителей  $m_{\Pi}$  в диапазоне изменения числа приемщиков  $n = 1 \dots 3$  интенсивно возрастает от  $m_{\Pi} \approx 10$  до  $m_{\Pi} = 19,992$ , затем рост  $m_{\Pi}$  замедляется, не превосходя максимально возможного значения  $m_{\Pi} \approx \lambda=20$ .

Среднее число посетителей, ожидающих в очереди  $m_{\text{ОЖ}}$ , при оптимальном режиме работы ( $n_{\text{opt}}=3$ ,  $\alpha = 0,667$ ;  $m = 10$ ) имеет значение

$m_{\text{ож}} = 1,24$ . При этом среднее время ожидания в очереди при  $\lambda=20$  составит  $T_{\text{ож}} = 0,062$  ч, или всего 3,72 мин. Как видно, оптимальный режим работы пункта достаточно полно учитывает и интересы посетителей, исключая большие очереди.

Для определения перспективных направлений дальнейшего совершенствования работы приемных пунктов был проведен анализ влияния различных факторов на показатели их работы. На рис. 2.5 с этой целью представлены зависимости значений  $\bar{\Pi}_y$ ,  $m_{\text{п}}$  от числа приемщиков  $n$ , при  $\lambda=20$ ,  $\mu_1=10$ ,  $m=5$ ,  $\varepsilon_{\text{mn}}=8,80$ .

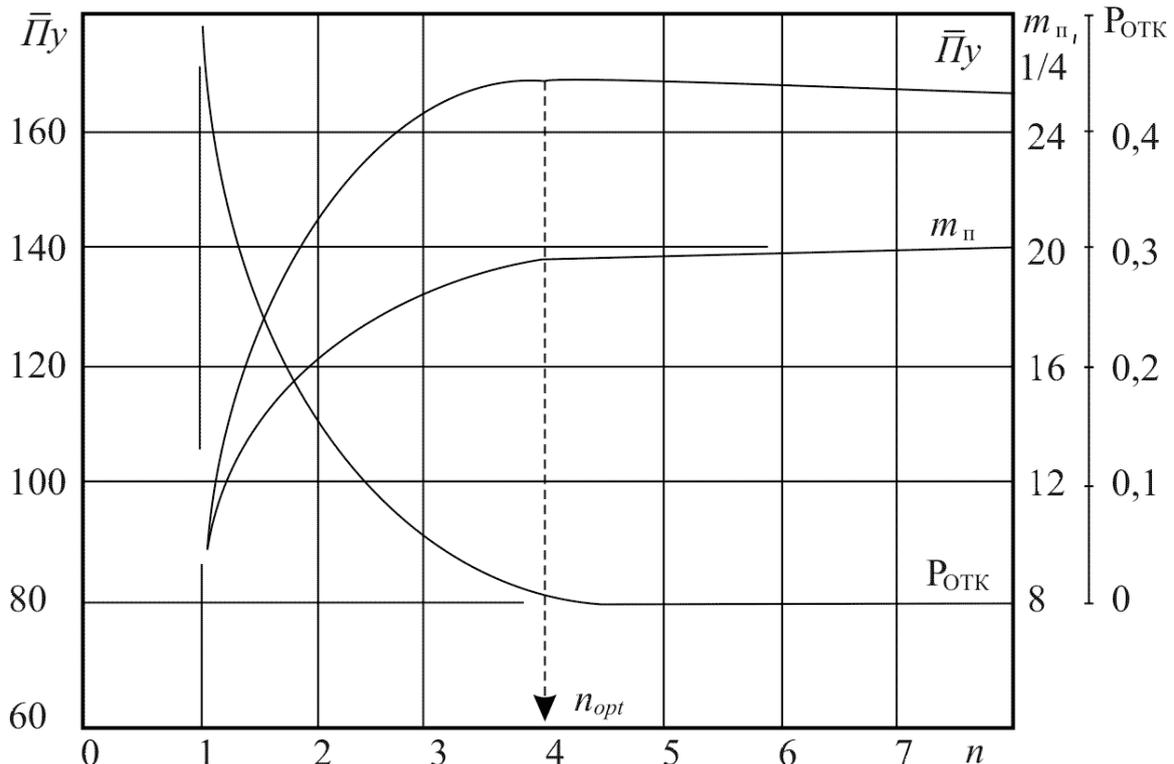


Рис. 2.5 – Зависимости относительной прибыли  $\bar{\Pi}_y$ , пропускной способности  $m_{\text{п}}$  и вероятности отказа  $P_{\text{отк}}$  от числа приемщиков на пункте  $n$  при  $\lambda=20$ ,  $\mu_1=10$ ,  $m=5$ ,  $\varepsilon_{\text{mn}}=8,80$

Из полученных данных следует, что двукратное уменьшение числа мест в очереди  $m$  при прочих равных условиях привело по сравнению с предыдущим случаем ( $m = 10$ ) к росту оптимального числа приемщиков на единицу ( $n_{\text{opt}} = 4$  вместо 3) при незначительном уменьшении относительной прибыли  $\bar{\Pi}_y$  при  $n_{\text{opt}}$  (170,61 вместо 172,3). Несколько уменьшилась также пропускная способность пункта  $m_{\text{п}}$  с 19,99 до 19,84.

Вероятность отказа в обслуживании посетителей и их ухода из очереди  $P_{\text{отк}}$  в оптимальном режиме работы при  $m=5$  увеличилась с 0,00388 до 0,00787. Однако при этом необслуженными уходят всего примерно 0,8 %, что вполне приемлемо.

Из полученных результатов следует, что изменение числа мест в

очереди  $m$  в реально возможных пределах мало влияет на результаты оптимизации, поэтому ранее принятое значение ( $m = 10$ ) в достаточной степени отвечает предъявляемым требованиям эффективной работы приемных пунктов.

Чтобы выявить влияние  $\varepsilon_{mn}$  на результаты оптимизации на рис. 2.6 представлены зависимости значений  $\bar{\Pi}_y$ ,  $m_n$  и  $P_{\text{ОТК}}$  от числа приемщиков на пункте  $n$  при  $\lambda=20$ ,  $\mu_1=10$ ,  $m=10$ ,  $\varepsilon_{mn}=17,6$  (значение  $\varepsilon_{mn}$  увеличено в два раза по сравнению с данными на рис. 2.5).

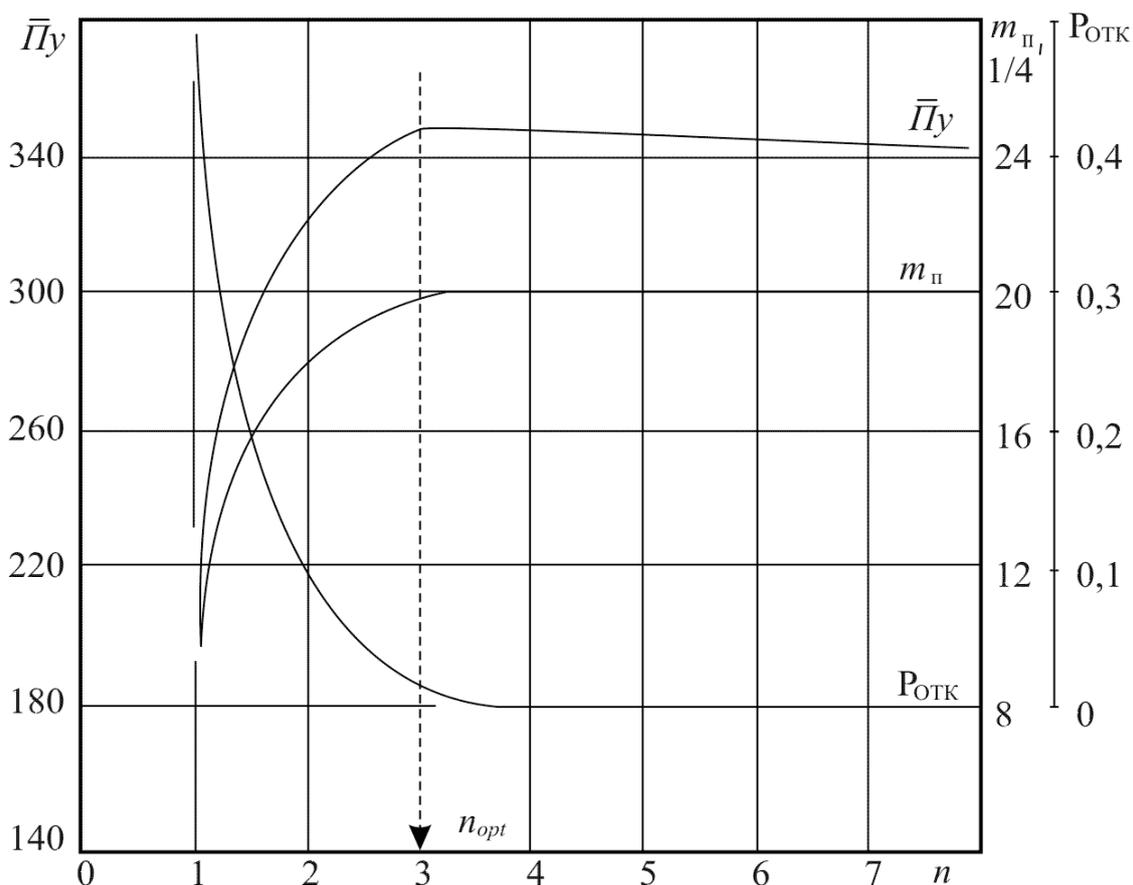


Рис. 2.6 – Зависимости относительной прибыли  $\bar{\Pi}_y$ , пропускной способности  $m_n$  и вероятности отказа  $P_{\text{ОТК}}$  от числа приемщиков на пункте  $n$  при  $\lambda=20$ ,  $\mu_1=10$ ,  $m=10$ ,  $\varepsilon_{mn}=17,6$

Увеличение  $\varepsilon_{mn}$  возможно в основном за счет снижения расходов на содержание приемщиков путем повышения уровня механизации и организации соответствующих работ.

Из полученных результатов следует, что изменение  $\varepsilon_{mn}$  влияет только на значение относительной прибыли  $\bar{\Pi}_y$ , которая увеличивается в два раза, тогда как другие показатели работы  $n_{\text{opt}}$ ,  $m_n$  и  $P_{\text{ОТК}}$  остаются такими же, как на рис. 2.5.

Из сравнения результатов оптимизации, представленных на рис. 2.4, 2.5, 2.6 следует, что изменение значений  $m$  и  $\varepsilon_{mn}$  при одних и тех же значениях плотности потока посетителей  $\lambda$  и интенсивности их обслуживания  $\mu_1$  сравнительно мало влияет на потребное оптимальное

число приемщиков  $n_{opt}$  на пункте, а также на его пропускную способность  $m_{п}$  и на вероятность отказа  $P_{отк}$  в обслуживании.

Оптимальное потребное количество приемщиков  $n_{opt}$  на приемном пункте, обеспечивающее максимум прибыли, зависит в основном от значений  $\lambda$  и  $\mu_1$ , изменяющихся в широком диапазоне.

Полученные оптимальные значения среднего потребного числа приемщиков на одном приемном пункте  $n_{opt}$  в зависимости от плотности потока посетителей  $\lambda$  и интенсивности их обслуживания  $\mu_1$  на всем возможном диапазоне их изменения представлены на рис. 2.7 при обоснованных ранее значениях  $m = 10$  и  $\varepsilon_{mn} = 8,80$ .

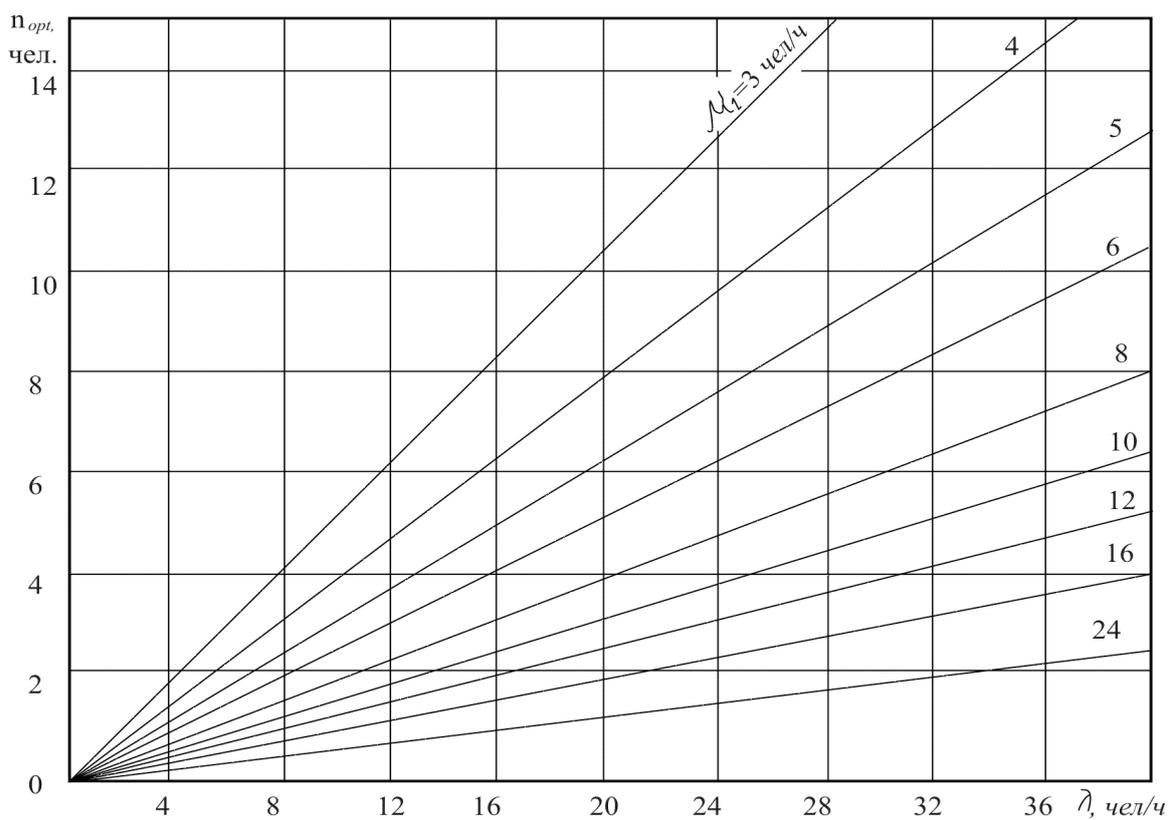


Рис. 2.7 – Зависимости оптимального числа приемщиков  $n_{opt}$  на пункте от  $\lambda$  и  $\mu_1$  при  $m=10$ ,  $\varepsilon_{mn}=8,80$

При каждом значении  $\mu_1$  потребное оптимальное число приемщиков  $n_{opt}$  увеличивается почти пропорционально плотности потока требований  $\lambda$ .

По графику для любого сочетания  $\lambda$  и  $\mu_1$  можно выбрать соответствующее оптимальное число приемщиков.

Для удобства оперативного применения результатов оптимизации в табл. 2.2 представлены округленные оптимальные значения потребного числа приемщиков  $n_{opt}$  на одном приемном пункте при всех возможных сочетаниях плотности потока посетителей  $\lambda$  (чел./ч) и интенсивности обслуживания  $\mu_1$  (чел./ч), обеспечиваемой одним приемщиком.

На основании анализа статистических данных и хронометраж-

ных наблюдений установлено, что значение  $\alpha$  не выходит за пределы тех значений, которые приведены в табл. 2.3 и 2.4. Соотношения между основными показателями работы системы массового обслуживания для всего возможного диапазона изменения  $\alpha$  и числа мест в очереди  $m$  будут справедливы в данном случае.

Таблица 2.2

**Потребное оптимальное число приемщиков на приемных пунктах  $n_{opt}$  в зависимости от плотности потока посетителей  $\lambda$  (чел./ч) и интенсивности обслуживания одним приемщиком  $\mu_1$  (чел./ч)**

$\lambda$	$\mu_1$														
	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
10	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
12	6	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
14	7	6	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1
16	8	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
18	9	7	6	5	4	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1
20	11	8	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	1	1
22	12	9	7	6	5	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1
24	13	10	8	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2
26	14	10	8	7	6	5	5	4	3	3	3	2	2	2	2
28	15	11	9	7	6	6	5	5	4	3	3	2	2	2	2
30	16	12	10	8	7	6	5	5	4	3	3	3	2	2	2
32	-	13	10	8	7	6	6	5	4	4	3	3	2	2	2
34	-	14	11	9	8	7	6	6	5	4	3	3	3	2	2
36	-	15	12	10	8	7	6	6	5	4	4	3	3	3	2
38	-	15	12	10	9	8	7	6	5	4	4	3	3	3	2
40	-	16	13	11	9	8	7	7	5	5	4	4	3	3	3

На основании данных табл. 2.3 и 2.4 установлено, что для систем массового обслуживания рассматриваемого типа при всех значениях числа мест  $m$  в очереди критерий оптимальности (2.17) удовлетворяется при одном и том же оптимальном значении

$$\alpha_{opt} = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{t_{OB}}{t_{II} \cdot n} = 0,99.$$

Для удобства анализа при решении этой задачи целесообразно представить в виде отдельной таблицы результаты оптимального решения из табл. 2.3 при  $\alpha_{opt} = 0,99$ . Указанные данные представлены в табл. 2.5.

Таблица 2.3

Взаимосвязанные значения  $m$ ,  $\alpha$ ,  $P_O$ ,  $P_{OTK}$ ,  $q_{OT}$ ,  $r_O$ ,  $r_{OB}$ ,  $r_{II}$   
для приемного пункта

$\alpha$		$m$				
		5	8	10	12	14
0,60	$P_O$	0,411	0,402	0,4018	0,4003	0,4001
	$P_{OTK}$	0,0192	0,00405	0,00145	$0,523 \cdot 10^{-3}$	$0,188 \cdot 10^{-3}$
	$q_{OT}$	0,981	0,996	0,998	0,9994	0,9998
	$r_O$	0,710	0,841	0,874	0,889	0,895
	$r_{OB}$	0,588	0,597	0,599	0,5997	0,5998
	$r_{II}$	1,298	1,438	1,473	1,488	1,494
0,80	$P_O$	0,253	0,224	0,214	0,209	0,206
	$P_{OTK}$	0,0663	0,0300	0,0184	0,0115	0,00724
	$q_{OT}$	0,9337	0,9700	0,9816	0,9885	0,9927
	$r_O$	1,395	2,0210	2,429	2,565	2,742
	$r_{OB}$	0,7469	0,776	0,785	0,791	0,794
	$r_{II}$	2,142	2,797	3,214	3,356	3,536
0,99	$P_O$	0,147	0,104	0,0880	0,0761	0,0673
	$P_{OTK}$	0,138	0,0955	0,0788	0,0668	0,0578
	$q_{OT}$	0,8620	0,9045	0,9212	0,9332	0,9422
	$r_O$	2,107	3,5217	4,468	5,412	6,3538
	$r_{OB}$	0,853	0,895	0,912	0,924	0,9326
	$r_{II}$	2,960	4,417	5,380	6,336	7,286
1,10	$P_O$	0,105	0,0627	0,0467	0,0357	0,0278
	$P_{OTK}$	0,186	0,148	0,133	0,123	0,116
	$q_{OT}$	0,8140	0,8520	0,8670	0,8770	0,8840
	$r_O$	2,516	4,337	5,658	7,040	8,478
	$r_{OB}$	0,894	0,937	0,953	0,964	0,972
	$r_{II}$	3,410	4,274	6,611	8,004	9,450
1,20	$P_O$	0,0774	0,0385	0,0252	0,0169	0,0114
	$P_{OTK}$	0,231	0,198	0,187	0,180	0,176
	$q_{OT}$	0,7690	0,8020	0,8130	0,8200	0,8240
	$r_O$	2,787	4,964	6,541	8,199	9,926
	$r_{OB}$	0,922	0,961	0,974	0,983	0,988
	$r_{II}$	3,709	5,925	7,515	9,182	10,914

Таблица 2.4

Значения  $P_{OII}$  в зависимости от  $\alpha$  и  $m$

$\alpha$	$m$				
	5	8	10	12	14
0,60	0,4302	0,4060	0,4022	0,4008	0,4003
0,80	0,3193	0,2540	0,2324	0,2205	0,2132
0,99	0,2850	0,1995	0,1668	0,1429	0,1251
1,10	0,2910	0,2107	0,1797	0,1587	0,1438
1,20	0,3084	0,2365	0,2122	0,1969	0,1874

**Оптимальные показатели работы приемного пункта  
в зависимости от числа мест  $m$  в очереди при  $\alpha_{\text{opt}} = 0,99$**

$m$	5	8	10	12	14
$P_O$	0,147	0,104	0,088	0,0761	0,0673
$P_{\text{ОТК}}$	0,138	0,0955	0,788	0,0668	0,0578
$q_{\text{ОТ}}$	0,8620	0,9045	0,9212	0,9332	0,9422
$r_O$	2,107	3,5217	4,468	5,412	6,3538
$r_{\text{ОБ}}$	0,853	0,895	0,912	0,924	0,9326
$r_{\text{П}}=r_O+r_{\text{ОБ}}$	2,960	4,35	5,380	6,336	7,286

Из приведенных данных видно, что с увеличением возможного числа мест  $m$  в очереди имеют место положительные тенденции, связанные с уменьшением вероятностей простоя приемного пункта  $P_O$  и ухода потребителей необслуженными  $P_{\text{ОТК}}$  и, соответственно, их суммы  $P_{\text{ОПmin}}=P_O+P_{\text{ОТК}}$ . Положительным является и рост относительной пропускной способности или доли обслуженных потребителей  $q_{\text{ОТ}}$ .

Однако этот рост  $q_{\text{ОТ}}$  достигается не за счет повышения уровня организации труда на приемном пункте, а за счет удлинения очереди  $r_O$  и увеличения времени пребывания в очереди  $T_{\text{ОЖ}}$ .

Задача при этом состоит в том, что в соответствии с (2.18) время пребывания не должно превышать допустимые пределы  $T_{\text{ПД}}$ . Из данных табл. 2.5 видно, что с ростом длины очереди  $r_O$  несколько возрастает и число посетителей  $r_{\text{ОБ}}$  на обслуживании.

Однако этот рост  $r_{\text{ОБ}}$ , по сравнению с  $r_O$ , очень мал. Если при увеличении  $m$  с 5 до 14 длина очереди  $r_O$  возрастает с 2,107 до 6,3538, то есть более чем в три раза, то соответствующее увеличение  $r_{\text{ОБ}}$  с 0,853 до 0,9326 составляет всего около 10 %.

На основании данных табл. 2.5 можно заключить, что с экономической точки зрения наиболее эффективным является значение средней длины очереди  $r_O = 4,468$  при числе мест в очереди  $m = 10$ . Вероятность отказа в своевременном обслуживании потребителей  $P_{\text{ОТК}}$  при этом составляет  $0,0788 \approx 0,08$ , т.е. всего около 8 %. При этом доля своевременно обслуженных потребителей, определяемая относительной пропускной способностью приемного пункта  $q_{\text{ОТ}}$ , составляет 0,92. Следовательно, 92 % потребителей обслуживаются своевременно, что является высоким показателем.

Дальнейшее уменьшение  $P_{\text{ОТК}}$  или увеличение  $q_{\text{ОТ}}$  за счет увеличения числа мест в очереди  $m$  экономически нецелесообразно по следующим соображениям. Из данных табл. 2.5 видно, что увеличение  $m$  с 10 до 14, т.е. на четыре места, позволяет уменьшить  $P_{\text{ОТК}}$  и увеличить  $q_{\text{ОТ}}$  всего примерно на 2 %.

В то же время увеличение числа мест в очереди  $m$  с 10 до 14 требует существенного расширения площадей приемного пункта с соответствующими капитальными затратами.

На основании проведенного анализа можно заключить, что эффективный режим приема ОТО от населения обеспечивается при  $\alpha_{\text{opt}} = 0,99$  и числе мест в очереди  $m = 10$  со следующими округленными показателями работы:

- вероятность простоя приемного пункта из-за отсутствия потребителей  $P_0 \approx 0,09$ ;
- вероятность отказа в своевременном обслуживании  $P_{\text{отк}} = 0,08$ ;
- относительная пропускная способность приемного пункта  $q_{\text{от}} = 0,92$ ;
- среднее число посетителей в очереди  $r_0 = 4,5$ ;
- среднее число обслуживаемых посетителей  $r_{\text{об}} = 0,91$ .

Наименьшее допустимое время ожидания потребителями в очереди  $T_{\text{ожд}}$  при этом определяется на основании (2.22) в зависимости от числа потребителей в очереди  $r_0 = 4,5$  и среднего промежутка времени  $t_{\text{п}}$  между моментами появления отдельных потребителей и заявок. Значение  $t_{\text{п}}$  при приеме ОТО от населения зависит от площади зоны обслуживания, количества автомобилей, принадлежащих индивидуальным владельцам, и среднего возраста автомобильного парка, наличия сервисных предприятий и уровня охвата автопарка их услугами, календарного времени и времени суток и т. д. Исходя из этого, значение  $t_{\text{п}}$  может изменяться в широком диапазоне от нескольких минут до нескольких дней или суток.

Таким образом, полученные результаты позволяют организовать эффективную работу приемного пункта любой специализации и масштаба. При этом вероятность простоя приемного пункта из-за отсутствия посетителей не превышает 9 %, а вероятность ухода посетителей – 8 %. Доля обслуженных посетителей из всех прибывших при этом – не менее 92 %.

Выявлены также пути улучшения показателей работы системы путем выбора соответствующего числа приемщиков и увеличения интенсивности обслуживания.

Каждый раз следует выбрать тот способ улучшения показателей работы системы, который достигается с наименьшими затратами и за более короткий промежуток времени. Практическое применение полученных результатов позволяет существенно повысить показатели работы приемных пунктов и всего перерабатывающего предприятия в целом.

### **2.3. Оптимизация общего объема приема выбывшей из эксплуатации техники и компонентов и радиуса обслуживания приемным пунктом**

#### **2.3.1. Теоретические основы оптимизации объема приема и радиуса обслуживания**

Важной задачей ресурсосбережения является оптимизация общего объема приема выбывшей из эксплуатации техники и ОТО на утилизацию и соответствующих взаимосвязанных параметров предприятия утилизации и его сети приемных пунктов. К таким параметрам относятся радиус и соответствующая площадь зоны обслуживания, потребное количество приемных пунктов и приемщиков.

Наличие предполагаемого оптимального решения обусловлено тем обстоятельством, что по мере расширения зоны обслуживания и соответствующего увеличения объема сбора вторсырья возрастают финансовые поступления от его переработки предприятием утилизации. Однако при этом возрастают расходы на создание и оборудование новых приемных пунктов, на содержание увеличенного количества приемщиков и другие текущие затраты на пунктах. Существенно увеличиваются также расходы на вывоз вторсырья из сети приемных пунктов.

С учетом изложенных соображений в качестве критерия оптимальности целесообразно выбрать максимум годовой прибыли от переработки (реализации) всего собранного за один отчетный период, например, год, объема вторсырья

$$P_C = n_n C_P - n_n C_{\Pi} - m C_{\text{КП}} - m C_{\text{ТП}} - C_{\text{ТР}} \rightarrow \max, \quad (2.25)$$

где  $P_C$  – прибыль от реализации всего вторсырья за отчетный период, р.;  $n_n$  – общее количество реализуемого за отчетный период вторсырья, кг;  $C_P$  – средняя реализационная цена одного килограмма вторсырья, руб./кг;  $C_{\Pi}$  – средние затраты на сбор и подготовку к переработке (реализации) одного килограмма вторсырья, руб./кг;  $C_{\text{КП}}$  – средние капитальные вложения на создание одного приемного пункта в расчете на один отчетный период работы, руб./г;  $m$  – общее необходимое количество приемных пунктов;  $C_{\text{ТП}}$  – текущие расходы на содержание одного приемного пункта за отчетный период, руб.;  $C_{\text{ТР}}$  – транспортные расходы за отчетный период, связанные с вывозом собранного вторсырья со всех приемных пунктов.

Общее количество собираемого за отчетный период вторсырья для полноценной его переработки должно соответствовать величине общей зоны обслуживания.

Если приближенно принять зону обслуживания в виде круга, то для  $n_n$  получим:

$$n_n = F m_{n1} n_{m1} = \pi R^2 m_{n1} n_{m1}, \quad (2.26)$$

где  $F$  – общая площадь обслуживания, км<sup>2</sup>;  $m_{n1}$  – среднее количество потенциальных сдатчиков техники на единице обслуживаемой площади, чел./км<sup>2</sup>;  $n_{m1}$  – средняя масса единицы техники или вида вторсырья, сдаваемой одним сдатчиком, кг/чел.;  $R$  – радиус круга зоны обслуживания, км.

На каждый приемный пункт в основном приходят сборщики из

близлежащей территории или собственной зоны обслуживания, поэтому общее потребное количество пунктов  $m$  должно равномерно покрывать всю зону обслуживания перерабатывающего предприятия в соответствии с равенством

$$m = \frac{F}{F_{m1}} = \frac{\pi R^2}{F_{m1}}, \quad (2.27)$$

где  $F_{m1}$  – средняя площадь, обслуживаемая одним приемным пунктом, км<sup>2</sup>.

Значение  $C_{КП}$  в (2.25) определяется из равенства

$$C_{КП} = \frac{C_{КП}}{Z_{СЛ}}, \quad (2.28)$$

где  $Z_{СЛ}$  – средний срок службы одного пункта;  $C_{КП}$  – общие капитальные затраты на создание одного реализационного пункта.

Текущие сезонные затраты на каждом пункте  $C_{ТП}$  в (2.25) определяются по статистическим данным.

Транспортные расходы по вывозу всего вторсырья из приемных пунктов за отчетный период можно определить из исходного равенства

$$C_{ТР} = n_{ТР} Ц_{ТР1}, \quad (2.29)$$

где  $n_{ТР}$  – необходимое количество рейсов за анализируемый период работы;  $Ц_{ТР1}$  – средняя стоимость одного рейса, руб.

Значение  $n_{ТР}$  с учетом (2.26) можно представить в виде:

$$n_{ТР} = \frac{n_n}{n_{P1}} = \frac{\pi R^2 m_{n1} n_{m1}}{n_{P1}}, \quad (2.30)$$

где  $n_{P1}$  – количество вторсырья, перевозимого за один рейс.

Стоимость рейса  $Ц_{ТР1}$  приближенно можно принять пропорциональной среднему расстоянию  $l_{ТР}$  перевозки вторсырья

$$Ц_{ТР1} = \alpha_{ТР} l_{ТР}, \quad (2.31)$$

где  $\alpha_{ТР}$  – ставка за один километр общего пробега, руб./км;  $l_{ТР}$  – среднее расстояние перевозки вторсырья, км.

Значение  $l_{ТР}$  зависит от  $R$  в виде:

$$l_{ТР} = \beta_{ТР} R, \quad (2.32)$$

где  $\beta_{ТР}$  – коэффициент использования пробега.

При отсутствии более достоверных данных в (2.32) приближенно можно принять  $\beta_{ТР} \approx 0,5$ .

На основании (2.29)...(2.32) получим общее выражение транспортных расходов в функции соответствующих факторов

$$C_{\text{ТР}} = \frac{\pi R^3 m_{\text{н1}} n_{\text{м1}} \alpha_{\text{ТР}} \beta_{\text{ТР}}}{n_{\text{р1}}}. \quad (2.33)$$

Подставив значения слагаемых в (2.25), получим развернутое выражение критерия оптимальности:

$$\Pi_{\text{С}} = \pi R^2 m_{\text{н1}} n_{\text{м1}} (\Pi_{\text{Р}} - C_{\text{П}}) - \frac{\pi R^2 (C_{\text{КП1}} + C_{\text{ТП}})}{F_{\text{м1}}} - \frac{\pi R^3 m_{\text{н1}} n_{\text{м1}} \alpha_{\text{ТР}} \beta_{\text{ТР}}}{n_{\text{р1}}} \rightarrow \max. \quad (2.34)$$

Оптимальное значение радиуса обслуживания по критерию (2.34) получим из условия  $\frac{d\Pi_{\text{С}}}{dR} = 0$  в виде:

$$R_{\text{opt}} = \frac{m_{\text{н1}} n_{\text{м1}} (\Pi_{\text{Р}} - C_{\text{П}}) - \frac{(C_{\text{КП1}} + C_{\text{ТП}})}{F_{\text{м1}}}}{1,5 m_{\text{н1}} n_{\text{м1}} \alpha_{\text{ТР}} \beta_{\text{ТР}}}. \quad (2.35)$$

Для удобства практических расчетов целесообразно выразить  $R_{\text{opt}}$  в функции количества вторсырья  $n_{\text{м1}}$ , собираемого за отчетный период одним пунктом, которое определяется из равенства

$$n_{\text{м1П1}} = m_{\text{н1}} F_{\text{м1}} n_{\text{м1}} = m_{\text{П1}} n_{\text{м1}}, \quad (2.36)$$

где  $m_{\text{П1}} = m_{\text{н1}} F_{\text{м1}}$  – количество сдатчиков техники или вторсырья, обслуживаемых за сезон одним пунктом (годовая пропускная способность приемного пункта).

Равенство (2.35) с учетом (2.36) примет вид:

$$R_{\text{opt}} = \frac{[n_{\text{м1П1}} (\Pi_{\text{Р}} - C_{\text{П}}) - (C_{\text{КП1}} + C_{\text{ТП}})] n_{\text{р1}}}{1,5 n_{\text{м1П1}} \alpha_{\text{ТР}} \beta_{\text{ТР}}}. \quad (2.37)$$

Из этого равенства можно определить необходимое условие прибыльности сбора вторсырья в приемных пунктах перерабатывающего вторсырье предприятия

$$n_{\text{м1П1}} (\Pi_{\text{Р}} - C_{\text{П}}) > (C_{\text{КП1}} + C_{\text{ТР}}). \quad (2.38)$$

Указанное условие с учетом (2.36) примет вид

$$n_{\text{м1П1}} = m_{\text{н1}} F_{\text{м1}} n_{\text{м1}} = m_{\text{П1}} n_{\text{м1}} > \frac{C_{\text{КП1}} + C_{\text{ТП}}}{\Pi_{\text{Р}} - C_{\text{П}}}. \quad (2.39)$$

Условие (2.39) позволяет установить необходимые соотношения между основными параметрами приемного пункта. Например, при известном значении среднего количества вторсырья, сдаваемого одним сборщиком  $n_{\text{м1}}$ , можно установить эффективные пределы выбора годовой пропускной способности приемного пункта:

$$m_{\text{П1}} > \frac{C_{\text{КП1}} + C_{\text{ТП}}}{(\Pi_{\text{Р}} - C_{\text{П}}) n_{\text{м1}}}. \quad (2.40)$$

По значению  $R_{\text{opt}}$  из (2.37) с учетом (2.26) рассчитывается общая оптимальная площадь  $F_{\text{opt}}$  зоны обслуживания, при которой обеспечивается наибольшая прибыль для приемных пунктов и перерабатывающего предприятия ( $\text{км}^2$ ):

$$F_{\text{opt}} = \frac{\pi R_{\text{opt}}^2 [n_{\text{mП1}} (C_{\text{P}} - C_{\text{П}}) - (C_{\text{КП}} + C_{\text{ТП}})]^2 n_{\text{P1}}^2}{(1,5n_{\text{mП1}} \alpha_{\text{ТР}} \beta_{\text{ТР}})^2}. \quad (2.41)$$

Оптимальный годовой сбор вторсырья  $n_{\text{nopt}}$  с учетом (2.26) составит:

$$n_{\text{nopt}} = F_{\text{opt}} m_{\text{n1}} n_{\text{m1}} = \pi R_{\text{opt}}^2 m_{\text{n1}} n_{\text{m1}}. \quad (2.42)$$

Оптимальное количество приемных пунктов  $m_{\text{opt}}$  получим на основании (2.36) и (2.42) в виде:

$$m_{\text{opt}} = \frac{n_{\text{nopt}}}{n_{\text{mП1}}} = \frac{\pi R_{\text{opt}}^2}{F_{\text{m1}}} = \frac{\pi R_{\text{opt}}^2 m_{\text{n1}}}{m_{\text{ПП}}}. \quad (2.43)$$

Значение  $m_{\text{ПП}}$  при этом должно удовлетворять условию (2.40).

По значению  $m_{\text{opt}}$  можно рассчитать общее оптимальное потребное количество приемщиков  $n_{\text{opt}}$  на всех пунктах:

$$n_{\text{opt}} = n_{\text{Н1}} m_{\text{opt}}, \quad (2.44)$$

где  $n_{\text{Н1}}$  – нормальное потребное количество приемщиков на одном пункте.

Аналогичным образом можно рассчитать общее оптимальное количество оборудования и материалов каждого  $i$ -го вида:

$$n_{\text{Обiopt}} = n_{\text{Нoi}} m_{\text{opt}}, \quad (2.45)$$

где  $n_{\text{Нoi}}$  – нормальное потребное количество оборудования и материалов  $i$ -го вида на одном пункте.

Таким образом, полученные закономерности позволяют обосновать оптимальные ресурсосберегающие параметры перерабатывающего предприятия и отдельных приемных пунктов, обеспечивающих получение наибольшей прибыли.

### 2.3.2. Результаты оптимизации общего объема сбора ОТО и других основных параметров приемных пунктов

Предварительно в соответствии с равенствами (2.35), (2.36), (2.37) на основании опытных и статистических данных определялись необходимые исходные данные.

Анализом статистических данных установлено, что приемная цена сдаваемого вторсырья  $C_{\text{P}}$  зависит как от вида, качества, так и от календарного года в соответствии с современной общей тенденцией роста цен на сырье и услуги.

Приведенные данные позволяют обосновать соответствующее значение приемной цены сдаваемого вторсырья  $C_{\text{P}}$  при расчетах по

формулам (2.35), (2.36), (2.37) с учетом характера решаемой задачи, включая текущее, среднесрочное и долгосрочное планирование.

Из анализа деятельности приемных пунктов различного профиля следует, что наибольшую прибыль приемный пункт может получить от приема и реализации цветных и черных металлов.

В качестве исходной информации для расчетов по формулам (2.35), (2.36), (2.37) определялись также затраты  $C_{\Pi}$  на прием и подготовку к переработку одной единицы вторсырья определенного вида.

Полученные опытные и статистические данные позволяют проводить соответствующие оптимизационные расчеты по формулам (2.35), (2.36), (2.37).

На основании анализа статистических данных за 2009-2011 годы установлено, что текущие сезонные расходы  $C_{\Pi}$  на содержание одного приемного пункта в зависимости от размеров пункта изменяются в диапазоне от 400000 до 550000 руб.

Капитальные вложения, связанные со строительством и оборудованием одного приемного пункта  $C_{КП}$ , составляют 700000...1000000 руб. при сроках службы  $Z_{сл} = 10...15$  лет.

Соответственно для  $C_{КП}$  с учетом (2.37) при усредненном сроке службы  $Z_{сл} = 12$  лет получим  $C_{КП} = 58333...83333$  руб.

На основании хронометражных наблюдений установлено, что один посетитель пункта сдает в среднем 2...3 кг вторсырья различного вида, соответственно, при расчетах можно принять  $n_{мл} = 2,5$ .

Перевозка вторсырья из приемных пунктов в условиях перерабатывающего предприятия в основном осуществляется автомобилями типа ГАЗ-3302 «Газель» и ГАЗ-3310 «Валдай» с соответствующими расходами в расчете на 1 км расстояния до пункта 10 руб./км и 12,5 руб./км. На основании этих данных для практических расчетов можно принять усредненное значение  $\alpha_{ТР} \approx 11,25$  руб./км.

Среднее расстояние до приемных пунктов приближенно можно принять равным половине радиуса  $R$  зоны обслуживания. Соответственно, для  $\beta_{ТР}$  в (2.32) получим  $\beta_{ТР} = 0,5$ .

Среднее количество вторсырья  $n_{Р1}$ , перевозимого за один рейс, зависит от типа автомобиля, вида вторсырья и способа затаривания. При этом, как следует из равенств (2.35), (2.36), оптимальный радиус  $R_{opt}$  обслуживания увеличивается пропорционально  $n_{Р1}$ , который для перевозки металлического лома изменяется в основном в диапазоне  $n_{Р1} = 1000...3000$  кг.

Полученные опытные и статистические данные позволяют выполнить многовариантные оптимизационные расчеты по формулам (2.35...2.43).

Справедливость критерия оптимальности (2.24) подтверждается графиком зависимости  $\Pi_c = f(R)$ , на рис. 2.8, полученным в виде частного решения на основании приведенных выше опытных и статистических данных при:  $m_{н1} = 1220$ ;  $n_{мл} = 2,5$ ;  $n_{Р1} = 1500$ ;  $\alpha_{ТР} = 11,25$ ;

$\beta_{TP}=0,5$ ;  $C_P=75$ ;  $C_{II}=30$ ;  $C_{KPII}=70000$ ;  $C_{TII}=475000$ . Максимум прибыли  $\Pi_c=\Pi_{cmax}=3555707$  рублей при выбранных исходных данных обеспечивается при оптимальном радиусе обслуживания  $R_{opt}=58$  км и соответствующей площади  $F_{opt}=\pi R_{opt}^2=10563$  км<sup>2</sup>.

Однако территориально-производственные условия работы перерабатывающих предприятий и их приемных пунктов в различных регионах изменяются в широком диапазоне, поэтому необходимы многовариантные оптимальные решения, представленные для наглядности в виде номограмм. Подобная типовая номограмма для выбора оптимальных параметров сети приемных пунктов представлена на рис. 2.9.

В первом квадранте в соответствии с равенством (2.37) представлены графики зависимостей оптимального радиуса обслуживания  $R_{opt}$  от среднего количества вторсырья, принимаемого одним пунктом  $n_{мп1}$ , для всего возможного диапазона изменения количества вторсырья  $n_{P1}$ , перевозимого за один рейс транспортным средством.

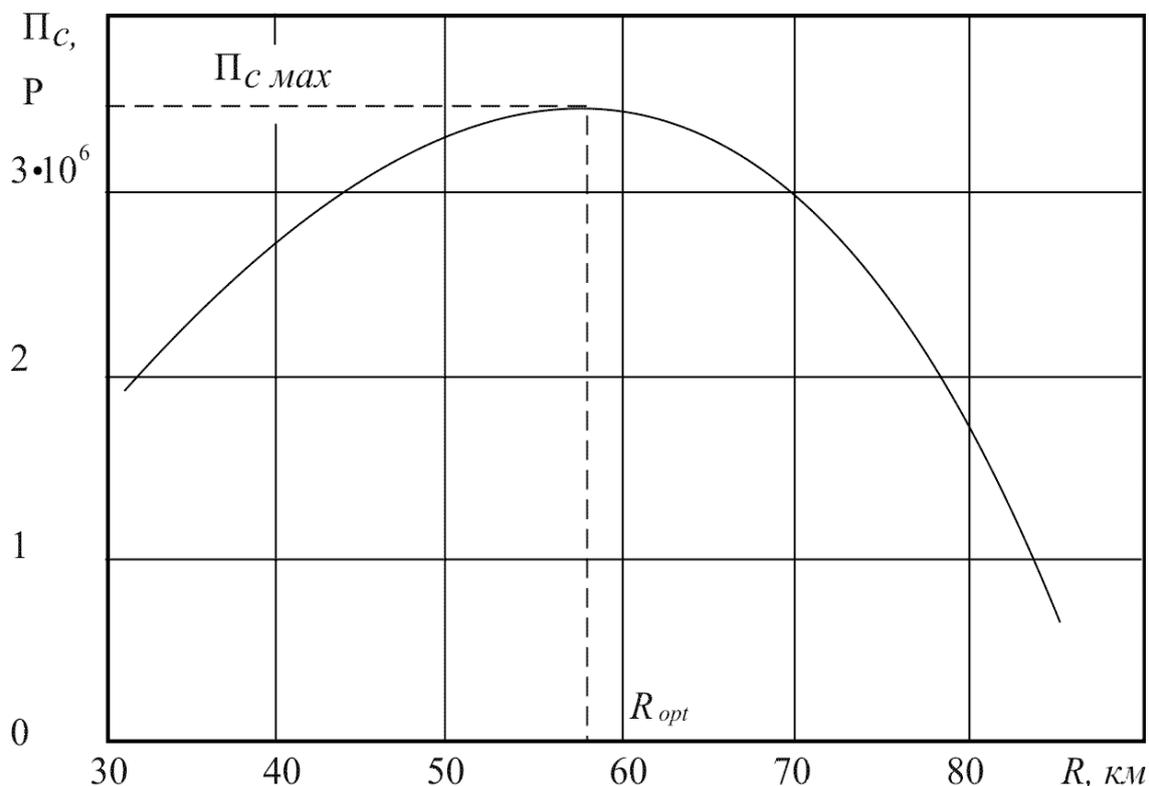


Рис. 2.8 – Результаты определения рационального радиуса обслуживания пунктом приема ОТО и техники на утилизацию

Во втором квадранте с учетом  $F_{opt}=\pi R_{opt}^2$  по горизонтальной оси определяется соответствующая оптимальная площадь обслуживания для всего перерабатывающего предприятия  $F_{opt}=\pi R_{opt}^2$ .

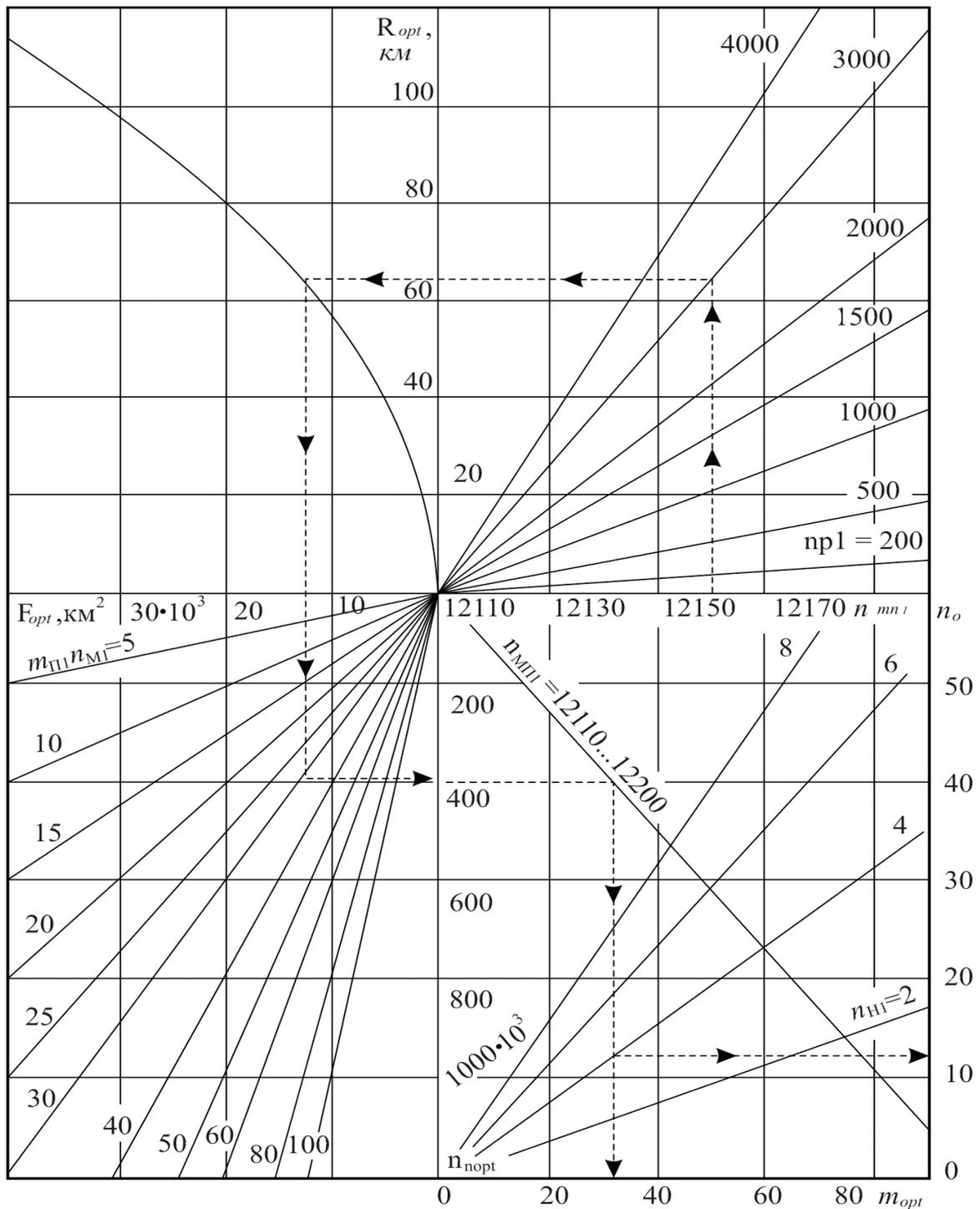


Рис. 2.9 – Номограмма для определения оптимальных параметров пунктов приема ОТО

В третьем квадранте на основании (2.26) по вертикальной оси определяется общий оптимальный годовой объем переработки вторсырья  $n_{порт}$  при различных значениях площади обслуживания  $F_{opt}$  и произведения  $m_{п1} n_{m1}$ , характеризующего количество вторсырья, приходящегося на единицу площади зоны обслуживания.

В последнем четвертом квадранте по нижней горизонтальной шкале на основании (2.43) определяется потребное оптимальное количество приемных пунктов  $m_{opt}$ . При этом весь диапазон изменения

$n_{\text{мп1}} = 12110 \dots 12200$  охватывается с достаточной степенью точности одним и тем же графиком.

По значениям  $m_{\text{opt}}$  в соответствии с (2.43) по вертикальной правой шкале определяется общая оптимальная потребность в приемщиках на всех пунктах при различных возможных нормативных значениях количества приемщиков  $n_{\text{н1}}$  на одном пункте.

Аналогичным образом в соответствии с (2.45) можно определить оптимальную потребность в различных видах оборудования, как правило подъемно-транспортного. Схема пользования номограммой показана штриховыми линиями со стрелками в следующей последовательности.

Предположим, что в заданных природно-производственных условиях потенциально возможно принять на одном пункте за один сезон или год количество вторсырья  $n_{\text{мп1}} = 12160$  кг. При этом за один рейс перевозится до 3000 кг на автомобиле типа ГАЗ-3310 «Валдай». Указанным условиям по номограмме соответствует оптимальный радиус  $R_{\text{opt}} = 65$  км и соответствующая площадь  $F_{\text{opt}} = 13266$  км<sup>2</sup>.

Если принять потенциальную возможность приема вторсырья в расчете на 1 км<sup>2</sup> территории сельских или городских поселений  $m_{\text{н1}}n_{\text{мп1}}=30$ , то общий годовой прием вторсырья в перерабатывающем предприятии должен составить  $n_{\text{порт}}=390000$  при общем количестве приемных пунктов  $m_{\text{opt}} \approx 30$ .

Соответствующее общее число приемщиков в сети приемных пунктов  $n_{\text{порт}} \approx 125$  получим по правой вертикальной шкале четвертого квадранта, если нормативное количество приемщиков на одном пункте  $n_{\text{н1}}$  составляет 4.

Полученные данные свидетельствуют об эффективности предлагаемой методики оптимизации основных параметров перерабатывающих предприятий и их сетей как на стадии проектирования, так и для повышения технико-экономических показателей существующих.

## **2.4. Оптимизация потребного количества транспортных средств для вывоза вторсырья из приемных пунктов на переработку**

### **2.4.1. Теоретические основы оптимизации количества транспортных средств**

По мере накопления вторсырья возникает потребность в вывозе вторсырья из приемных пунктов, которые могут быть распределены на значительной территории относительно перерабатывающего предприятия.

Количество собираемого вторсырья на каждом приемном пункте за единицу времени зависит от случайного предложения, и, соответственно, потребность в вывозе вторсырья на переработку также является величиной вероятностной. Таким образом, от каждого приемного пункта через случайные промежутки времени будет поступать на

перерабатывающее предприятие вероятностный поток требований или заявок на вывоз новых партий вторсырья, готовых к переработке.

Соответствующий вывоз вторсырья осуществляют транспортными средствами, количество которых должно соответствовать числу приемных пунктов с учетом их расположения относительно перерабатывающего предприятия.

При недостаточном количестве транспортных средств неизбежны простои приемных пунктов из-за отсутствия, например, пустых емкостей для сбора различных видов вторсырья с соответствующими непроизводительными расходами средств. Также возможна потеря части сборщиков и соответствующего дохода.

Чрезмерно большое количество транспортных средств также экономически невыгодно, так как будут иметь место значительные простои и связанные с этим непроизводительные расходы.

Таким образом, имеет место типичная задача теории массового обслуживания (ТМО), в которой необходимо установить оптимальное количественное соотношение между приемными пунктами и обслуживающими их транспортными средствами при вывозе вторсырья из приемных пунктов на перерабатывающее предприятие для последующей утилизации.

При этом продолжительность одного транспортного обслуживания, включающего холостой ход (доставку тары) до приемного пункта, время погрузки вторсырья, его доставки и разгрузки на перерабатывающем предприятии с вспомогательными операциями также будет величиной случайной.

Исходя из опыта других исследований по транспортно-технологическим процессам [5, 18, 32, 35, 45], можно приближенно принять, что поток заявок на вывоз накопленного вторсырья из приемных пунктов является пуассоновским.

Если заявки поступают от ограниченного количества приемных пунктов (до пяти-шести), то будет иметь место замкнутая система массового обслуживания.

Очередь заявок образуется в том случае, когда в момент их поступления у перерабатывающего предприятия не окажется транспортных средств для вывоза вторсырья из соответствующего приемного пункта. Наибольшее количество заявок в очереди соответствует общему количеству приемных пунктов  $m$ . При отсутствии заявок наоборот приходится простаивать в ожидании транспортным средствам, количество которых равно  $n$ .

В целом для перерабатывающего предприятия важно, чтобы сумма потерь от простоев во взаимном ожидании приемных пунктов и транспортных средств была минимальной. Соответствующий критерий оптимальности получим в виде:

$$C_{mn} = m_0 C_m + n_0 C_n \rightarrow \min, \quad (2.46)$$

где  $C_{mn}$  – сумма потерь от взаимного ожидания приемных пунктов и транспортных средств, руб./ч;  $C_m, C_n$  – потери, соответственно, от простоя одного приемного пункта и транспортного средства, руб.ч;  $m_0, n_0$  – среднее число ожидающих приемных пунктов и транспортных средств.

С учетом непостоянства ценовых показателей (особенно в условиях кризиса) целесообразно перейти к относительным безмерным затратам

$$\bar{C}_{mn} = \frac{C_{mn}}{C_m} = m_0 + n_0 \frac{C_n}{C_m} \rightarrow \min. \quad (2.47)$$

Соотношение  $C_n/C_m$  мало зависит от колебаний цен, поэтому результаты расчетов по критерию (2.47) будут справедливы в любой период.

В зависимости от объемов сбора вторсырья, числа приемных пунктов, их расположения относительно перерабатывающего предприятия и других условий природно-производственного характера возможны различные типы систем массового обслуживания, включая замкнутые и разомкнутые с ожиданием, а также с отказами.

В качестве замкнутых СМО целесообразно рассматривать такую взаимосвязанную работу приемных пунктов и транспортных средств, когда число пунктов не более пяти-шести.

При большем числе приемных пунктов (примерно до 10) исследование целесообразно проводить на основе теории разомкнутых СМО с ожиданием.

Если число приемных пунктов еще больше, то с учетом сжатых сроков хранения и максимально допустимых объемов накопления вторсырья более эффективной будет теория СМО с отказами.

С учетом указанных особенностей далее излагаются основные принципиальные положения теории всех трех возможных типов СМО, из которых в каждом конкретном случае выделяется наиболее эффективный вариант решения.

#### 2.4.2. Замкнутые СМО с ожиданиями

Численные значения  $m_0$  и  $n_0$  в (2.47) определяются в зависимости от условий работы методами ТМО по формулам [15]

$$m_0 = \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!} P_0, \quad (2.48)$$

$$n_0 = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n-k)m! \alpha^k}{k! (m-k)!} P_0, \quad (2.49)$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n!(m-k)!}}, \quad (2.50)$$

где  $\alpha = \lambda/\mu$ ;  $\lambda$  – плотность потока от каждого приемного пункта, 1/ч;  $\mu$  – интенсивность обслуживания заявок, 1/ч.

Внешние факторы, влияющие на работу СМО, учитываются значениями  $\lambda$  и  $\mu$ , определяемыми из равенств:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_m}, \quad \mu = \frac{1}{\bar{t}_n}, \quad (2.51)$$

где  $\bar{t}_m$  – средний промежуток времени между моментами поступления заявок от одного пункта, ч;  $\bar{t}_n$  – средняя продолжительность обслуживания одной заявки транспортным средством, ч.

Значение  $\bar{t}_m$  соответствует среднему времени накопления одним пунктом вторсырья, вывозимого за один рейс, и рассчитывается по формуле

$$\bar{t}_m = \frac{Q}{n_{\text{Пр}} \cdot m_{\text{С1}}}, \quad (2.52)$$

где  $Q$  – количество вторсырья, вывозимого за один рейс, кг;  $n_{\text{Пр}}$  – количество сборщиков, обслуживаемых на пункте за один час, 1/ч;  $m_{\text{С1}}$  – среднее количество вторсырья, сдаваемого одним сборщиком.

Для определения  $\bar{t}_n$  получим равенство

$$\bar{t}_n = \frac{2l_{\text{П}}}{V_{\text{СР}}} + t_{\text{ПОГ}} + t_{\text{РАЗ}}, \quad (2.53)$$

где  $l_{\text{П}}$  – среднее расстояние до пункта, км;  $V_{\text{СР}}$  – средняя скорость движения с грузом и без груза, км/ч;  $t_{\text{ПОГ}}$ ,  $t_{\text{РАЗ}}$  – средняя продолжительность загрузки в приемном пункте и разгрузки на перерабатывающем предприятии, включая время оформления соответствующих документов и входной контроль, ч.

Значения факторов, входящих в (2.52), (2.53), определяют по статистическим данным и по данным хронометражных наблюдений. На основании (2.46)...(2.53) можно рассчитать численным решением оптимальное потребное количество транспортных средств  $n_{\text{опт}}$  в зависимости от числа приемных пунктов  $m$ .

В наиболее напряженные периоды сбора вторсырья (обычно это весенне-летне-осенний бесснеговой период) может оказаться более важным уменьшение времени простоя транспортных средств в ожидании поступления заявок на вывоз вторсырья.

При этом в качестве вспомогательных показателей работы СМО можно также учесть коэффициенты простоя, соответственно, прием-

ных пунктов и транспортных средств:

$$K_m = \frac{m_0}{m}; K_n = \frac{n_0}{n}, \quad (2.54)$$

где  $K_m, K_n$  – коэффициенты простоя, соответственно, приемных пунктов и транспортных средств с учетом вышеизложенного.

В периоды повышенного сбора вторсырья следует стремиться к уменьшению  $K_m$  при контролируемом значении  $K_n$ .

Принципиально возможен и частный случай решения задачи с одним приемным пунктом, расстояние до которого может существенно отличаться от других пунктов. Возможны и другие ограничивающие факторы.

Транспортные средства при этом удобнее рассматривать в роли обслуживаемых. Критерий оптимальности (2.46), (2.47) при этом следует записывать в виде:

$$C_{mn} = P_0 C_m + n_0 C_n; \quad (2.55)$$

$$\bar{C}_{mn} = \frac{C_{mn}}{C_m} = P_0 + n_0 \frac{C_n}{C_m}, \quad (2.56)$$

где  $P_0$  – вероятность простоя приемного пункта.

Значения  $P_0$  и  $n_0$  в (2.55), (2.56) рассчитываются по упрощенным формулам [15]:

$$n_0 = n - (1 - P_0) \left( 1 + \frac{1}{\alpha} \right); \quad (2.57)$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + n\alpha + n(n-1)\alpha^2 + n(n-1)\dots 1 \cdot \alpha^n}. \quad (2.58)$$

Для определения  $\lambda$  и  $\mu$  следует пользоваться вместо (2.51) равенствами:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_n}, \quad \mu = \frac{1}{\bar{t}_m}. \quad (2.59)$$

### 2.4.3. Разомкнутые СМО с ожиданием

При чрезмерно большом количестве приемных пунктов  $m$  расчеты по формулам (2.47)...(2.50) становятся громоздкими, поэтому в этом случае СМО приближенно следует рассматривать как разомкнутую с ожиданием. Предельное количество мест в очереди в данном случае ограничивается числом приемных пунктов  $m$ .

Критерии оптимальности (2.46) и (2.47) будут справедливы и в данном случае. Значения  $m_0$  и  $n_0$  с учетом (2.41) определяются в соответствии с [14] из равенств:

$$m_0 = \frac{\alpha^{n+1} P_0 [1 - (m+1)v^m + m v^{m+1}]}{m!(1-v)^2}; \quad (2.60)$$

$$n_0 = n - \alpha \left( 1 - \frac{\alpha^{n+m}}{n^m n!} P_0 \right); \quad (2.61)$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{1!} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\frac{\alpha}{n} - \left(\frac{\alpha}{n}\right)^{m+1}}{1 - \frac{\alpha}{n}}}. \quad (2.62)$$

Равенства (2.54) будут справедливы и в данном случае.

В качестве важного показателя работы можно рассчитать также среднюю продолжительность ожидания приемным пунктом вывоза вторсырья и, как правило, доставки пустой тары для новой партии  $\bar{t}_{\text{ож}}$ , определяемую в виде соотношения

$$\bar{t}_{\text{ож}} = \frac{m_0}{\lambda}. \quad (2.63)$$

На основании (2.47), (2.60), (2.61), (2.62) можно обосновать оптимальные количественные соотношения между приемными пунктами и транспортными средствами для вывоза вторсырья.

#### 2.4.4. Система массового обслуживания с отказами

В напряженные периоды массового сбора вторсырья, как уже отмечалось выше, это весенне-летне-осенний период, поток требований на вывоз вторсырья существенно возрастает. При этом основным критерием эффективности работы всей системы сбора и переработки вторсырья становится максимальное удовлетворение потребительского спроса.

Изложенные требования при значительном числе приемных пунктов наиболее полно удовлетворяются, если систему вывоза вторсырья из приемных пунктов рассматривать как систему массового обслуживания с отказами.

Если в момент поступления новой заявки на вывоз вторсырья из какого-либо приемного пункта все транспортные средства перерабатывающего предприятия окажутся занятыми обслуживанием ранее поступивших заявок, то эта заявка получит отказ.

Желательно, чтобы число таких отказов было как можно меньше. Соответственно, в качестве критерия оптимальности работы СМО целесообразно принять минимум вероятности отказа, определяемой в соответствии с [15] из равенства

$$P_{\text{отк}} = \frac{\alpha^n}{n!} P_0 \rightarrow \min, \quad (2.64)$$

где  $\alpha = \lambda/\mu$ ;  $n$  – общее число транспортных средств;  $P_0$  – вероятность отсутствия заявок.

Значение  $P_0$  при этом определяется из равенства

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{1!} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!}}. \quad (2.65)$$

Вероятность того, что заявка на вывоз вторсырья будет принята к обслуживанию, является величиной, обратной  $P_{\text{ОТК}}$  из (2.64), и характеризует относительную пропускную способность транспортной системы перерабатывающего предприятия, т.е. долю обслуженных заявок, которая должна быть как можно больше

$$q_0 = 1 - P_{\text{ОТК}} \rightarrow \max. \quad (2.66)$$

Абсолютная пропускная способность системы соответствует количеству обслуженных заявок в единицу времени и определяется из равенства

$$q_A = \lambda q_0 = \lambda(1 - P_{\text{ОТК}}). \quad (2.67)$$

Важным показателем работы системы является не только максимальное удовлетворение заявок, но и степень занятости транспортных средств, определяемая из равенства

$$\varphi_n = \frac{n_p}{n} = \frac{\alpha(1 - P_{\text{ОТК}})}{n}, \quad (2.68)$$

где  $n_p = \alpha(1 - P_{\text{ОТК}})$  – число занятых (работающих) транспортных средств.

Равенства (2.64)...(2.68) позволяют достаточно полно проанализировать работу системы вывоза вторсырья из приемных пунктов для выбора наиболее эффективного варианта работы.

#### **2.4.5. Результаты оптимизации потребного количества транспортных средств для вывоза ОТО из приемных пунктов**

Система транспортного обслуживания приемных пунктов с учетом вероятностного характера поступления заявок на вывоз вторсырья может рассматриваться как система массового обслуживания. При этом в зависимости от числа пунктов и складывающихся территориально-производственных условий исследование возможно проводить на основе трех основных СМО, включая замкнутую и разомкнутую СМО с ожиданием, а также СМО с отказами.

При этом как для потребителей, так и для самого перерабатывающего предприятия целесообразно принимать вторсырье в максимально сжатые сроки. Такой подход обеспечивает и более высокие экономические показатели. Исходя из этого, транспортные средства должны обеспечить бесперебойный вывоз накопленного вторсырья и снабжение приемных пунктов порожней тарой для разных видов отходов.

Условиям работы сети пунктов наиболее полно отвечает систе-

ма массового обслуживания с отказами, основные показатели работы которой определяются на основании равенств (2.64)...(2.68).

Выбор этого метода решения задачи обусловлен и неустойчивостью ценовых и других экономических показателей для расчетов по экономическим критериям (2.46) или (2.47). Кроме того, при решении задачи на основе СМО с отказами имеются более широкие возможности для участия специалистов перерабатывающего предприятия в принятии оперативных управленческих решений в соответствии со складывающейся ситуацией.

Из равенств (2.64)...(2.68) следует, что в качестве основных показателей взаимосвязанной эффективной работы приемных пунктов и обслуживающих транспортных средств следует определять соотношения между плотностью потока требований  $\lambda$ , интенсивностью  $\mu$  их обслуживания и потребным количеством  $n$  транспортных средств.

Основными оценочными показателями при этом являются вероятность отказа в обслуживании  $P_{\text{отк}}$ , определяемая по формуле (2.64), и степень занятости транспортных средств в соответствии с формулой (2.68).

Основными исходными величинами при этом являются плотность потока требований  $\lambda$  (количество требований за единицу времени, час, день и т. д.) на вывоз накопленного вторсырья и поставку порожней тары и интенсивность  $\mu$  транспортного обслуживания (количество обслуживаний одним транспортным средством за ту же единицу времени).

Чтобы результаты расчетов сделать общими для всех видов вторсырья и транспортных средств, в качестве одной заявки или требования целесообразно принять среднее количество вторсырья, перевозимого одним транспортным средством за одну езду.

Опытные наблюдения на приемных пунктах показали, что для удобства и большей достоверности результатов расчетов в качестве основной единицы времени при определении  $\lambda$  и  $\mu$  следует выбрать рабочий день. При этом среднее значение  $\lambda$  вместо (2.51) определяется за определенный период, вплоть до одного сезона в соответствии с равенством (1/день)

$$\lambda = \frac{Z_m}{n_{\text{рд}}},$$

где  $Z_m$  – общее количество требований (заявок), поступивших от всех приемных пунктов за рассматриваемый период, шт.;  $n_{\text{рд}}$  – число рабочих дней за тот же период, дни.

Интенсивность обслуживания требований транспортными средствами  $\mu$  при этом соответствует среднему числу рейсов, совершаемых одним транспортным средством за один рабочий день и определяется из равенства (1/день)

$$\mu = \frac{Z_{n1}}{n_{\text{PD}}},$$

где  $Z_{n1}$  – общее число рейсов (обслуживаний), выполняемых одним транспортным средством за рассматриваемый период, шт.

Показатели эффективности работы СМО при этом зависят от отношения характеризующего число требований или заявок, поступающих за время одного рейса, или число требований, приходящихся на одно обслуживание:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{Z_m}{Z_{n1}}.$$

Значения  $\lambda$  и  $\mu$ , а также  $\alpha$  в представленном виде легко определяются по имеющимся в каждом предприятии статистическим данным. Результаты решения при этом будут справедливы для любых видов транспортных средств. Значение  $\alpha$  можно выразить также в функции общего числа  $m$  приемных пунктов в виде:

$$\alpha = \frac{mZ_{m1}}{Z_{n1}},$$

где  $m$  – общее число приемных пунктов;  $Z_{m1}$  – среднее число требований, поступающих от одного приемного пункта за рассматриваемый период, шт.

Из приведенных равенств наглядно видно, что значение  $\alpha$  определяется в основном территориально-производственными условиями характерными для каждого региона.

На основании анализа статистических данных и результатов проведенных хронометражных наблюдений установлено, что значение  $\alpha$  с учетом перспектив развития перерабатывающих предприятий региона изменяется в диапазоне  $\alpha \leq 8$ .

Таким образом, задача сводится к определению потребного числа транспортных средств для всего диапазона изменения  $\alpha$ , обеспечивающих приемлемые значения вероятностей отказа  $P_{\text{ОТК}}$  в соответствии с (2.45).

Наиболее эффективным и удобным для практического применения методом решения подобных многовариантных задач является номограмма, представленная на рис. 2.10.

В правой части номограммы на основании формулы (2.64) построены графики зависимостей вероятности отказа  $P_{\text{ОТК}}$  в обслуживании заявок приемных пунктов на вывоз вторсырья и доставку тары при всех возможных значениях  $\alpha$  и числа  $n$  транспортных средств.

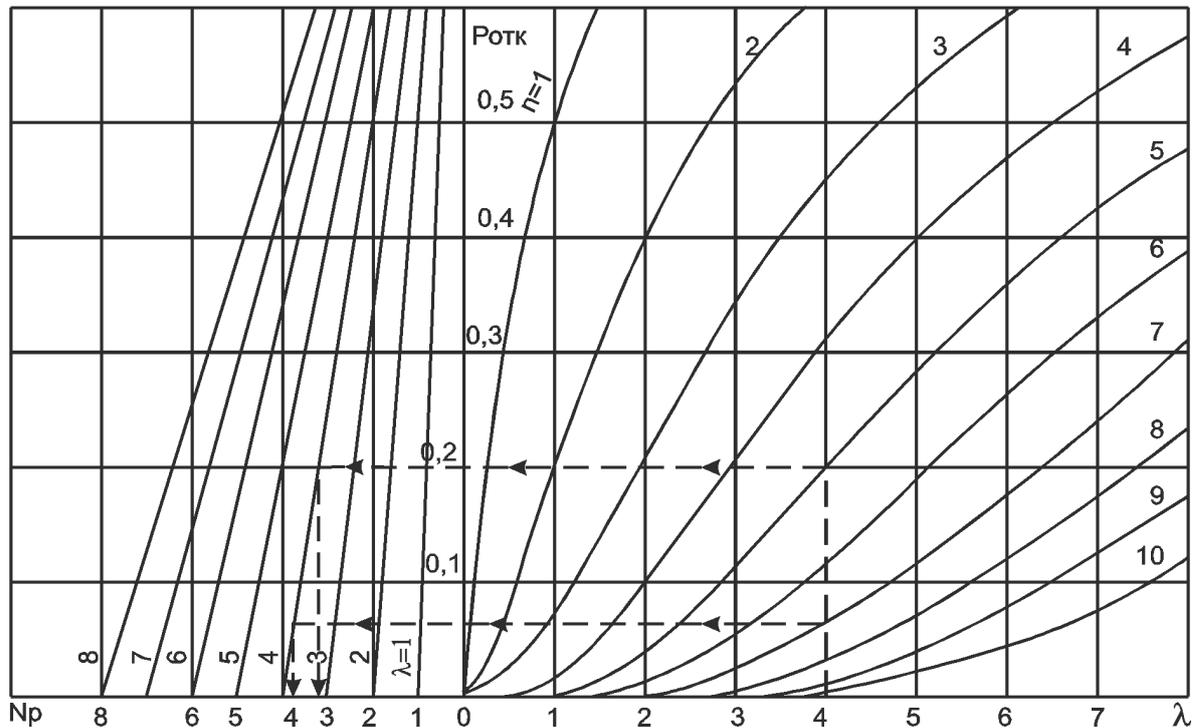


Рис. 2.10 – Номограмма для выбора количества транспортных средств

В левой части при тех же взаимосвязанных значениях  $\alpha$ ,  $n$ ,  $P_{отк}$  приведено среднее число занятых обслуживанием (работающих) транспортных средств  $n_p$ . При известных значениях  $n$  и  $n_p$  при необходимости можно определить степень занятости транспортных средств  $\varphi_n$  в соответствии с равенством (2.68).

Схема выбора потребного числа транспортных средств по номограмме показана штриховыми линиями при  $\alpha = 4$ . Приведены для удобства анализа два наиболее приемлемых решения при  $n = 5$  и  $n = 7$ . При  $n = 7$  обеспечивается высокий уровень транспортного обслуживания заявок приемных пунктов на вывоз вторсырья и доставку тары при  $P_{отк} = 0,065$ , то есть когда своевременно обслуживается 93,5 % всех требований.

Однако при этом среднее число занятых транспортных средств из 7 составляет всего 3,7, или всего 52,8 %, а 47,2 % транспортных средств простаивает.

Второй вариант решения при  $n = 5$  и  $P_{отк} = 0,20$  обеспечивает более низкий уровень транспортного обслуживания (80 %) при числе занятых транспортных средств 3,2, или 64 %, и простаивает 37 %. На основании имеющихся у перерабатывающего предприятия экономических данных и складывающейся производственной ситуации не трудно выбрать эффективный вариант решения.

Например, в упрощенном варианте можно сравнить потери от несвоевременного вывоза накопленного вторсырья при  $n = 5$  и затраты, связанные с содержанием двух дополнительных транспортных единиц при  $n = 7$ . Таким образом, на основании предлагаемой номо-

граммы можно обосновать оптимальный вариант транспортного обслуживания приемных пунктов.

## **2.5. Теоретические основы оптимизации режимов обеспечения тарой и вывоза накопленного вторсырья из приемных пунктов**

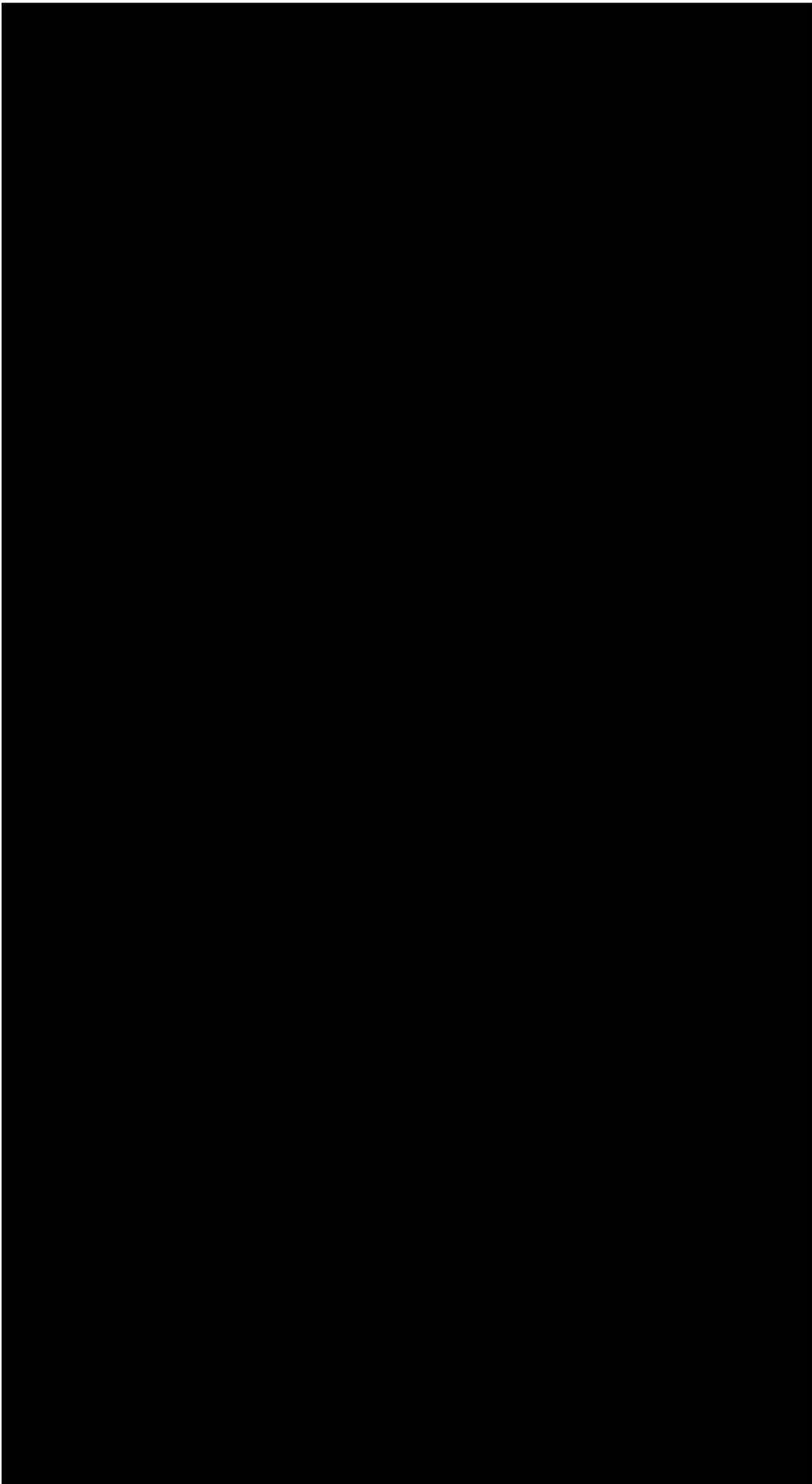
Экологическое законодательство в России – одна из наиболее интенсивно меняющихся отраслей права. Тенденции в изменении экологических норм требуют все большего внимания со стороны предприятий технического сервиса. Это касается всего комплекса обращения с опасными отходами.

С 8 января 2006 года [12] вступил в действие Федеральный закон № 183-ФЗ «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях», подписанный 26 декабря 2005 года Президентом России. Этот документ увеличил штрафы за нарушение действующего природоохранного законодательства, а также ввел штрафные санкции за невнесение в установленные сроки платы за негативное воздействие на окружающую среду. В настоящее время в случае невнесения в установленные сроки платы за негативное воздействие на окружающую среду предстоит заплатить штраф. От 3000 до 6000 руб. в госбюджет должны будут внести должностные лица, организациям же в случае нарушений придется заплатить от 50000 до 100000 руб (табл. 2.6 и 2.7).

Для того чтобы сбор отходов проходил в удобной для предприятия форме, необходимо грамотно сформировать инфраструктуру первичного сбора отходов. Места накопления отходов должны обеспечивать удобную для предприятия и экологически оправданную технологию хранения отходов. Тенденция, в контексте которой необходимо работать – это оптимизация участка сбора и хранения отходов, сокращение его площади.

Содержать большую площадь для сбора отходов весьма накладно. Сейчас разработаны [12] комплексные варианты, которые позволяют на площади в 2 м<sup>2</sup> собирать масла, антифриз, ветошь, фильтры, аккумуляторы, шины, канистры и даже бамперы.

Приведем несколько вариантов решений по сбору разного вида отходов. Масляные фильтры нельзя собирать в картонную коробку или в пластиковый пакет. Это приводит к значительным утечкам масла, а следовательно, к загрязнению территории пункта и претензиям экологов. Разработаны специальные контейнеры, а также малозатратный вариант – пластиковые бочки.



**Размеры штрафов, взимаемых с граждан и организаций  
за неправильный сбор и хранение отходов**

Вид нарушения	Штраф, взимаемый с должностных лиц	Штраф, взимаемый с организаций	Статья Закона
Неосуществление раздельного сбора отходов	200 МРОТ	1500 МРОТ	Гл. 6, ст. 20
Нарушение требований по раздельному сбору вторичных материальных ресурсов, подлежащих переработке (обработке) во вторичное сырье	150 МРОТ	1500 МРОТ	Гл. 6, ст. 21
Неосуществление раздельного сбора вторичных материальных ресурсов, подлежащих переработке (обработке) во вторичное сырье	200 МРОТ	1700 МРОТ	Гл. 6, ст. 21

Канистры из-под масла, антифриза и других технических жидкостей запрещено выбрасывать в контейнер для твердых бытовых отходов. Пластик не гниет 30...50 лет, а значит, будет еще долго засорять окружающую среду. При этом он востребованное сырье, которое можно перерабатывать. На рынке предлагаются специальные конструкции, куда устанавливаются прочные мешки для сбора канистр.

Отработанные масла – один из самых массовых отходов – должны храниться в закрытом помещении или под навесом на заасфальтированной площадке. Масла собирают в емкости различного размера. В Москве стали выпускать поддоны для таких емкостей, что удовлетворяет требованиям СЭС, экологов и пожарных. В случае же повреждения емкости масло не разливается по территории хранилища, а попадает в поддон. Это решение защищает предприятие от штрафов и упрощает работу.

Аккумуляторы нельзя хранить под открытым небом или на незаасфальтированной площадке. Для аккумуляторов используется специальный кислотостойкий поддон.

Все контейнеры поставляются пунктам в комплекте со специальными масло-бензостойкими наклейками с указанием вида отхода и порядка его сбора. На них же указан номер телефона обслуживающей организации. Это отвечает требованиям законодательства, кроме того, всегда ясно, куда обратиться за вывозом данного отхода.

Собранное вторсырье вывозится из приемных пунктов определенными партиями через соответствующие промежутки времени с учетом интенсивности накопления и грузоподъемности применяемых для доставки транспортных средств. Поскольку для накопления каждой партии вторсырья требуется определенное время в зависимости от предложения, то неизбежно образование соответствующего запаса

тары различного вида (рис. 2.11) на каждом пункте.

Если величина запаса тары слишком мала, то возрастает вероятность потери части сборщиков и соответствующей доли прибыли из-за невозможности обеспечения безопасного хранения вторсырья (с точки зрения контролирующих органов и учитывая возможные штрафные санкции) [12].

Однако при чрезмерно большом запасе тары и собранного вторсырья на приемных пунктах также возможны убытки из-за их длительного хранения с соответствующим ухудшением качества, особенно применительно к эксплуатационным материалам и, что наиболее вероятно из-за штрафных санкций.



Рис. 2.11 – Сертифицированная тара для ОТО [110]

В связи с изложенными особенностями необходимо обосновать такой оптимальный режим пополнения запасов тары и вывоза собранного вторсырья из приемных пунктов, при котором в наибольшей степени будут удовлетворяться как интересы потребителей услуг, так и самих приемных пунктов и перерабатывающего предприятия в целом. Для решения этой задачи необходимо рассмотреть основные возможные режимы пополнения запасов тары на приемных пунктах, чтобы выбрать наиболее эффективный вариант работы современными методами исследования операций [14, 88].

Спрос на тару в общем случае является случайным в вероятностном смысле, однако для оперативных расчетов в условиях производства возможно использование детерминированных методов расчета.

Исходя из этого, сначала по соображениям простоты и наглядности рассмотрим детерминированные методы расчета с последующим их обобщением на случай вероятностного спроса на тару и вывоз собранного вторсырья.

Предполагается, что заявки на поставку тары и вывоз собранного вторсырья в перерабатывающее предприятие подаются таким образом, чтобы новая партия тары поступила в момент завершения заполнения предыдущей партии за время  $t_{\Pi}$ , для которого принимается усредненное постоянное значение ( $t_{\Pi} \approx \text{const}$ ). Описанный упрощенный режим поставки тары и накопления вторсырья схематически показан на рис. 2.12.

В рассматриваемом идеальном случае теоретически исключены отказы в удовлетворении спроса потребителей и потеря соответствующей прибыли, так как каждая новая партия тары прибывает в момент завершения заполнения предыдущей партии через один и тот же промежуток времени  $t_{\Pi}$ .

Исходя из этого, в качестве критерия оптимальности целесообразно принять минимум суммы затрат на доставку и хранение тары и накопленного вторсырья в виде:

$$C = C_{\text{д}} + C_{\text{х}} \rightarrow \min, \quad (2.69)$$

где  $C_{\text{д}}$ ,  $C_{\text{х}}$  – затраты соответственно на доставку и хранение тары и накопленного вторсырья за определенный период, руб.

Затраты на доставку  $C_{\text{д}}$  в общем случае определяются из равенства

$$C_{\text{д}} = n_{\text{д}} + C_{\text{д1}}, \quad (2.70)$$

где  $n_{\text{д}}$  – количество доставок;  $C_{\text{д1}}$  – стоимость одной доставки, руб.

Значение  $C_{\text{д1}}$  в общем случае складывается из постоянной части, связанной с пробегом транспортного средства до приемного пункта и обратно, и переменной, зависящей от количества перевозимой тары и накопленного вторсырья за один рейс, включая погрузку и разгрузку тары и затаренного в процессе сбора вторсырья.

Указанную зависимость приближенно можно принять линейной в виде

$$C_{\text{д1}} = C_{\text{до}} + C_1 Q, \quad (2.71)$$

где  $Q$  – количество тары и накопленного вторсырья, перевозимых за один рейс, кг.

Значение эмпирических коэффициентов  $C_{\text{до}}$  и  $C_1$  можно определить по статистическим данным. Таким образом, общая стоимость доставки тары и вывоза накопленного вторсырья составит:

$$C_D = n_D (C_{ДО} + C_1 Q). \quad (2.72)$$

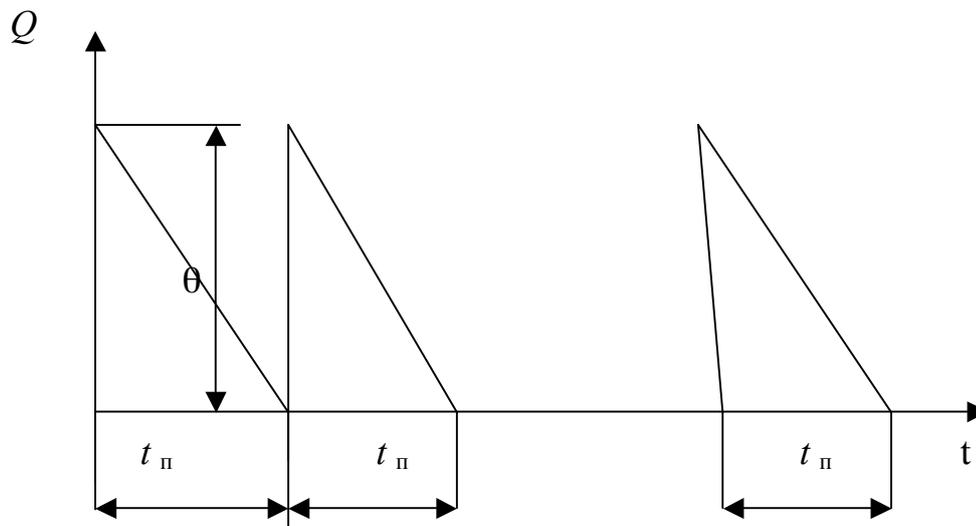


Рис. 2.12 – Схема поставки тары и исчерпания ее свободного объема в момент завершения накопления предшествующей партии

Затраты на хранение тары и принимаемого от сборщиков вторсырья за время его накопления определим из исходного равенства

$$C_X = n_D C_{ХР1}, \quad (2.73)$$

где  $C_{ХР1}$  – стоимость хранения тары и накопленного вторсырья, вывозимого за один рейс за время их накопления, руб.

Количество хранящейся на складе приемного пункта тары убывает по мере ее заполнения собранным вторсырьем, поэтому для  $C_{ХР1}$  получим:

$$C_{ХР1} = C_{Х1} \int_0^{t_n} (Q - t \mu_p) dt = C_{Х1} (Q t_n - 0,5 \mu_p t_n^2), \quad (2.74)$$

где  $C_{Х1}$  – стоимость хранения одной единицы тары (как заполненной, так и порожней) до вывоза, руб.;  $\mu_p$  – интенсивность накопления вторсырья (количество вторсырья, накапливаемого за единицу времени), 1/ч.

Упрощенно для  $\mu_p$  воспользуемся усредненным постоянным значением ( $\mu_p \approx \text{const}$ ) на основании статистических данных по работе приемных пунктов перерабатывающих предприятий.

На основании (2.80) с учетом  $\mu_p t_{\Pi} = Q$  получим общие затраты на хранение накопленного вторсырья и тары для него на складе приемного пункта

$$C_X = 0,5 n_D Q t_{\Pi} C_{Х1}. \quad (2.75)$$

Критерий оптимальности (2.69) с учетом значений  $C_{\text{д}}$  из (2.72) и  $C_{\text{х}}$  из (2.73) примет вид:

$$C = n_{\text{д}} [C_{\text{до}} + Q(C_1 + 0,5t_{\text{п}} C_{\text{х1}})] \rightarrow \min. \quad (2.76)$$

Поделив обе части этого равенства на  $n_{\text{д}}$  и общее время работы приемного пункта  $T_{\text{ц}} = Q/\mu_{\text{р}}$ , получим затраты на доставку, вывоз и хранение тары и накопленного вторсырья в единицу времени:

$$C_{\text{т}} = \frac{C}{T_{\text{ц}}} = C_1 \mu_{\text{р}} + \frac{C_{\text{до}} \mu_{\text{р}}}{Q} + 0,5 C_{\text{х1}} Q \rightarrow \min. \quad (2.77)$$

Оптимальное количество тары и количество вторсырья  $Q_{\text{опт}}$ , которое следует поставлять на склад и вывозить со склада приемного пункта при каждом рейсе, определяется по условию  $\frac{dC_{\text{т}}}{dQ} = 0$  в виде:

$$Q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{C_{\text{до}} \mu_{\text{р}}}{0,5 C_{\text{х1}}}}. \quad (2.78)$$

Соответствующий оптимальный промежуток времени между поставками составит:

$$T_{\text{цопт}} = \frac{Q_{\text{опт}}}{\mu_{\text{р}}} = \sqrt{\frac{C_{\text{до}}}{0,5 C_{\text{х1}} \mu_{\text{р}}}}. \quad (2.79)$$

Приняв в (2.78)  $Q = Q_{\text{опт}}$ , получим минимальные затраты  $C_{\text{тmin}}$  за единицу времени. В качестве единицы времени с учетом объектов транспортирования и удобства решения задачи можно принять час или рабочий день.

Описанный режим пополнения запаса тары и вывоза вторсырья из приемного пункта имеет место в том случае, когда в момент завершения накопления первой партии вторсырья за время  $t_{\text{п}}$  прибывает вторая партия тары и сразу же начинается ее использование при выполнении технологических процессов приема, сортировки и затаривания вторсырья.

Полученные общие закономерности позволяют обосновать оптимальный режим доставки тары и вывоза накопленного вторсырья со складов приемных пунктов в зависимости от условий работы.

В результате наблюдений за работой приемных пунктов, действующих в регионе, установлено, что в производственных условиях чаще всего встречается случай вывоза всего объема накопленного вторсырья и начало его накопления в момент доставки новой партии специализированной тары.

Исходя из этого, практические рекомендации следует обосновывать для такого режима вывоза вторсырья и пополнения запаса тары.

Хронометражными наблюдениями за работой основных типов приемных пунктов установлено, что такой режим работы характерен

для пунктов, расположенных на сравнительно небольших расстояниях от перерабатывающего предприятия. Приблизительно этот режим работы можно применить и к другим пунктам. Основным условием при этом является отсутствие внешних факторов, которые бы не позволили вывезти вторсырье и доставить тару на приемный пункт в требуемый момент. Прием и отгрузка тары, например, может быть осуществлена за время закрытия пункта на перерыв или между сменами. Накопление нового объема вторсырья при этом начинается в момент открытия пункта для посетителей, как показано на рис. 2.12.

Основная задача при этом заключается в определении оптимального количества одной партии вывозимого вторсырья  $Q_{\text{opt}}$  и соответствующего промежутка времени  $T_{\text{Цopt}}$  между заездами, при которых обеспечивается минимум суммы затрат на вывоз вторсырья и на его хранение в период накопления.

На основании наблюдений и статистических данных установлено, что основную часть транспортных расходов составляет постоянная составляющая  $C_{\text{до}}$  независимо от перевозимого количества вторсырья.

Значение  $C_{\text{до}}$ , в свою очередь, зависит в основном от расстояния перевозки, изменяющегося в широком диапазоне. В качестве перспективного расчетного расстояния принято расстояние до 100 км.

Следовательно, оптимизационные расчеты следует проводить для всего диапазона расстояний перевозки и соответствующих значений  $C_{\text{до}}$ .

Наблюдениями и анализом статистических данных установлено, что затраты на хранение одного килограмма вторсырья  $C_{\text{х1}}$  за период накопления значительно меньше транспортных расходов  $C_{\text{до}}$  для всей партии. Поскольку абсолютные значения  $C_{\text{до}}$  и  $C_{\text{х1}}$  в современных рыночных условиях непрерывно изменяются, то для определения оптимальной партии вторсырья  $Q_{\text{opt}}$  целесообразно представить в виде

$$Q_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{\mu_{\text{р}}}{0,5C_{\text{х1}}}} \cdot \sqrt{C_{\text{до}}} \quad (2.80)$$

Отношение  $C_{\text{х1}}/C_{\text{до}}$  в этом равенстве с учетом вышеизложенного несравнимо меньше единицы, т.е.  $C_{\text{х1}}/C_{\text{до}} < 1$ , так как  $C_{\text{х1}} > C_{\text{до}}$ .

При этом  $C_{\text{до}}$  тем больше  $C_{\text{х1}}$ , чем значительнее расстояние от перерабатывающего предприятия до приемного пункта.

Отношение  $C_{\text{х1}}/C_{\text{до}}$  остается достаточно стабильным, поэтому результаты оптимизации будут справедливы для любого периода работы приемных пунктов.

Справедливость принятого соотношения  $C_{\text{х1}}/C_{\text{до}}$  подтверждается анализом имеющихся статистических данных и данных наблюдений. Вывоз накопленного вторсырья, как указано ранее, осуществляется преимущественно автомобилями малого или среднего класса

ГАЗ-3302 «Газель», ГАЗ-3310 «Валдай» или их аналогами иностранного производства. При этом количество перевозимого за один рейс вторсырья зависит не только от типа автомобиля, но также и от вида и способа затаривания вторсырья.

Стоимость перевозки в ценах 2011 года в расчете на 1 км в рассматриваемом регионе составляла в среднем 10 руб./км – для автомобиля «Газель» и 12,5 руб./км – для автомобиля «Валдай».

Умножив указанные значения на расстояние перевозки в диапазоне 2...100 км, получим соответствующую стоимость одной перевозки в пределах 20...1250 рублей. Основная часть этой суммы приходится на долю постоянной составляющей  $C_{до}$ .

Затраты на хранение вторсырья  $C_{Х1}$  с момента приема до вывоза также зависят от многих факторов, включая тип приемного пункта (стационарный или мобильный), длительность хранения и другие факторы.

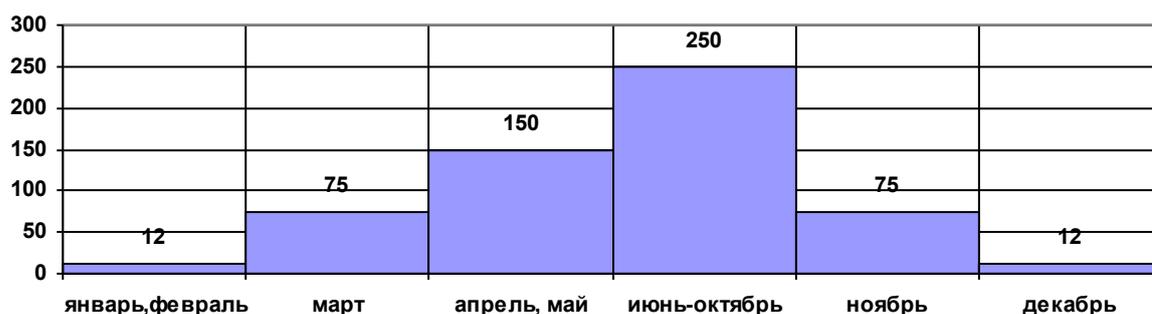
Величина отношения  $C_{Х1}/C_{до}$  с учетом изложенных соображений также может изменяться в широком диапазоне и для каждого приемного пункта определяется с учетом конкретных условий. Соответственно, и оптимальное количество вторсырья, вывозимого за один рейс  $Q_{opt}$ , должно определяться для всего возможного диапазона изменения  $C_{Х1}/C_{до}$ .

В широком диапазоне изменяется также интенсивность накопления вторсырья  $\mu_p$  (1/ч) в зависимости от типа приемного пункта (крупный, мелкий), а также от периода работы. Об этом свидетельствуют данные, полученные на основе хронометражных наблюдений (рис. 2.13).

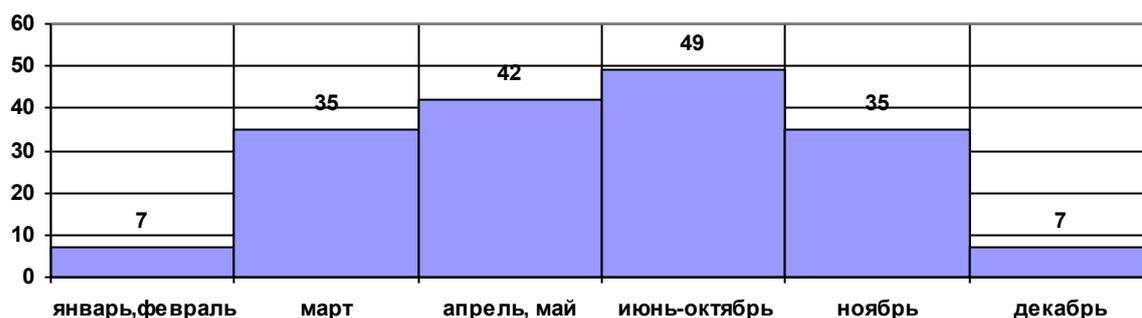
При средней продолжительности рабочего дня на приемном пункте 7...8 ч значение  $\mu_p$ , по данным рис. 2.13, изменяется в диапазоне от 0,5 до 37 1/ч. В наиболее напряженный период июнь-октябрь для крупного пункта с 5...6 приемщиками округленно имеем  $\mu_p = 25...38$ , а для мелкого пункта с 1...2 приемщиками  $\mu_p = 7...8$  1/ч.

Полученные опытные и статистические данные позволяют обосновывать для рассматриваемого случая оптимальный режим вывоза накопленного вторсырья и пополнения запаса тары на приемных пунктах, характеризуемый количеством вторсырья, вывозимого за один рейс  $Q_{opt}$ , и соответствующим промежутком времени  $T_{Цopt}$  между перевозками.

Учитывая многовариантный характер решения, целесообразно представить взаимосвязанные значения  $Q_{opt}$ ,  $T_{Цopt}$ ,  $C_{Х1}/C_{до}$ ,  $\mu_p$  в виде номограммы, как показано на рис. 2.14.



а



б

Рис. 2.13 – Среднее количество принимаемых партий вторсырья за день на одном пункте: а – всем пунктом; б – одним приемщиком

В правой половине номограммы построены графики зависимости среднего оптимального количества вторсырья  $Q_{\text{опт}}$ , вывозимого из приемного пункта за один рейс, от интенсивности его накопления  $\mu_p$  (1/ч) при различных возможных значениях соотношения  $C_{X1}/C_{\text{ДО}}$ .

В левой половине номограммы представлены графики зависимостей от  $Q_{\text{опт}}$  и  $\mu_p$  значений оптимального промежутка времени  $T_{\text{Цорт}}$  между смежными вывозками вторсырья из приемных пунктов.

Номограмма позволяет в зависимости от складывающихся условий работы обосновать оптимальный режим вывоза накопленного вторсырья из каждого приемного пункта, обеспечивающий минимум суммы затрат на вывоз и хранение вторсырья. Соответствующая схема пользования номограммой показана стрелками.

Например, при интенсивности накопления вторсырья на пункте  $\mu_p = 16$  1/ч и  $C_{X1}/C_{\text{ДО}} = 0,0003$  получим  $Q_{\text{опт}} = 325$  кг. При этом каждый вывоз должен осуществляться через 20,3 ч работы пункта. По значению  $Q_{\text{опт}}$  можно определиться с типом транспортного средства или со схемой объезда приемных пунктов, относящихся к одному перерабатывающему предприятию.

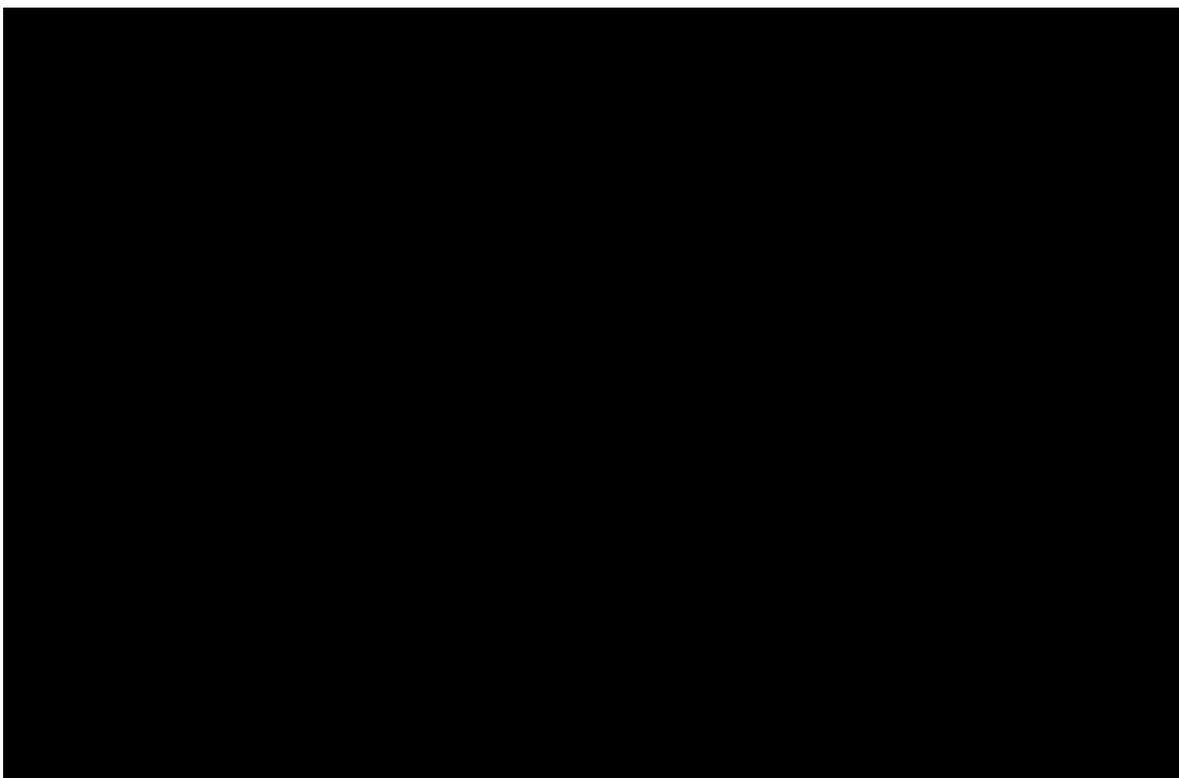


Рис. 2.14 – Взаимосвязь значений  $\mu_p$ ,  $C_{X1}/C_{ДО}$ ,  $Q_{opt}$ ,  $T_{Цopt}$

## 2.6. Управление процессом вывоза вторсырья и автомобилей

Важным этапом, влияющим на себестоимость вывоза является организация транспортировки. Для осуществления транспортных процессов необходимо знать кратчайшие расстояния между объектами (рис. 2.15) пунктами отправления (объекты вывоза) и получения (сборная площадка). Они необходимы также для определения грузооборота транспортного предприятия, учета расхода эксплуатационных материалов, заработной платы водителей и т. п. [44, 45, 49, 52].

В настоящее время применяются два способа определения кратчайших расстояний [3, 5, 45]:

- непосредственный замер на местности;
- замер по карте (плану) района (города).

Для нахождения оптимального маршрута используются математические методы, при использовании которых необходима транспортная сеть района (города), по которой осуществляются перевозки.

Транспортная сеть включает только те дороги (улицы), которые пригодны для движения по ширине проезжей части и качеству дорожного покрытия.

Для моделирования транспортной сети необходим картографический материал (карты крупного масштаба), сведения об организации дорожного движения, состояния дорог и размещения объектов вывоза или приемных пунктов (рис. 2.16).

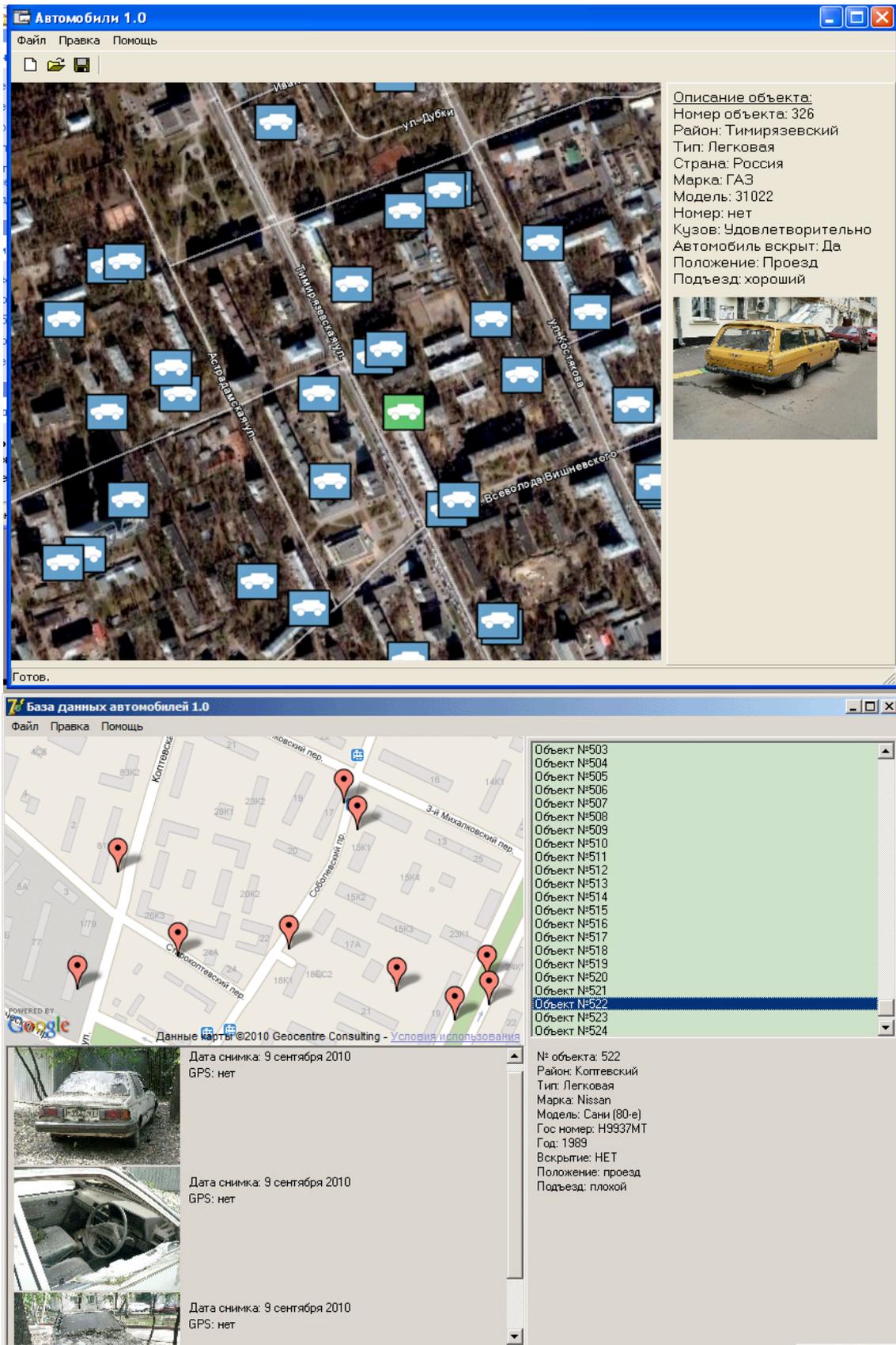


Рис. 2.15 – Программа статистической обработки и расчета оптимальных маршрутов вывоза: окно 1 – исходные данные; окно 2 – список объектов

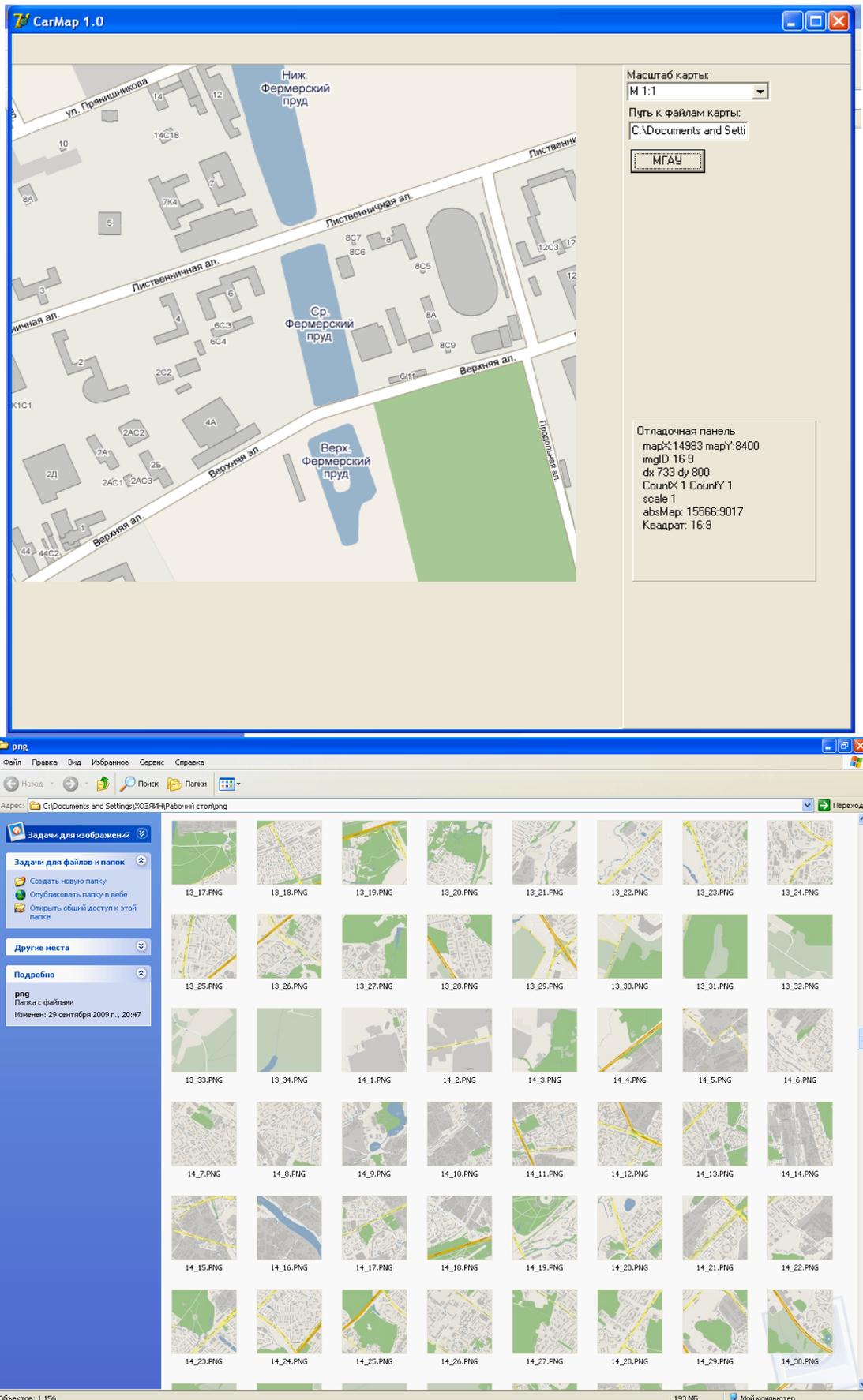


Рис. 2.16 – Интерфейс программы моделирования транспортных сетей и фрагмент базы данных элементов транспортной сети крупного города (1196 элементов)

Моделирование транспортной сети начинают с размещения вершин. Вершины присваиваются:

- автотранспортным предприятиям;
- отправителям и получателям грузов;
- центрам крупных жилых кварталов;
- центрам небольших обособленных населенных пунктов, входящих в границы города;
- площадям и пересечениям улиц.

Затем вершины связываются ребрами и дугами. При этом учитываются дороги, улицы и проезды, имеющие усовершенствованные покрытия. Если вершины связаны несколькими параллельными проездами, то на модели транспортной сети их заменяют одним ребром.

На модели транспортной сети необходимо отразить особенности организации дорожного движения.

При моделировании транспортной сети для грузовых автомобилей ребра, на которых запрещено движение грузовых автомобилей, из сети исключаются, при этом нужно следить за сохранением связности графа. В условиях крупного города для сокращения размеров таблиц с расстояниями между точками карту города разбивают на микрорайоны.

При определении микрорайонов необходимо придерживаться следующих правил:

- по улицам микрорайона транспорт должен иметь беспрепятственный проезд;
- естественные преграды в микрорайоне должны приниматься за границы микрорайонов;
- площадь микрорайона должны иметь более  $1 \dots 4 \text{ км}^2$ .

За центр микрорайона принимается место расположения поставщика или получателя, либо географический центр микрорайона.

Составив для микрорайона таблицу кратчайших расстояний, легко определить расстояние между точками города. Приложением к модели транспортной сети является справочник улиц города, в котором в алфавитном порядке перечисляются названия улиц, перекрестков, площадей, проездов, а также новые районы жилищной застройки. Каждому наименованию присваивается номер вершины.

При расчетах кратчайших расстояний на больших сетях с числом вершин и дуг, измеряемым сотнями и даже тысячами, предпочтительно использование персональных компьютеров, поскольку подобные расчеты выполнять вручную нецелесообразно из-за больших временных затрат, повышенным требованиям к квалификации специалиста и высокой вероятности ошибок.

Проведенные исследования транспортного обслуживания предприятий утилизации позволили разработать программу управления вывозом выбывшей из эксплуатации техники и ее составных частей и

материалов непосредственно с территории обслуживаемых предприятий, с территории населенных пунктов, а также с приемных пунктов. Пример окна программы с исходными данными представлен на рис. 2.15 на примере схемы размещения автомобилей, выбывших из эксплуатации на территории крупного города.

Программа позволяет анализировать выбранные объекты, сортировать объекты по выбранным признакам (тип, положение, условия подъезда транспортного средства для вывоза). На схеме зеленым цветом подсвечен выбранный из базы объект, в правом поде дается его описание. Основой базы данных программы являются данные рейдов, наложенные на картооснову региона (рис. 2.16). Объектами, с которыми может работать программа, могут быть не только автомобили, но и приемные пункты. При наличии возможности обмена данными и, в частности поступлении информации от пунктов об уровне накопления вторсырья каждого вида можно формировать маршруты вывоза с цепочкой посещаемых приемных пунктов, готовых на данный момент времени выдать партию вторсырья, целесообразную для перевозки.

Разработанное средство дистанционного контроля уровня накопления вторсырья является средством формирования потока заявок на вывоз с площадок накопления, где приемщики отсутствуют (рис. 2.17). Работа с приемными пунктами проще – персонал подает заявки, на основании которых формируется маршрут транспортного средства.

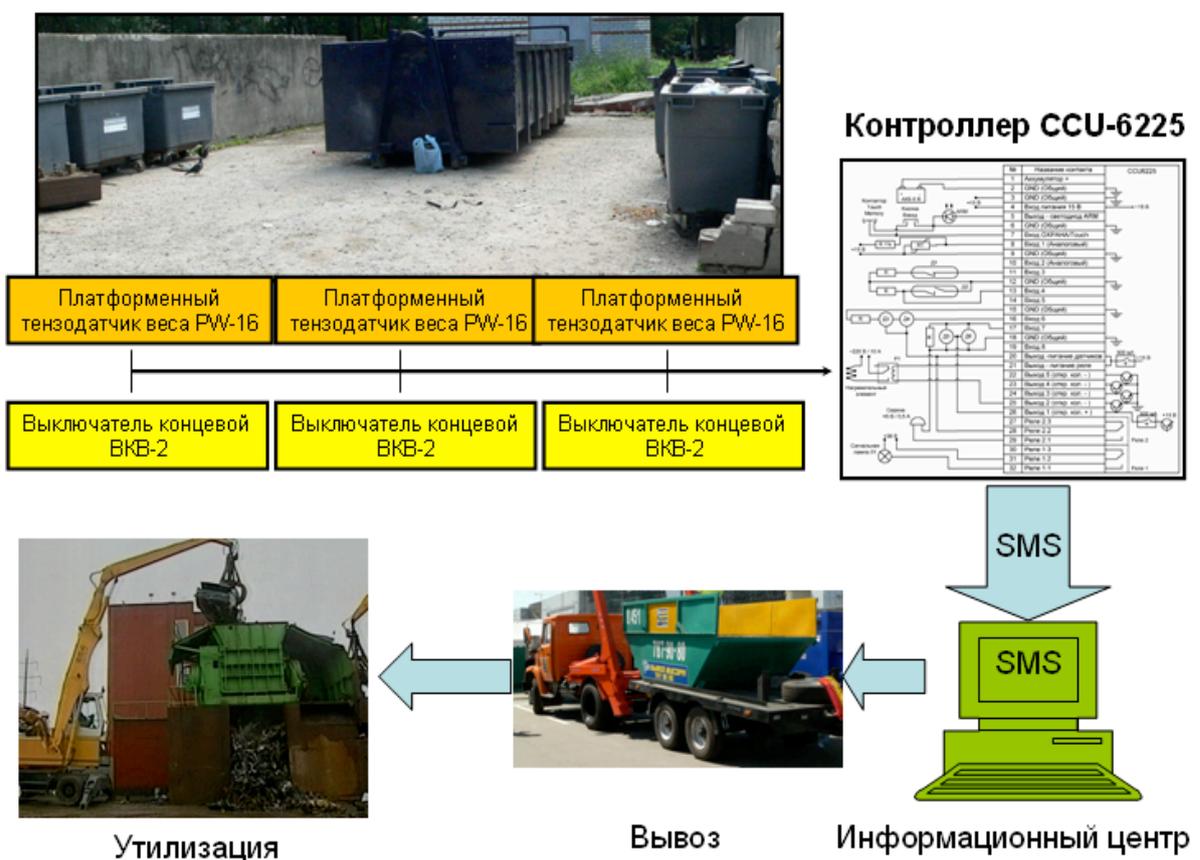


Рис. 2.17 – Схема системы дистанционного контроля

за уровнем накопления отходов на площадках сбора

Создание устройства дистанционного контроля интенсивности накопления ОТО на площадках сбора посредством телекоммуникационных средств связи стандарта GSM исключает несвоевременный или преждевременный вывоз накопленных ОТО с площадок сбора, организованных на различных объектах (предприятиях, гаражных кооперативах, сельских поселениях) в реальных эксплуатационных условиях. Поставленная задача решается за счет устройства дистанционного контроля интенсивности накопления ОТО на площадках сбора из центра обработки информации, оснащенного компьютерной техникой и соответствующим программным обеспечением.

Программное обеспечение позволяет управлять и наблюдать за удаленными объектами с помощью SMS сообщений через GSM-аппаратуру. В свою очередь, площадки накопления ОТО оснащены также GSM-аппаратурой, модулем датчика массы, смонтированным в основании площадки под контейнером (или в опорах контейнера). Получение центром SMS-сообщения при появлении определенных событий на площадке накопления ОТО (заполнение контейнеров, несанкционированное изъятие содержимого) – срабатывание входных датчиков. После получения сигналов в течение некоторого времени происходит опрос, анализ полученной информации персоналом информационного центра предприятия утилизации.

### Глава 3. Теоретические основы проектирования технологических процессов утилизации

#### 3.1. Основные элементы технологического процесса утилизации

Оптимизация технологических процессов позволяет применительно к конкретным условиям производства определить наилучшую последовательность выполнения работ, обеспечивая высокую производительность труда, максимальную сохранность деталей, экономически оправданный выбор средств механизации. Изучение научной, нормативной и технической литературы говорит о том, что в области разработки технологии, проектирования и организации процесса утилизации нет унифицированных понятий и определений.

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. Машинные операции, например, станочные, принято расчленять на переходы и проходы.

Норма времени (трудоемкость операции) определяет необходимые затраты времени одного или группы рабочих на выполнение производственной операции или единицы работы в данных организационно-технических условиях. 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 станочных и 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, затрачиваемое 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.

Первым этапом исследований в области проектирования технологических процессов утилизации стала разработка технологической схемы предприятия утилизации автотракторной техники (рис. 3.1), включающей максимально возможное количество технологических операций, позволяющих наиболее полно извлечь из утилизируемой техники годные агрегаты и узлы, а также выделить отдельные группы

материалов или однотипных изделий для последующей переработки.

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. 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 безопасности окружающей среды, поскольку большое количество материалов, в настоящее время считающихся нерентабельными с точки зрения переработки, поступают на захоронение.

Разработанная нами схема работы ориентирована на наиболее сложные с точки зрения утилизации объекты – современные легковые автомобили. Применительно к большинству отечественных легковых автомобилей, всей коммерческой грузовой технике, сельскохозяйственным машинам можно применить упрощенную схему, 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 не будут востребованы потребителями. Однако эти рекомендации и перечень машин, которые можно признать морально устаревшими, могут сильно варьироваться в зависимости от региона и его экономического благосостояния.

Например, предлагая демонтированные детали и узлы со списанной техники, следует обращать внимание на такие рекомендации: максимально допустимый возраст автомобиля в России – 7...8 лет; все, что выпущено до 2006 года, стоит проверять особенно тщательно, а сбыт может осуществляться только в регионах. К числу не соответствующих современным техническим нормативам относятся автомобили, выпущенные в Европейском союзе до 1996 года, в Китае и Индии – до 2004 года включительно, в Корее и Канаде – до 2000 года, в Японии – до 1997 года и в Малайзии – до 2002 года [75, 76, 91].

Все эти автомобили в настоящий момент не отвечают техническому регламенту «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ».

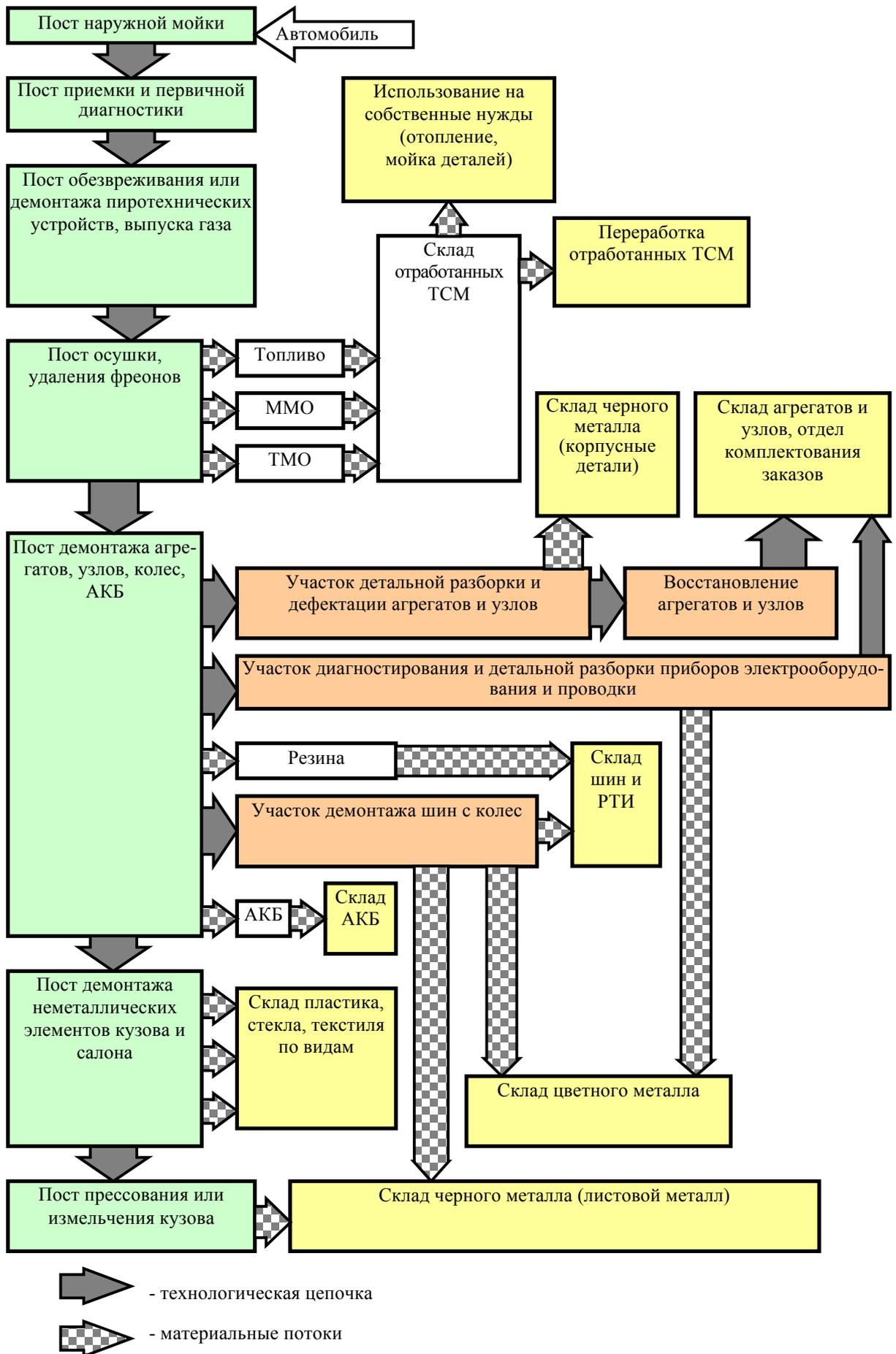


Рис. 3.1 – Технологическая схема работы предприятия утилизации  
 Применительно к коммерческой технике граничными годами

выпуска, старше которых дефектовать технику и выделять годные или пригодные для восстановления агрегаты считается нецелесообразным или невыгодным, являются 1995-1999. Для коммерческой техники наиболее актуальная группа – машины моложе 1999 года, наиболее востребованы запчасти с иностранных автомобилей, среди них лидируют, автомобили, произведенные в Европейском союзе.

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

1. приемка и диагностирование (пост № 1);
2. осушка, демонтаж агрегатов и кузовных элементов (пост № 2);
3. детальная разборка агрегатов и узлов, сортировка по видам материалов, измельчение (участковые работы).

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.

### **3.2. Моделирование и оптимизация режима работы постов технологической линии утилизации**

Перед началом проведения демонтажа агрегатов и узлов с поступившей на утилизацию техники производится ее экспертная оценка специалистом предприятия, устанавливается фирма-производитель, модель, возраст, ориентировочная наработка и техническое состояние, включая осмотр отдельных компонентов. С учетом проведенного осмотра разрабатывается индивидуальная схема разборки.

В общем случае для совершенствования работ по утилизации машин, а также сокращения потерь из-за безвозвратно потерянных, но при этом годных к дальнейшему использованию или восстановлению агрегатов и узлов в предлагаемой авторами технологической цепочке предусмотрено проведение входного поэлементного диагностирования.

Таким образом, последовательное проведение работ по диагностированию и утилизации представляет собой двухфазную систему сервисного обслуживания, на которую поступает вероятностный поток соответствующих требований из хозяйств или от индивидуальных владельцев техники.

На основании множества ранее приведенных исследований в области технического сервиса, включая [18, 45, 54], 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. Также следует отметить, что численными расчетами доказано, что при других законах распределения плотности потока требований с достаточной точностью можно применять методы ТМО [34].

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 диагностирование, так и перед второй – непосредственно на утилизацию, таким образом, имеет место разомкнутая двухфазная СМО с неограниченным потоком требований с ожиданием перед первой и второй фазами.

Средняя плотность потока требований на обслуживание машин  $\lambda$  и интенсивности их обслуживания  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  в обеих фазах определяется по аналогии с предыдущими случаями:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_{\text{УТ}}}, \mu_1 = \frac{1}{\bar{t}_{\text{ОБ1}}}, \mu_2 = \frac{1}{\bar{t}_{\text{ОБ2}}}, \quad (3.1)$$

где  $\bar{t}_{\text{УТ}}$  – средний промежуток времени между моментами поступления машин на утилизацию, ч;  $\bar{t}_{\text{ОБ1}}$ ,  $\bar{t}_{\text{ОБ2}}$  – 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 как предприятия утилизации, так и заказчиков его услуг. Таким критерием является минимум суммы потерь от простоев обслуживаемых машин, а также постов диагностирования и утилизации в виде:

$$C_{\text{мф}} = (m_{\text{O1}} + m_{\text{O2}})C_{\text{м}} + P_{\text{O1}}C_{\text{ф1}} + P_{\text{O2}}C_{\text{ф2}} \rightarrow \min, \quad (3.2)$$

где  $m_{\text{O1}}$ ,  $m_{\text{O2}}$  – количество обслуживаемых и ожидающих обслуживания машин перед первой (диагностирование) и второй (утилизация) фазами (постами);  $C_{\text{м}}$  – средняя стоимость одного часа (дня) простоя машины, руб.;  $P_{\text{O1}}$ ,  $P_{\text{O2}}$  – вероятность простоя, соответственно, первой и второй фаз (постов);  $C_{\text{ф1}}$ ,  $C_{\text{ф2}}$  – стоимость одного часа (дня) простоя, соответственно, первой и второй фаз (постов), руб./ч.

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

$$\bar{C}_{\text{мф}} = \frac{C_{\text{мф}}}{C_{\text{м2}}} = (m_{\text{O1}} + m_{\text{O2}}) \frac{C_{\text{м}}}{C_{\text{ф2}}} + P_{\text{O1}} \frac{C_{\text{ф1}}}{C_{\text{ф2}}} + P_{\text{O2}} \rightarrow \min. \quad (3.3)$$

Значения  $m_{O1}$ ,  $m_{O2}$ ,  $P_{O1}$ ,  $P_{O2}$  определяются общими методами ТМО из равенств [15]:

$$m_{O1} = \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1}; \quad (3.4)$$

$$m_{O2} = \frac{\alpha_2}{1 - \alpha_2}; \quad (3.5)$$

$$P_{O1} = \alpha_2(1 - \alpha_1); \quad (3.6)$$

$$P_{O2} = \alpha_2(1 - \alpha_2), \quad (3.7)$$

$$\text{где } \alpha_1 = (\lambda/\mu_1) < 1, \alpha_2 = (\lambda/\mu_2) < 1. \quad (3.8)$$

Также можно определить вероятность одновременного простоя постов диагностики и утилизации из-за отсутствия требований по формуле

$$P_{O12} = (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2). \quad (3.9)$$

Значения  $\lambda$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  определяются по хронометражным и статистическим данным для соответствующих технологических операций в технологии утилизации и диагностирования, а также марок автомобилей, тракторов и сложных сельскохозяйственных машин типа зерноуборочных комбайнов.

Если посты диагностирования и утилизации в течение рабочего дня обслуживают разные марки машин с разными перечнями необходимых операций (в зависимости от начальной степени разукomплектованности), то вводится условное обслуживание, за которое может быть принята, например, утилизация, трудоемкостью, равной средней трудоемкости для конкретного типа машин. Для проведения утилизации, а также соответствующего диагностирования используются как стационарные посты в производственном корпусе перерабатывающего предприятия, так и передвижные (мобильные) средства (о передвижном poste утилизации ниже). При этом в каждом конкретном случае выбирается такое средство обслуживания из имеющихся, которое обеспечивает более высокое качество работ при меньших затратах времени и средств.

Одной из задач решения по критерию (3.3) является обоснование оптимальных соотношений между плотностью потока требований  $\lambda$  и интенсивностями обслуживания  $\mu_1$  и  $\mu_2$  за счет соответствующего подбора количества постов и мастеров-диагностов, а также слесарей-разборщиков (для проведения утилизации).

Кроме рассмотренного общего совместного решения задач диагностирования и утилизации машин, возможны и другие частные решения с учетом производственных особенностей.

Поскольку для разных регионов может различаться структура

парка утилизируемой техники (доля сельскохозяйственной и специальной может варьироваться от 5 до 17 % от всего потока) [18, 45, 55, 56] на предприятии могут утилизироваться самые различные типы машин, включая тракторы, сложные сельскохозяйственные машины, автомобили и другие, то основная задача 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 (3.3)...(3.8). Следует отметить, что работавшие с 2010 по 2011 год центры утилизации были ориентированы на работу преимущественно с легковыми автомобилями, учитывая особенности участия в программе регионов России [40].

Поскольку в настоящее время отсутствуют экономические показатели, связанные с определением  $C_m$ ,  $C_{\Phi 1}$  и  $C_{\Phi 2}$  в выражении критерия оптимальности (3.3), 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  $\lambda$  и интенсивностями  $\mu_1$  и  $\mu_2$  обслуживания в каждой фазе.

Обобщенный график зависимости  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$  соответственно от  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  приведен на рис. 3.2. По графику в зависимости от  $\alpha_1$  можно определить значение  $m_{O1}$  в соответствии с формулой (3.4) и  $m_{O2}$  в зависимости от  $\alpha_2$ . Значения  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$  с ростом, соответственно,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  возрастают по гиперболической зависимости.

Если задаться приемлемыми значениями  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$  с учетом производственных площадей, то можно определить соответствующие значения  $\alpha_{10}$  и  $\alpha_{20}$ . Затем при заданной плотности потока требований  $\lambda_0$  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 две машины ( $m_{O1} = 2$ ,  $m_{O2} = 2$ ), то, как показано на рис. 3.2, получим  $\alpha_{10} = \alpha_{20} = 0,65$ .

При плотности потока требований  $\lambda_0 = 1,2$  получим требуемые интенсивности обслуживания  $\mu_{10} = \mu_{20} = \lambda_0 / \alpha_{10} = 1,2 / 0,65 = 1,84$ .

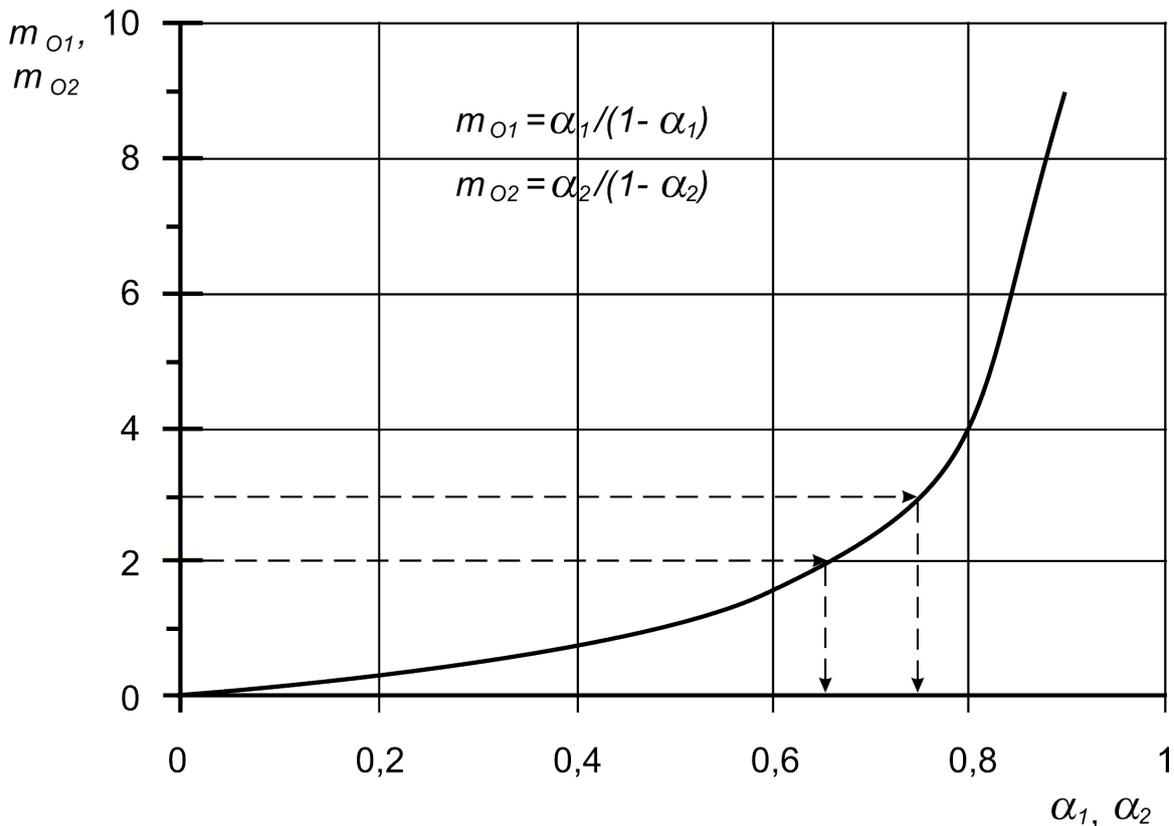


Рис. 3.2 – Обобщенный график зависимостей  $m_{O1}$  от  $\alpha_1$  и  $m_{O2}$  от  $\alpha_2$

Аналогичное решение можно выполнить и при разных значениях  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$ . Например, если в первой фазе можно разместить две машины ( $m_{O1}=2$ ), а во второй – три ( $m_{O2}=3$ ), то на графике (рис. 3.2) получим  $\alpha_{10} = 0,65$ ,  $\alpha_{20} = 0,745$ . При этом необходимы интенсивности обслуживания  $\mu_{10} = 1,2/0,65 = 1,84$  и  $\mu_{20} = 1,2/0,745 = 1,61$ . По значениям  $\mu_{10}$  и  $\mu_{20}$  можно определить требуемое количество постов, а также мастеров-приемщиков или мастеров-диагностов.

При известных значениях  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  по формулам (3.6) и (3.7) получим соответствующие вероятности простоя поста диагностирования  $P_{O1}$  и утилизации  $P_{O2}$ . Соответствующие графики зависимостей  $P_{O1}$  и  $P_{O2}$  от  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  приведены на рис. 3.3.

Например, для первого случая при  $\alpha_{10} = \alpha_{20} = 0,65$  получим  $P_{O1} = P_{O2} = 0,277$ , как показано на рис. 3.3 стрелками.

При  $\alpha_{10} = 0,65$ ,  $\alpha_{20} = 0,745$  для определения  $P_{O1}$  значение  $\alpha_{10}$  откладываем по оси абсцисс, а  $\alpha_{20}$  – на соответствующем луче. При этом получим  $P_{O1} = 0,26$ . Аналогичным образом при определении  $P_{O2}$  значение  $\alpha_{20} = 0,745$  берем по оси абсцисс, а  $\alpha_{10} = 0,65$  – по лучу. При этом получим, как показано штриховыми линиями,  $P_{O2} = 0,166$ .

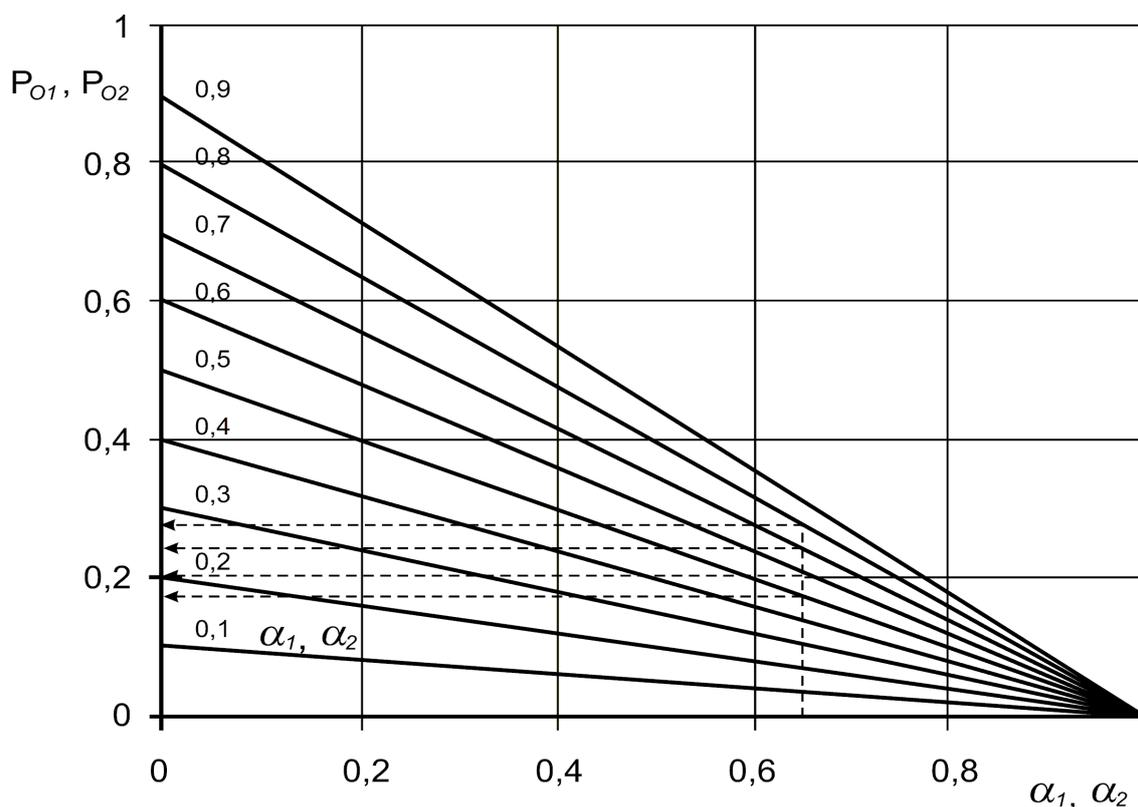


Рис. 3.3 – Обобщенные графики зависимостей  $P_{O1}$  и  $P_{O2}$  от  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$

На основании приведенных зависимостей можно решить и обратную задачу (синтеза или проектирования) постов диагностирования и утилизации. Для этого на рис. 3.3 задаемся желаемыми значениями  $P_{O1}$  и  $P_{O2}$  и определяем соответствующие им  $\alpha_{10}$  и  $\alpha_{20}$ , затем на рис. 3.2 получим  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$  и соответствующие им производственные площади.

### 3.3. Моделирование и оптимизация участковых работ предприятия утилизации

Под участковыми работами на предприятии подразумеваются:

- детальная разборка агрегатов и узлов с одновременной дефектацией или сортировкой по видам материалов;
- демонтаж шин с дисков, сортировка пластиковых деталей по материалам;
- измельчение или прессование остова (кузова) машины.

Для участковых работ предприятия утилизации техники может быть характерна особенность, заключающаяся в том, что агрегаты и узлы, подработанные кузова, агрегаты и узлы, демонтированные пластиковые детали могут предварительно собираться, а затем принимаются группами к переработке. Такую схему работы с достаточной точностью характеризует СМО с отказами, при наличии накопителя требований (заказов) и соответствующие математические модели будут справедливы в данном случае. К использованию подобной мате-

матической модели пришел автор работы [45], однако он распространил ее в целом на работу всего предприятия, не обратив внимания непосредственно на технологические процессы.

Для рассматриваемой системы, такие заказы предварительно собираются на складе, площадке ожидания и т. п. и через соответствующие периоды подаются на обработку. При этом промежутки времени, через которые заказы подаются на обработку, и их количество в каждой партии являются вероятностными.

За критерий оптимальности целесообразно принять минимум суммы потерь прибыли от ухода заказов при заполненном накопителе и от простоя как накопителя, так и технологической линии (оборудования) из-за отсутствия заказов при недостаточной вместимости накопителя:

$$C_{PH} = z_{PO} C_P + P_{HO} (C_H + C_T) \rightarrow \min, \quad (3.10)$$

где  $C_{PH}$  – сумма потерь за единицу времени, руб./ч, руб./день;  $z_{PO}$  – количество потерянных заказов за единицу времени, 1/ч, 1/день;  $C_P$  – средняя прибыль, связанная с выполнением одного заказа, руб.;  $C_H$ ,  $C_T$  – потери соответственно, от простоя накопителя и технологической линии, руб./ч, руб./день;  $P_{HO}$  – вероятность отсутствия заказов в накопителе.

Значения  $z_{PO}$  и  $P_{HO}$  определяются в соответствии с общими методами ТМО [15] из равенств

$$z_{PO} = \lambda P_{ОТК} = \lambda \left( \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right) = \frac{\lambda^2}{\lambda + \mu}, \quad (3.11)$$

Подставив значения  $z_{PO}$  в (3.10), получим развернутое выражение критерия оптимальности в функции интенсивности обслуживания и по аналогии с (3.3) перейдем к относительным затратам

$$\bar{C}_{PH} = \frac{C_{PH}}{C_H + C_T} = \lambda P_{ОТК} \left( \frac{C_P}{C_H + C_T} \right) + P_{HO} \rightarrow \min. \quad (3.12)$$

Значения  $P_{ОТК}$  и  $P_{HO}$  определяются общими методами ТМО в виде [15]

$$P_{ОТК} = \frac{\alpha^n}{\alpha + 1}, \quad (3.13)$$

$$P_{HO} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}, \quad (3.14)$$

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

Развернутое выражение критерия оптимальности, соответственно, примет вид:

$$\bar{C}_{PH} = \left( \frac{C_P}{C_H + C_T} \right) \frac{\lambda \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n}{\left( \frac{\lambda}{\mu} + 1 \right)^n} + \frac{1}{\frac{\lambda}{\mu} + 1} \rightarrow \min. \quad (3.15)$$

По критерию оптимальности (3.15) численным решением можно определить требуемые оптимальные соотношения между плотностью потока требований  $\lambda_{opt}$ , интенсивностью их обслуживания  $\mu_{opt}$  и вместимостью накопителя  $n_{opt}$ .

При упрощенных оперативных расчетах можно задаться в (3.13) наибольшим допустимым значением вероятности отказа  $P_{OTK} = P_{OTKд}$  и рассчитать соответствующую рациональную вместимость накопителя по количеству  $n_p$  требований по формуле

$$n_p = \frac{\ln P_{OTKд}}{\ln \alpha - \ln(\alpha + 1)}. \quad (3.16)$$

Частное значение критерия оптимальности (3.15) при  $P_{OTK} = P_{OTKд}$  получим в виде:

$$\bar{C}_{PH} = \left( \frac{C_P}{C_H + C_T} \right) P_{OTKд} \lambda + \frac{\mu}{\lambda + \mu} \rightarrow \min. \quad (3.17)$$

По критерию (3.17) при  $\frac{d\bar{C}_{PH}}{d\lambda} = 0$  можно определить оптимальное сочетание плотности потока требований  $\lambda_{opt}$  и интенсивности обслуживания  $\mu$  в виде

$$\lambda_{opt} = \mu \left[ \sqrt{\frac{1}{\mu \left( \frac{C_P}{C_H + C_T} \right) \cdot P_{OTKд}} - 1} \right]. \quad (3.18)$$

Полученные закономерности позволяют обеспечивать оптимальные показатели работы сервисного отдела сервисного центра с накопителем требований.

Подставив в (3.16) полученные оптимальные сочетания  $P_{OTKд}$ ,  $\alpha_{opt} = \lambda_{opt}/\mu_{opt}$ , можно определить оптимальную вместимость накопителя  $n_{opt}$  по количеству требований

$$n_{Popt} = \frac{\ln P_{OTKд}}{\ln \alpha_{opt} - \ln(\alpha_{opt} + 1)}. \quad (3.19)$$

При работе с накопителем заказов в виде демонтированных уз-

лов или агрегатов машин (рис. 3.4) под  $n_p$  следует подразумевать вместимость накопителя по количеству принимаемых на участке к детальной разборке узлов или агрегатов, а в случае приглашения на предприятие технологических установок – количество подработанных кузовов и остовов для измельчения или прессования.

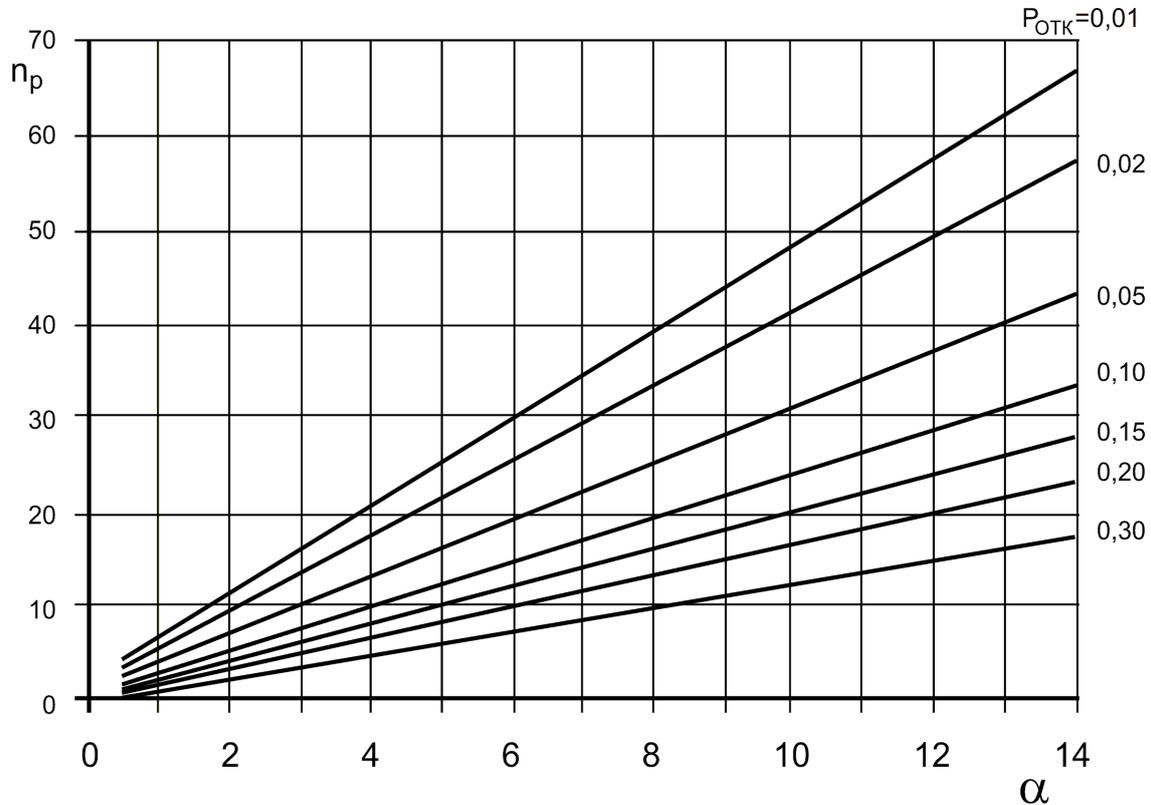


Рис. 3.4 – Зависимости вместимости накопителя от  $\alpha$  и вероятности отказа  $P_{отк}$

В производственных условиях оперативные расчеты с достаточной точностью можно проводить по формулам (3.18), (3.19) 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 (3.18) будет меньше единицы или не на много будет превосходить единицу. Поскольку  $P_{отк} < 1$ , то в расчетах приближенно можно принять наиболее вероятный диапазон изменения обобщенного параметра

$$P_0 = \left( \frac{C_p}{C_H + C_T} \right) P_{откд} < 1. \quad (3.20)$$

Наличие оптимального значения  $\lambda_{opt}$  по критерию (3.17) наглядно видно из графика зависимости  $\bar{C}_{PH} = f_C(\lambda)$  на рис. 3.5.

Основная задача в данном случае заключается в определении

вместимости накопителя по количеству требований  $n_p$  в зависимости от  $P_{\text{ОТК}}$  в обслуживании и соотношения  $\alpha = \lambda/\mu$  между плотностью потока требований  $\lambda$  и интенсивностью их обслуживания  $\mu$ , определяемой в виде:

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{ОБС}}}, \quad (3.21)$$

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

Графики соответствующих зависимостей  $n_p = f_n(\alpha, P_{\text{ОТК}})$  для всего возможного диапазона изменения  $\alpha$  и  $P_{\text{ОТК}}$  представлены на рис. 3.4.

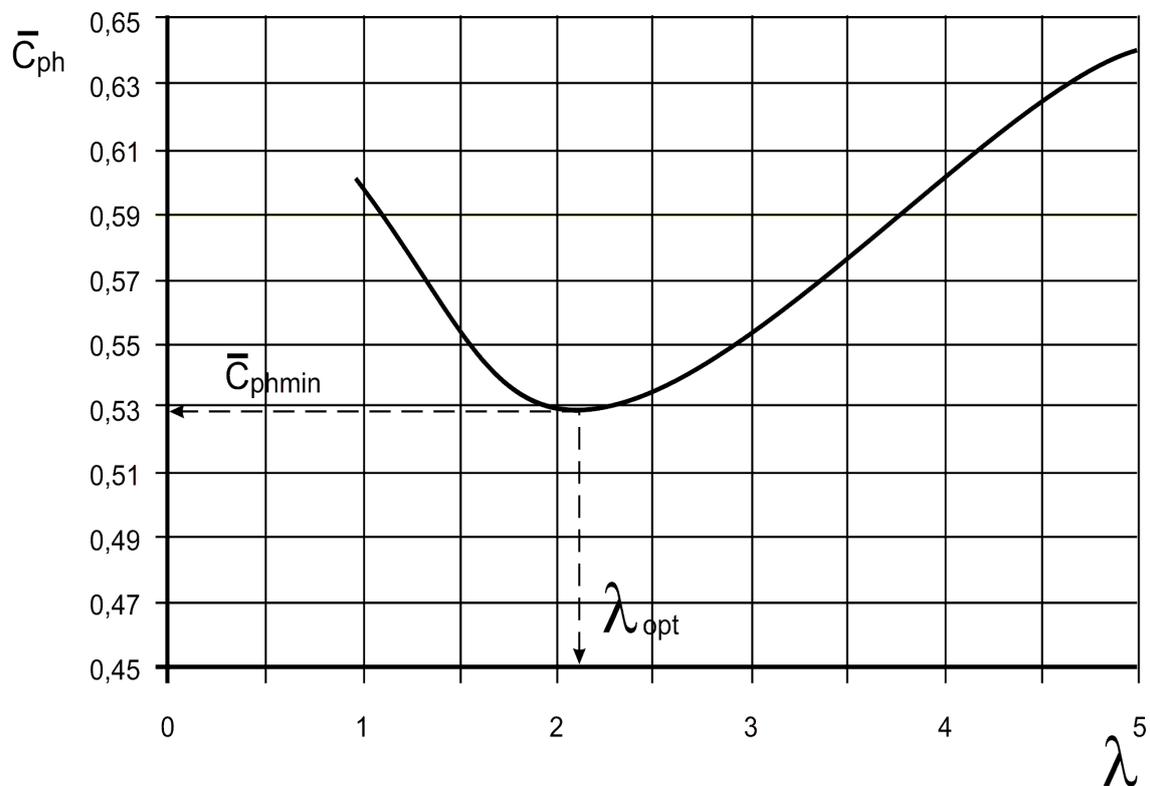


Рис. 3.5 – График зависимости  $\bar{C}_{\text{PH}}$  от плотности потока требований

Из полученных зависимостей наглядно видно, что с увеличением  $\alpha$  потребная 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  $\alpha$  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 табл. 3.1

**Зависимости вместимости накопителя  $n_p$  от параметра  $\alpha$   
при различных значениях  $P_{\text{отк}}$**

$\alpha$	$n_p$ 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  $\alpha$  потребная 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  $\alpha$  увеличивается с нарастающим темпом.

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 и недополученной прибыли от потери заказов, в качестве рациональной области для выбора значений  $P_{\text{отк}}$ , а, соответственно и  $n_p$  предлагается диапазон значений  $P_{\text{отк}} = 0,15 \dots 0,20$ .

### **3.4. Особенности труда персонала, задействованного в технологических процессах утилизации**

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 % [2, 31].

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 картам и техническим условиям, оснащают универсальным специальным и нестандартным оборудованием, инструментами и приспособлениями [16]. 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. Разумеется, в нашей стране никаких рекомендаций по оснащению предприятий утилизации 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.

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 оснащенностью 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 [71].

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 [97]. Для ускорения демонтажа допускается применение отрезного механизированного инструмента и газо-электросварочного оборудования при обеспечении требований пожарной безопасности. Различные эксплуатационные жидкости должны сливаться в разные емкости (контейнеры). При сливе эксплуатационных жидкостей и демонтаже пиротехнических систем (подушки безопасности) соблюдают повышенные меры предосторожности. Каждое предприятие по демонтажу и обработке старых автомобилей 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. 3.2).

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 местонахождение, инструмент и технологическая оснастка, нормы времени, технические условия и указания.

Таблица 3.2

**Классификация крепежных соединений автомобильных компонентов**

1. Быстроразъемные соединения	Магнитное, «липучка», защелка, зажим, крепеж в процент 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-/пневмоинструмента
	Винт, болт, гайка с головками нескольких типоразмеров, требующие замены инструмента, с затрудненной доступностью для электро-/пневмоинструмента
3. Неразъемные соединения	Заклепка, пайка, сварка, склеивание, вспенивание, термопосадка, 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 технологическом 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  $T_{О}$ , вспомогательное время  $T_{В}$ , время обслуживания рабочего места  $T_{ОБС}$ , время перерывов на отдых и естественные надобности  $T_{Отд}$ .

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 [16] 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.

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 работам 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 груп-

пам размещения или замена 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. Оптимальным считается рабочее пространство, ограниченное дугами, которые описываются руками рабочего при вращении в локтевом суставе, максимальным – дугами, описываемыми вытянутыми руками при их повороте в плечевом суставе (рис. 3.6).

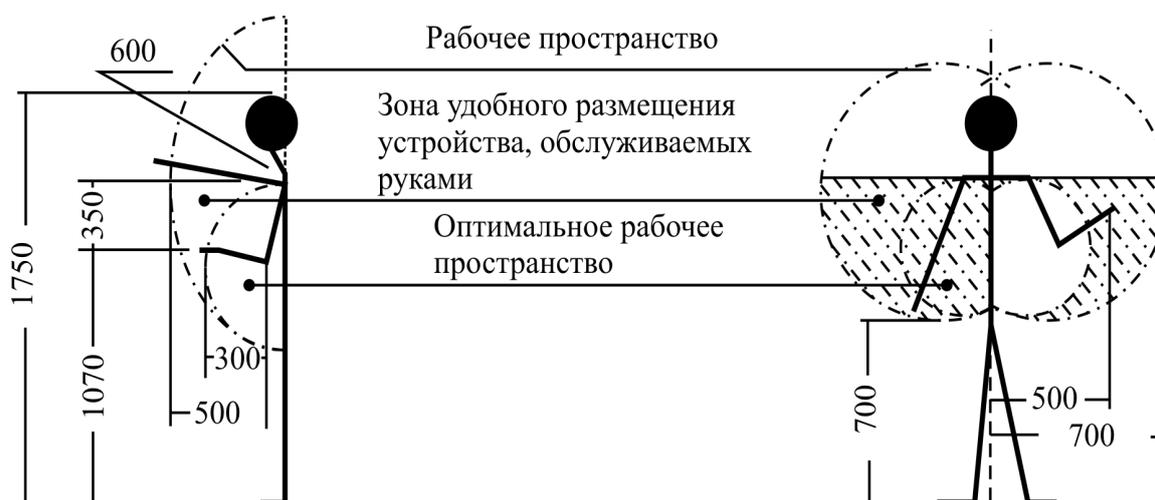


Рис. 3.6 – Основные размеры рабочей зоны

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:

- принцип функциональной организации или группировки предметов (приборов, инструментов; материалов) по их значимости;
- принцип значимости, когда наиболее важные предметы размещают в зоне наилучшего восприятия;
- принцип оптимального расположения, когда расположение каждого предмета зависит от его особенностей;
- принцип последовательного использования;
- 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 осушке агрегатов, демонтажу агрегатов и узлов, элементов кузова. Исполнение поста следует запланировать таким образом, чтобы не было необходимости в наличии дополнительных подъемных механизмов, и оборудованных помещений, в то же время была бы возможна реализация достижений эргономики и оптимизации труда исполнителей.

При этом обеспечивается выполнение требований Санитарно-эпидемиологических правил СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту», введенных в действие с 25 июня 2003 года на основании Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 года № 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;
- 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.

Таблица 3.3

**Зависимость производительности труда от рабочей позы исполнителя**

№	Пример позы, характерной для технологических процессов утилизации	Доля от максимальной производительности, %	Начало ощущения усталости в какой-либо части тела, с	Потребность сменить позу, с
1	Стоя снизу под автомобилем на подъемнике, руки вытянуты вверх	40...30	180	260
2	Сидя в салоне автомобиля (при демонтированных сиденьях) или около автомобиля	60...50	180	250
3	Стоя рядом с автомобилем наклонившись к элементам, находящимся на высоте 30...50 см	75	190	260
4	Стоя рядом с автомобилем, склонившись над подкапотным пространством	95	240	350
5	Стоя перед автомобилем, выполняя действия с объектом на высоте 80...100 см	100	280	440

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, обеспечение оптимальных условий труда при выполнении монтажно-демонтажных и ремонтных работ.

Разработанная авторами концепция мобильного поста демонтажа и утилизации автотракторной техники была создана в соответствии с этими требованиями.

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.

Для исследования и анализа продолжительности демонтажа автомобилей проводилась их частичная и полная разборка преимущественно на постах текущего ремонта предприятий (за исключением трех тракторов и двух автомобилей, разобранных с целью утилизации). Демонтаж деталей и компонентов проводился одним слесарем без разрушения и с частичным сохранением крепежных элементов за исключением сильнокорродированных (хронометражные наблюдения по большинству исследованных объектов были проведены в рамках подготовки к кузовному ремонту, что и объясняет бережное отношение к демонтированным деталям). Использовалось стандартное оборудование, приспособления и инструмент, применяемые при техобслуживании и ремонте автомобилей. 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 производился однократно, т. е. статистической обработки результатов произведено не было. Анализ отдельных операций демонтажа повторялся на разных автомобилях, позволяя сформировать базу значений продолжительности выполнения отдельных операций и их рассеяние от среднего значения (рис. 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11). Расчетное время, затраченное на полную разборку некоторых автомобилей одним слесарем без применения механизированного инструмента, а для тракторов с подъемно-транспортным оборудованием, показано в таблицах 3.4, 3.5, 3.6, 3.7.

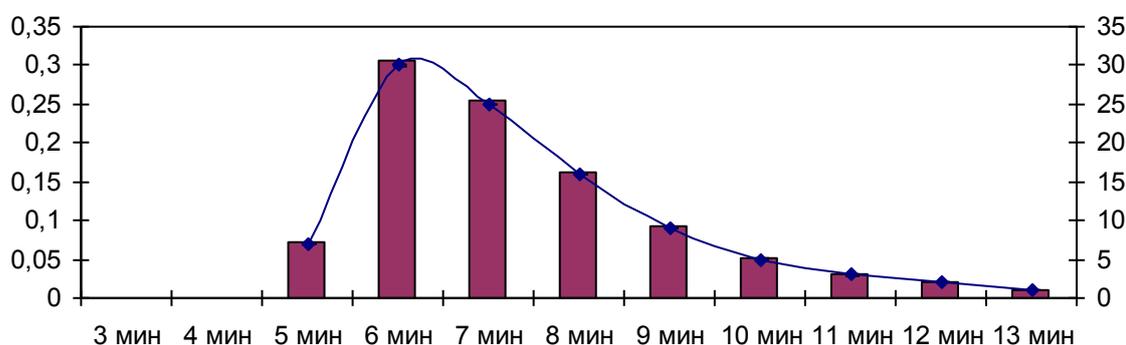


Рис. 3.7 – Количество реализаций и полигон распределения продолжительности выполнения операции «демонтаж 4-х колес без демонтажа шин» по легковому автомобилю  $\bar{x} = 7,33$  мин,  $\sigma = 5,23$ ,  $v = 0,71$

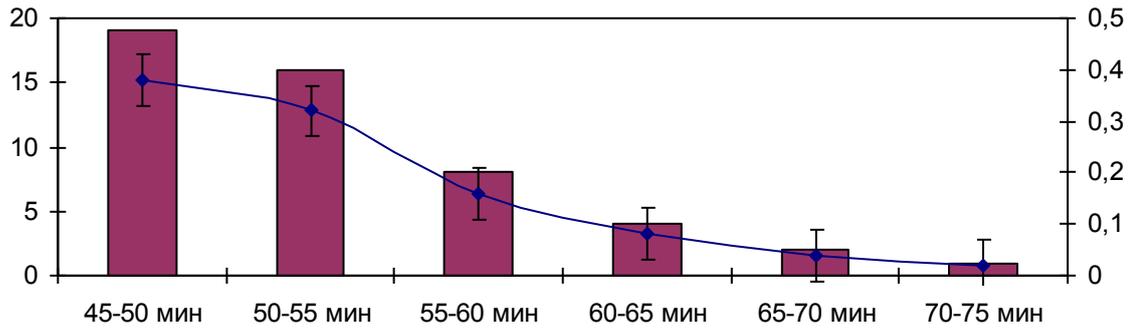


Рисунок 3.8 – Количество реализаций и полигон распределения продолжительности выполнения операции «демонтаж 6-ти колес без демонтажа шин» для грузового автомобиля  $\bar{x} = 53,2$  мин,  $\sigma = 17,8$ ,  $v = 0,33$

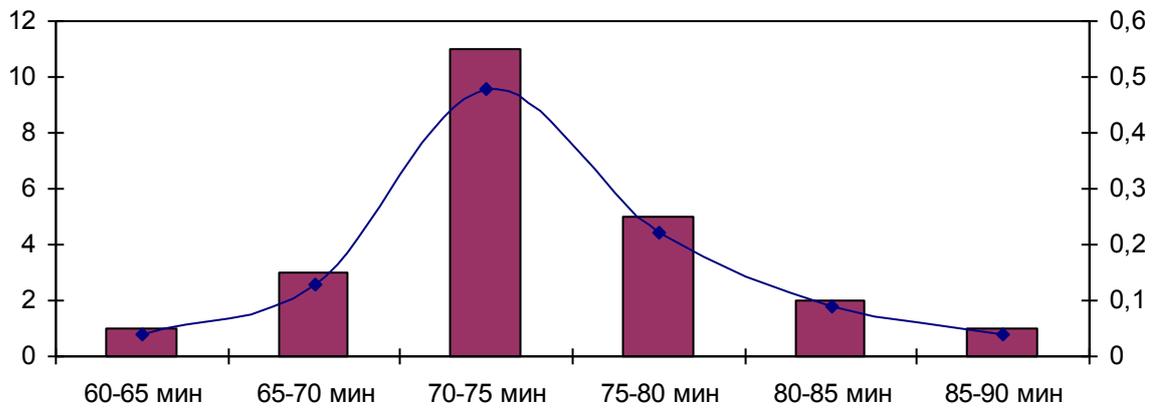


Рисунок 3.9 – Количество реализаций и полигон распределения продолжительности выполнения операции «демонтаж 4-х колес без демонтажа шин» для трактора тягового класса 1,4  $\bar{x} = 74$  мин,  $\sigma = 17,6$ ,  $v = 0,23$

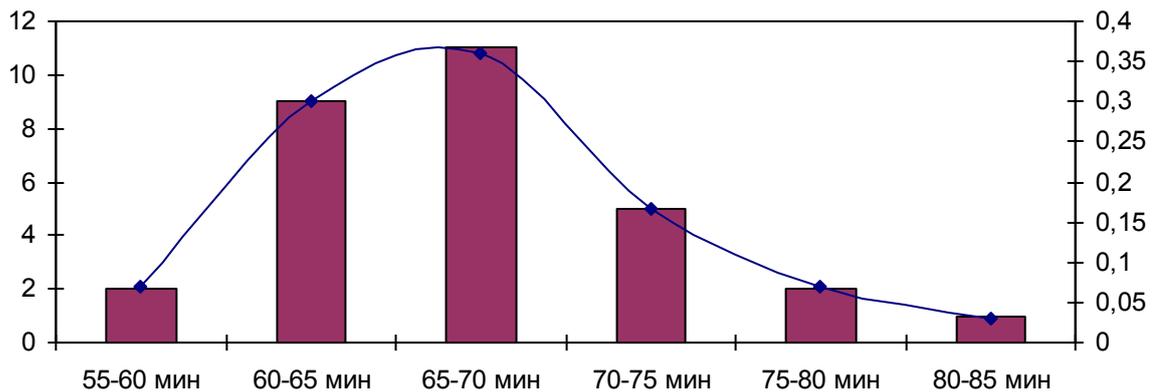


Рисунок 3.10 – Количество реализаций и полигон распределения продолжительности выполнения операции «демонтаж рулевого механизма» для грузового автомобиля  $\bar{x} = 65$  мин,  $\sigma = 10,9$ ,  $v = 0,16$

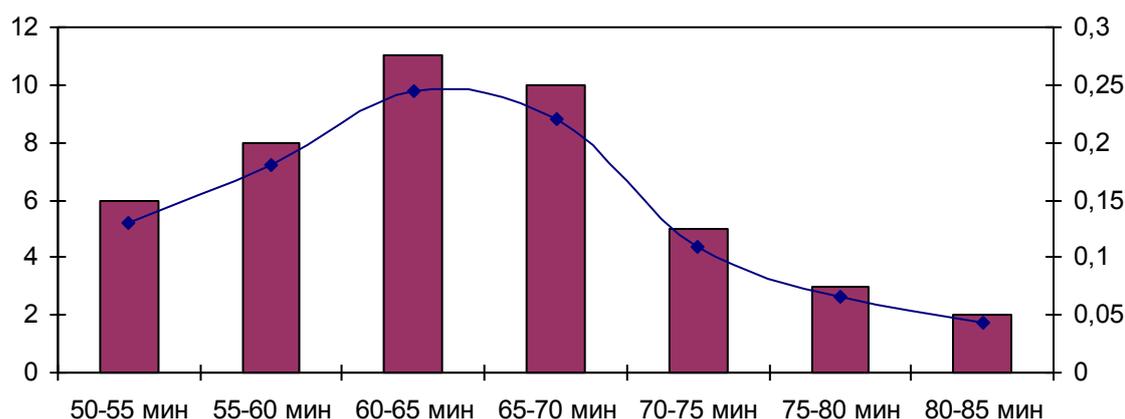


Рисунок 3.11 – Количество реализаций и полигон распределения продолжительности выполнения операции «слив жидкостей» для трактора тягового класса 1,4  $\bar{x} = 65$  мин,  $\sigma = 17,6$ ,  $\nu = 0,27$

В ходе проведения исследований оценивалась оперативная трудоемкость работ утилизации техники после списания на предприятии, а также некоторых операций текущего ремонта (как правило, разборочно-сборочных).

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, циркулярные пилы) или гидравлических ножниц.

Зафиксированное полное время разборки нельзя считать рекомендуемым при выполнении реального демонтажа отслуживших автомобилей для целей утилизации.

Наиболее неудовлетворительные результаты были получены при проведении слива всех рабочих жидкостей. Слив трудоемок, происходит разбрызгивание жидкостей, сливные отверстия не всегда находятся в нижней точке системы, затруднен одновременный слив жидкостей, свыше 10 % жидкости остаются в системах.

В результате выполненной работы были также отмечены некоторые другие недостатки исследуемых автомобилей, в результате которых демонтаж отдельных компонентов производился с большой трудоемкостью, например, панели приборов, отопителя, коллектора 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 инструментом.

Продолжительность выполнения любой из выбранных конкретных операций имеет заметные отклонения от своего среднего значения. Это объясняется различным объемом работы при проведении операции, который может изменяться, прежде всего, вследствие износа соединений и механизмов, корроирования сопряженных деталей и других случайных состояний узла.

Также в процессе проведения опытных исследований подробно рассматривался 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, следовательно, 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.

Демонтаж зарубежных автомобилей имеет определенные особенности и иногда производится с большей трудоемкостью, чем для отечественных автомобилей, что связано с дополнительным оснащением автомобилей гидроусилителем руля, кондиционером, потолочным люком, антиблокировочной системой, подушками

безопасности и некоторыми другими компонентами, повышающими комфорт и безопасность автомобилей. На автомобилях европейской сборки широко используются винты и болты с внутренним шестигранным профилем. Такой профиль имеет преимущества перед крестообразным, поскольку у него большее передаваемое усилие и выше устойчивость к срыванию. По сравнению с болтами под обычный торцовый ключ внутренний шестигранник позволяет использовать более компактный инструмент, что особенно важно в труднодоступных местах.

Таблица 3.4

**Среднее время, затраченное на демонтаж на примере легкового автомобиля малого класса**

Операция	Доля времени, %	Время, мин
Демонтаж 4-х колес	1,3	7
Демонтаж аккумуляторной батареи	0,4	2
Слив жидкостей	10,2	46
Демонтаж ходовой части и тормозной системы автомобиля	9,5	43
Демонтаж силового агрегата, КП и системы выпуска отработанных газов	19,7	89
Демонтаж рулевого механизма	19,1	86
Демонтаж экстерьера кузова и дверей	21,9	99
Демонтаж интерьера кузова и отопителя	17,9	81
Всего	100	453

Таблица 3.5

**Среднее время, затраченное на демонтаж на примере колесного трактора тягового класса 0,9...1,4**

Операция	Доля времени, %	Время, мин
Слив жидкостей	9,8	65
Демонтаж аккумуляторной батареи	1,3	9
Демонтаж капота, привода рулевого управления, гидроусилителя руля	11,8	78
Демонтаж радиатора системы смазки	1,8	12
Демонтаж радиатора системы охлаждения	1,9	13
Демонтаж силового агрегата с полурамой	32,5	216
Демонтаж 4-х колес с разборкой	28,9	192
Демонтаж передней оси (переднего ведущего моста)	2,7	18
Демонтаж кабины	5,6	37
Демонтаж КПП (при снятой кабине и передней полураме с двигателем)	3,7	25
Всего	100	665

Таблица 3.6

**Среднее время, затраченное на демонтаж на примере грузового  
автомобиля малого класса**

Операция	Доля времени, %	Время, мин
Демонтаж 6-ти колес	4,7	53
Демонтаж аккумуляторной батареи	0,7	6
Слив жидкостей	5,9	56
Демонтаж топливного бака	2,8	27
Демонтаж капота	2,3	22
Демонтаж радиатора	3,2	30
Демонтаж карданного вала	1,5	14
Демонтаж силового агрегата, КПП и системы выпуска отработанных газов	18,6	176
Демонтаж передней оси	9,5	90
Демонтаж рулевого механизма	6,9	65
Демонтаж моста заднего	10,6	100
Демонтаж кабины и кузова	15,9	150
Демонтаж экстерьера кузова и дверей	8,3	78
Демонтаж интерьера кузова и отопителя	9,1	85
Всего	100	952

Таблица 3.7

**Продолжительность разборки  
(без детальной разборки агрегатов и узлов)**

Модель автомобиля	Время полной разборки, ч
ВАЗ-2104	7,9
ВАЗ-21053	7,5
ВАЗ-2106	7,4
ВАЗ-2107	7,5
ВАЗ-2109	5,5
ВАЗ-2110	6,1
ВАЗ-2112	6,2
ВАЗ-2121	9,5
АЗЛК-21412	9,8
ГАЗ-3302	15,8
ГАЗ-53А	14,3
МТЗ-80, ЮМЗ-6	11,1

В настоящее время все больше внимания стало уделяться деталям из пластмасс в составе списываемой техники, поскольку их доля с каждым годом все выше, доходя до 10...15 % массы автомобиля. При производстве пластмассовых деталей в настоящее время используются материалы главным образом двух типов – терморреактивные (на ос-

нове эпоксидных, фенольных и ненасыщенных полиэфирных смол, содержащих добавки и наполнители) и термопластичные (например, полипропилен (ПП, PP), полиамид (ПА, PA), акринитрил-бутадиен-стирен (АБС, ABS), поликарбонат (ПК, PC), полиэтилен (ПЭ, PE), полиуретан (ПУ, PUR) и др.) [2, 10, 28, 43, 47, 51, 93]. Причем вторые – предпочтительнее, поскольку отслужившие срок изделия можно подвергать утилизации для повторных одно-двухкратных переработок в новые пластмассовые изделия, тогда как первые к повторному использованию не пригодны.

Для автомобилей, поступающих на утилизацию уже сегодня, возможна лишь сортировка пластиковых деталей при демонтаже в процессе утилизации. В среднем только 35 % затрат на утилизацию приходится непосредственно на технологические процессы переработки материалов, остальные 65 % относятся к вспомогательным операциям. Таким образом, повышение эффективности технологического процесса демонтажа и совмещение его с сортировкой является существенным резервом повышения всего технологического процесса утилизации.

Таблица 3.8

**Продолжительность демонтажа деталей из пластмасс**

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

Опытные исследования технологических процессов утилизации и их имитация в условиях предприятий технического сервиса позволили перейти к вопросу оптимальной оснащенности персонала орудиями труда и в первую очередь обратить внимание на подъемно-транспортное оборудование, поскольку его отсутствие обусловило те значения времени демонтажа, которые были указаны выше. Обзор оборудования, предназначенного для подъемно-транспортных работ (рис. 3.12), позволил разработать концепцию собственной оригинальной конструкции поста, основанной на спаренных кранах козлового типа.



Рис. 3.12 – Оборудование-прототипы для мобильного поста утилизации [111]

В условиях небольших объемов утилизации нецелесообразны значительные капиталовложения в серийное сервисное оборудование, в связи с чем была разработана конструкция мобильного поста утилизации, на котором возможно выполнение работ, связанных с осушкой и демонтажем агрегатов, демонтажем кузовов и кабин. Схематично работа мобильного поста показана на рис. 3.13. Для работы такого поста отсутствует необходимость в автопогрузчике или стационарном крановом оборудовании. Для работы необходима ровная площадка, имеющая твердое покрытие.

С использованием мобильного поста возможны демонтажные работы по грузовым автомобилям, легковым автомобилям и колесным тракторам тягового класса до 1,4. Для более тяжелой и крупногабаритной техники предпочтительнее использование стационарного или передвижного кранового оборудования. Использование поста предпочтительно вне помещений, что решает вопросы оптимальной освещенности рабочего места и требуемой кратности воздухообмена, поскольку демонтажным операциям предшествуют операции осушки,

сопровождается выделением паров топлива.

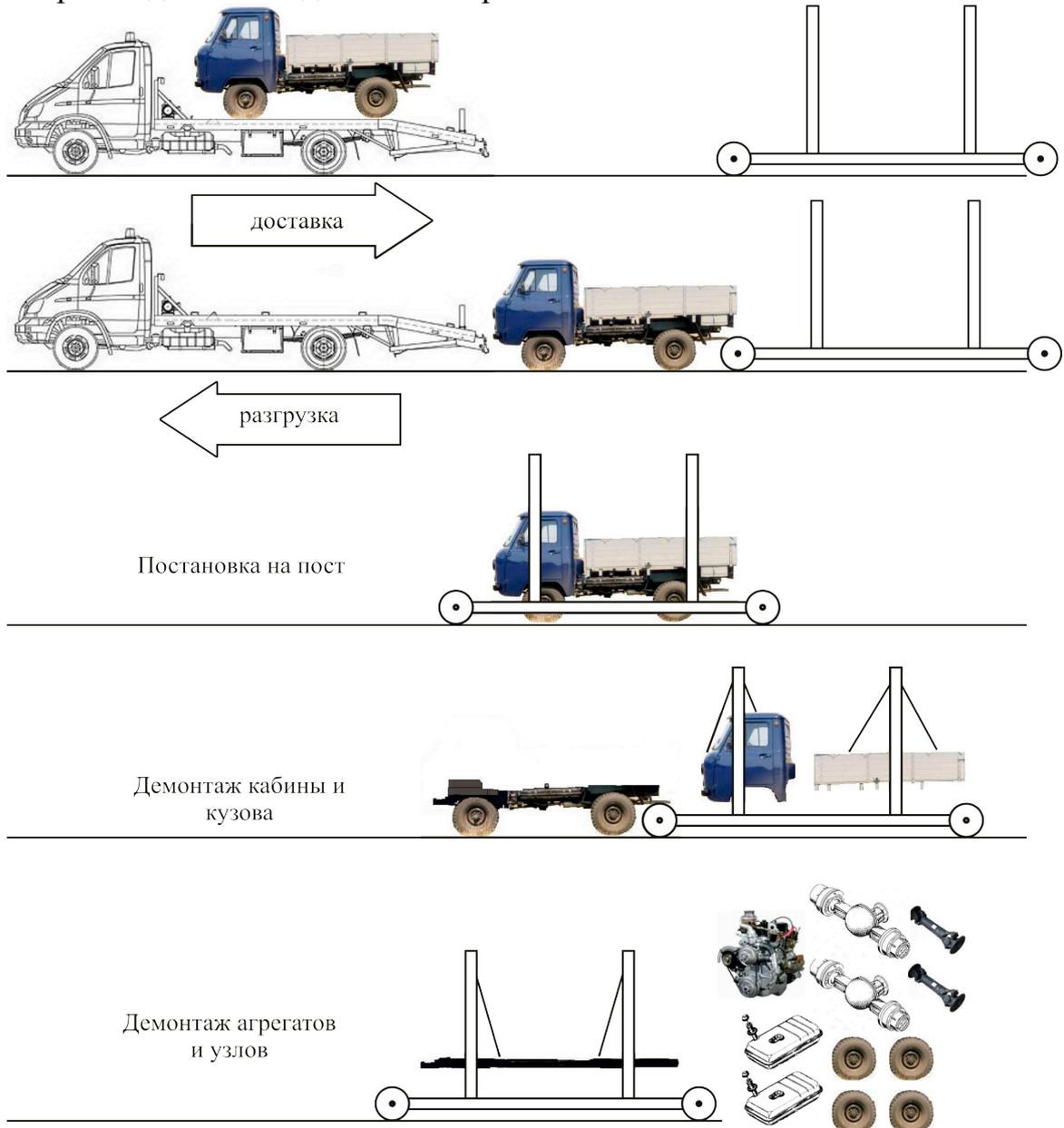


Рис. 3.13 – Схема работы мобильного поста утилизации

Возможность использования низкоквалифицированного персонала можно реализовать на практике при обеспечении качественной сортировки деталей из пластмасс, 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. 3.14).

Работнику в процессе разборки достаточно лишь обратить демонтированную деталь 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.

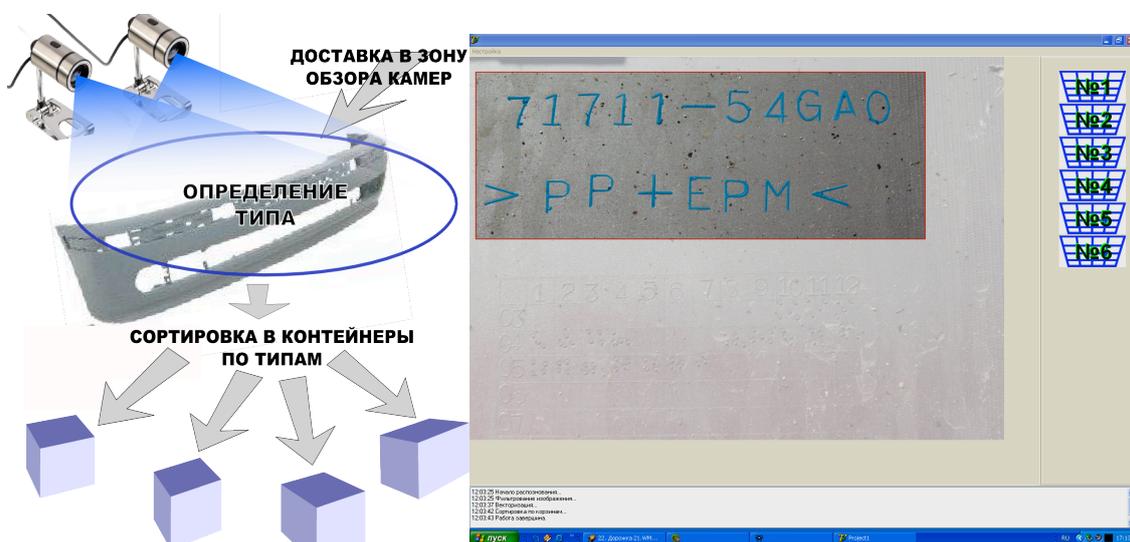


Рисунок 3.14 – Общая схема системы распознавания и интерфейс программы распознавания маркировок

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.

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 сегодняшних 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 ( $P = 0,99$ ).

## Заключение

Свыше 25 % массы легкового автомобиля и 10 % массы сельскохозяйственной и коммерческой техники, включающей материалы 1-й и 2-й группы опасности, поступают на захоронение в рамках существующих в нашей стране технологических схем утилизации автотракторной техники. При ремонте автотракторной техники используется менее 50 % восстановленных или повторно использованных деталей. Доминирующее положение в потоке техники, требующей утилизации занимают легковые автомобили – 75 %, доля грузовых автомобилей составляет 17...18 %, сельскохозяйственная и специальная техника – около 5...7 %.

Рациональное использование демонтированных агрегатов и узлов определяет необходимость включения в технологический процесс утилизации операции диагностирования, по итогам которой принимается решение о приемах, используемых в последующих технологических операциях. Эффективная взаимосвязанная работа средств диагностирования и утилизации машин в условиях предприятий технического сервиса достигается путем представления в виде системы массового обслуживания, для которой установлены рациональные сочетания плотности потока требований и интенсивностей их обслуживания.

Продолжительность выполнения технологических операций, входящих в технологический процесс утилизации автотракторной техники существенным образом зависит от утилизационной технологичности, которую при проектировании большинства списываемых в настоящее время машин не принимали во внимание. Эти недостатки утилизируемой техники вызывают задержки на постах при демонтаже агрегатов, узлов и деталей, а также необходимость частой смены инструмента или изменения технологии демонтажа из-за разрушения крепежных элементов. Продолжительность демонтажа агрегатов и узлов в настоящее время варьируется в широком диапазоне от 5,5 до 16 ч в зависимости от вида техники.

Для обеспечения эффективной работы постов и участков детальной разборки автомобилей и их агрегатов необходима разработка нового и совершенствование существующего технологического оборудования, например, такого как мобильный пост утилизации, сочетающий в себе возможности подъемно-транспортного оборудования и элементов конвейера или системы распознавания видов материалов.

Представленные в монографии материалы говорят о том, что исследования в области утилизации автотракторной техники и ее компонентов имеют обширные перспективы для дальнейшей работы, разработки практических рекомендаций и конкретных решений с учетом производственно-технологических особенностей регионов, где будут реализованы новые технологии.

## Литература

1. Автоотходы в дело. //Авторьнок. 2008. № 20. С. 12
2. Авдеев Е.А. Технологическое обеспечение селективной утилизации отработанных пластмассовых изделий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2013. – 179 с.
3. Автотранспортные и тракторные перевозки. Учебник. /О.Н. Дидманидзе – М.: Издательство УМЦ «ТРИАДА», 2005. – 552 с.
4. Алексеева Е. Утилизация в России: подмена со смыслом – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zr.ru/articles/575321>
5. Алдошин Н.В. Технологические процессы и организация утилизации техники. Монография – М.: 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. Альяс Г.Э., Супрун В.Н. Кто виноват и что делать? // Вторичные металлы. 2008. № 6. С. 36 – 38
8. 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
9. Астанин В.К. Построение гибкой производственной системы утилизации отслуживших сельскохозяйственных пластмассовых изделий // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2008. № 2. С. 104 – 108
10. Астанин В.К. Обоснование ресурсосберегающих технологий и средств утилизации полимерных отходов сельскохозяйственных предприятий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2009. 30 с.
11. 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.
12. Буцко Ф. Экологическое обслуживание. // Новости авторемонта. 2006. № 8. С. 20 – 23
13. 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.
14. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
15. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
16. Власов Ю.А., Тищенко Н.Т. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования. – Томск: Издательство Томского архитектурно-строительного университета, 2004. – 277 с.

17. Воробьев-Обухов А. Ломать – не строить? // За рулем. 2006. № 5. С. 210 – 211
18. 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.
19. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Кулдошина В.В. Общие принципы эффективного использования средств технологического оснащения территориально-производственных комплексов сбора, транспортировки и переработки отходов //Международный научный журнал. – 2007. № 4. С. 53 – 42
20. Дидманидзе О.Н., Солнцев А.А., Митягин Г.Е. Техническая эксплуатация автомобилей. Учебник. – М.: УМЦ «Триада», 2012. – 455 с.
21. Дидманидзе О.Н., Зангиев А.А., Иволгин В.С. Оптимизация производственных процессов в плодово-ягодных питомниках. – М.: Агроконсалт, 2002. – 148 с.
22. Дидманидзе О.Н., Маслов Г.Г., Цыбулевский В.В. Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента: Учебное пособие. – М.: УМЦ «Триада», 2007. – 292 с.
23. Дидманидзе О.Н., Дидманидзе Р.Н. Повышение эффективности процессов производства и реализации чая. – М.: УМЦ «Триада», 2003. – 120 с.
24. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Бисенов М.К. Теоретические основы определения оптимальных характеристик пунктов приема автомобильных компонентов и материалов, выбывших из эксплуатации // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. 2011. № 4. С. 113 – 121
25. Дьяченко И.И. Принципы упорядочения обращения с отходами на этапе эксплуатации автотранспортных средств. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.10 – М.: МАДИ (ГТУ), 2002. 143 с.
26. Герасимов М.В. Авторециклинг в Москве: перспективы развития. // Твердые бытовые отходы. 2007. № 10. С. 52 – 61
27. Груздев А. Разборка у крепостной стены // Правильный автосервис. 2009. № 11. С. 7 – 10
28. Данилова Е. Грузовой российский авторынок – рай для переработчика // The Chemical Journal. 2008. № 5. С. 18 – 20
29. Девяткин В.В. Отходы как вторичные материальные ресурсы // Экология производства. 2007. № 2. С. 44 – 51
30. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. – С.-Пб.: НП «Региональное Энергетическое Партнерство», 2005. – 75 с.

31. Журилин А.Н. Разработка ресурсосберегающей технологии утилизации автотракторной техники. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2010. – 166 с.
32. Журилин А.Н. Методика определения характеристик предприятия утилизации выбывшей из эксплуатации техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2009. № 4. С. 104 – 108
33. Знаемский Идеальный шрот // Авторевю. 2006. № 18. С. 78 – 84
34. Зангиев А.А., Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е. Повышение эффективности работы сервисных служб машинно-технологических станций. – М.: Агроконсалт, 2001. – 108 с.
35. Захаров А.М. Прогрессивные методы сбора вторичного сырья от населения. – М.: ЦНИИТЭИМС, 1980. – 26 с.
36. Зорин А.И. Утилизация сельскохозяйственной техники. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 2. С. 2 – 5
37. Ищенко А.А. Авторециклинг: проблемы, решения, организационное и законодательное обеспечение // Вторичные металлы. 2008. № 6. С. 62 – 64
38. Калинин М. Стандарт есть стандарт // Новости авторемонта. 2007. № 9. С. 10 – 12
39. Кибартаса А. Авторециклинг в странах Балтии. // Рециклинг отходов. 2007. № 2. С. 19 – 21
40. Кобец Утилизация будущего // Авторевю. 2011. № 22. С.
41. 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.
42. Конкин М.Ю. Утилизация составных частей машин в системе технического сервиса // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 12. С. 3 – 6
43. 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
44. Коноплянко В.И. и др. Разработка модели транспортного сбора потоков твердых бытовых отходов. – М.: Сборник научных трудов МАДИ (ГТУ) «Логистика: взгляд в будущее». 2004. С. 17 – 26
45. 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.
46. Кушнарев Л.И., Пучин Е.А. Основные направления развития системы технического сервиса в АПК // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2006. № 1. – С. 68 – 72

47. Левин В.С. и др. Организация сбора и использование отходов полимерных материалов. Обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИМС, 1977. – 16 с.
48. Липкович И.Э. Оптимизация структуры, состава и размещения комплексов регенерации отработанных масел. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03. – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1995. – 218 с.
49. Лукинский В.С. и др. Логистика автомобильного транспорта. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 368 с.
50. Лукьянов В.Б. Обоснование структуры и основных характеристик сервисных центров. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2008. – 174 с.
51. Мантия Ф.Л. Вторичная переработка пластмасс (пер. с англ. Заикова Г.Е.) – С.Пб: Профессия, 2006. – 400 с.
52. Миротин Л.Б. и др. Транспортная логистика. Учебник. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 512 с.
53. Медведева М. Авто в хлам//Аргументы и факты, 2008. № 12. С. 32
54. Митягин Г.Е. Повышение эффективности работы сервисных служб машинно-технологических станций. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2002. – 166 с.
55. Митягин Г.Е., Кулдошина В.В. Материальный состав выбывшего из эксплуатации автомобиля //Международный технико-экономический журнал. – 2007. № 4. С. 72 – 75
56. 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
57. Митягин Г.Е., Бисенов М.К., Лиходед А.А. Структура парка выбывших из эксплуатации автомобилей 2007-2011. Перспективы изменения и использования // Международный научный журнал. 2012. № 5. С. 80 – 88
58. Митягин Г.Е., Бисенов М.К., Авдеев Е.А. Применение методов теории массового обслуживания для обоснования параметров и режимов работы постов демонтажа и сортировки // Международный научный журнал. 2012. № 5. С. 116 – 121
59. Митягин Г.Е., Журилин А.Н., Абдуллин Р.Р. Система автоматизированной сортировки автомобильных пластмассовых деталей. // Вестник Тульского государственного университета. Серия Автомобильный транспорт. Выпуск 2. 2009. С.258 – 260
60. Михайлов Е. Авторециклинг по-российски // Твердые бытовые отходы, 2007. № 10. С. 18 – 20
61. Михайлова Т. Избавить от мусора и «гнилых» машин // Площадь Мира. 2007. № 46. С. 4 – 5

62. Моржаретто И. Борозды не портят // За рулем, 2013. № 4. С. 118
63. Намаконов Б.В. Экологический потенциал реновации изделий // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. № 3. С. 36 – 39
64. Научные основы технической эксплуатации сельскохозяйственных машин. – М.: ГОСНИТИ, 1996. – 360 с.
65. 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
66. Оптимизация инфраструктуры ремонтно-обслуживающей базы АПК. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007 – 52 с.
67. Орстик Л.С. Состояние и первоочередные задачи технического обеспечения АПК. //Вестник МТС. 2000. № 11. С. 3 – 8
68. Осетров С.Е. Создание рынка подержанной сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. – 2003. - № 8. – С. 29 - 31
69. Ощепков Н.М. Восстановление и модернизация старой сельскохозяйственной техники в Республике Башкортостан // Техника и оборудование для села. – 2004. - № 2. – С. 31 - 39
70. Петров Р.Л. О мировом опыте организации национальных систем авторециклинга // Рециклинг отходов. – 2008. - № 5. – С. 2 – 11
71. 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.
72. Пухов Е.В. Формирование эффективной инновационной системы утилизации отработанных материалов эксплуатации транспортных и технологических машин АПК Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук 05.20.03 – М.: МГАУ, 2013. – 354 с.
73. Развитие рынка подержанной сельскохозяйственной техники. Аналитическая справка № 40-13(2.1.1)/08.04. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 4 с.
74. Райнхард В.А. Переработка старых автомобилей: Европейский опыт // Твердые бытовые отходы. 2007. № 10. С. 70 – 77
75. Ребров Е. Запчасти с «разборок»: предлагать или не предлагать // Новости авторемонта. 2007. № 9. С. 72 – 76
76. Рублев В.И. Оценка потребности в запчастях с учетом стадии поставки. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2000. № 11. С. 36 – 37
77. Свиточ Н.А. Ржавая рухлядь или сырье на переработку // Твердые бытовые отходы. 2007. № 10. С. 8 – 11
78. Северный А.Э., Халфин М.А. и др. Организация вторичного рынка сельскохозяйственной техники. Состояние, опыт, перспективы. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 92 с.

79. Северный А.Э. Рынок подержанной техники – резерв сохранения технического потенциала в сельском хозяйстве. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №2. С. 2 – 5
80. Супруненко А. Бизнес по переработке автомобилей. //Автоинструкция. 2007. № 11. С. 42 – 46
81. Тарасенко С. Половину российских авто можно сдать в утиль //Метро. 2009. № 37. С. 6
82. Трофименко Ю.В., Воронцов Ю.М., Трофименко К.Ю. Утилизация автомобилей. Монография. – М.: АКПРЕСС, 2011. – 336 с.
83. Тылинская Н. Давайте мыслить системно // Правильный автосервис. 2010. № 1. С. 14 – 17
84. Федоренко В.Ф., Тихонравов В.С. Ресурсосбережение в агропромышленном комплексе: инновации и опыт. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 328 с.
85. Хурумов А. Мусорный коллапс //Autonews. 2007. № 7. С. 38 – 40
86. Черных И., Полякова И. Зеленый барьер: утилизационный сбор на грузовики // Рейс. 2012. № 11. С. 12 – 19
87. Шаруда А.Н., Воронцов Ю.М., Корнилов В.В. Европейский опыт утилизации автомобилей // Чистый город. 2007. № 1. С. 23 – 24
88. Шикин Е.В., Шикина Г.Е. Исследование операций. – М.: Проспект, 2008. – 218 с.
89. Шитикова Е. Жесткий кастинг в утиль // За рулем – регион. Москва. 2010. № 3. С. 4.
90. Эксплуатация, ремонт, хранение и утилизация шин автотранспортных средств / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, Г.Е. Митягин и др. – М.: Издательство УМЦ «ТРИАДА», 2005. – 117 с.
91. Юрча М. Запчасти для старых машин: недорого и надежно – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zr.ru/articles/490962>

### **Иностранная литература**

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

### **Интернет сайты**

95. [www.auto.vesti.ru](http://www.auto.vesti.ru)
96. [www.ecocom.ru](http://www.ecocom.ru)
97. [www.idis2.com](http://www.idis2.com)
98. [www.waste.ru](http://www.waste.ru)

99. [www.minprom.gov.ru](http://www.minprom.gov.ru)
100. [www.severstal.ru](http://www.severstal.ru)
101. [www.traleks.ru](http://www.traleks.ru)
102. [www.drobus.ru](http://www.drobus.ru)
103. [www.autoreview.ru](http://www.autoreview.ru)
104. [www.autoserver.ru](http://www.autoserver.ru)
105. [www.mosoblpress.ru](http://www.mosoblpress.ru)
106. [www.zr.ru/a/](http://www.zr.ru/a/)
107. [www.autostat.ru](http://www.autostat.ru)
108. [www.seda-auto.ru](http://www.seda-auto.ru)
109. [www.apikabu.ru/img-n/2012-05\\_7/a7w.jpg](http://www.apikabu.ru/img-n/2012-05_7/a7w.jpg)
110. [www.pandia.ru/text/77/174/12200.php](http://www.pandia.ru/text/77/174/12200.php)
111. [www.sorokin.ru](http://www.sorokin.ru)
112. [www.taly.ru/kozlovie-krany](http://www.taly.ru/kozlovie-krany)
113. [www.ua.all.biz/krany-kozlovie](http://www.ua.all.biz/krany-kozlovie)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
Глава 1. Экологические и технологические аспекты утилизации автотракторной техники.....	6
1.1. Выбывшая из эксплуатации техника как угроза экологической безопасности.....	6
1.2. Перспективы развития технологических процессов утилизации.....	9
1.3. Система и технологии утилизации выбывшей из использования автотракторной техники в России.....	11
1.4. Технология утилизации автомобиля за рубежом.....	30
1.5. Образование отходов технического обслуживания и ремонта .....	34
1.6. Анализ публикаций по утилизации техники. Выводы... ..	46
Глава 2. Теоретические основы организации технологических процессов утилизации автотракторной техники.....	50
2.1. Общие принципы эффективного использования средств технологического оснащения предприятий утилизации автотракторной техники.....	50
2.2. Теоретические основы проектирования предприятий приема выбывших из эксплуатации автомобильных компонентов и материалов.....	59
2.3. Оптимизация общего объема приема выбывшей из эксплуатации техники и компонентов и радиуса обслуживания приемным пунктом.....	74
2.4. Оптимизация потребного количества транспортных средств для вывоза вторсырья из приемных пунктов на переработку.....	82
2.5. Теоретические основы оптимизации режимов обеспечения тарой и вывоза накопленного вторсырья из приемных пунктов.....	92
2.6. Управление процессом вывоза вторсырья и автомобилей... ..	102
Глава 3. Теоретические основы проектирования технологических процессов утилизации автотракторной техники.....	108
3.1. Основные элементы технологического процесса утилизации.....	108
3.2. Моделирование и оптимизация режима работы постов технологической линии утилизации .....	112
3.3. Моделирование и оптимизация участковых работ предприятия утилизации.....	117
3.4. Особенности труда персонала, задействованного в технологических процессах утилизации.....	122
Заключение.....	140
Список литературы.....	141

# Монография

Дидманидзе Отари Назирович  
Митягин Григорий Евгеньевич

## Теоретические основы проектирования предприятий утилизации автотракторной техники

Книга издается в авторской редакции

За достоверность информации ответственность несут авторы

Компьютерная верстка *Н. Т. Бзшвили*

---

Подписано в печать 01.10.2014

Формат 60x84/16

Бумага офсетная

Заказ № 385

Усл. печ. л. 10,11

Тираж 500 экз.

Печать трафаретная

Цена договорная

---

Отпечатано в ООО «УМЦ «Триада»  
127550, Москва, ул. Лиственничная аллея, д. 7, корп. 2