

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт  
«Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Т.А. Кулагина  
подпись  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

20.03.01 «Техносферная безопасность»

Переработка и эффективность использования отработанных автомобильных  
шин

Пояснительная записка

Руководитель	_____	_____	Е.Н. Зайцева
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Научный руководитель	_____	_____	Т.А. Кулагина
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Выпускник	_____	_____	А.Д. Никулин
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:

Консультант по нормативно-правовой базе	_____	С.В. Комонов
	подпись, дата	
Нормоконтроль	_____	С.В. Комонов
	подпись, дата	

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Т. А. Кулагина  
подпись  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы

Студенту: Никулину Антону Дмитриевичу  
Группа ЗФЭ 13-02Б Направление (специальность) 20.03.01  
«Техносферная безопасность»

Тема выпускной квалификационной работы: «Переработка и  
эффективность использования отработанных автомобильных шин»

Утверждена приказом по университету: № от 2018 г.

Руководитель ВКР: Е.Н. Зайцева, старший преподаватель кафедры ИЭиБЖД

Исходные данные для ВКР:

- нормативно-правовая база;
- справочная литература;
- учебная литература;
- научные работы.

Перечень разделов ВКР:

1 Характеристика шинного производства.  
2 Основные методы переработки и утилизации вулканизированных  
резиносодержащих отходов и отработанных автопокрышек.

3 Инженерно-технические мероприятия по снижению негативного  
воздействия отработанных автопокрышек на окружающую среду.

4 Области применения резиновой крошки.

5 Нормативно – правовое обоснование.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием  
основных чертежей, плакатов, слайдов:

Лист 1 – Методы переработки изношенных автопокрышек.

Лист 2 – Технологическая цепочка производства резиновой крошки.

Лист 3 – Технические требования линии по производству резиновой крошки.

Лист 4 – Положительные качества линии по производству резиновой крошки.

Лист 5 – Область применения резиновой крошки.

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись

Е.Н. Зайцева

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

подпись

А.Д. Никулин

«   » \_\_\_\_\_ 2018г.

## КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

### выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
Сбор и анализ исходной литературы и документации	05.02.2018 – 21.02.2018
Постановка основной задачи, освоение расчетных методик	22.02.2018 – 14.03.2018
Выполнение расчетов, оформление результатов, составление выводов	15.03.2018 – 23.04.2018
Работа над нормативно-правовой базой, оформление расчетно-пояснительной записки	24.04.2018 – 10.05.2018
Графическое оформление чертежей	11.05.2018 – 03.06.2018
Оформление прочей документации	04.06.2018 – 15.06.2018

«03» февраля 2018 г.

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись

Е.Н. Зайцева

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

подпись

А.Д. Никулин

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Переработка и эффективность использования отработанных автомобильных шин» содержит 73 страниц, включает 9 таблиц, 28 рисунков, 21 литературных источников и 5 листов графического материала.

Ключевые слова: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ПЕРЕРАБОТКА, ОТРАБОТКА, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ШИНЫ, РЕЗИНОВАЯ КРОШКА.

Целью работы является эффективность переработки отработанных автомобильных шин на предприятиях.

В результате выполнения ВКР была изучена общая характеристика процесса утилизации и переработки шин, выявлены инженерно-технические мероприятия по снижению негативного воздействия отработанных автопокрышек на окружающую среду. Произведена оценка методов переработки автопокрышек.

В качестве наиболее эффективного, менее затратного и экологически положительного, был выбран механический метод переработки шин. При реализации этого метода отработанная автопокрышка поэтапно разрезается на части, тем самым доводится до состояния резиновой крошки. Параллельно с измельчением резины происходит очистка резиновой крошки от лишних включений – металла и текстиля.

В результате реализации этого метода переработки отработанных шин, резиновую крошку можно использовать в различных областях применения. Резиновая крошка применяется в качестве вторичного сырья в химической промышленности, что исключительно важно с точки зрения сохранения первичных материальных ресурсов.

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа по теме «Переработка и эффективность использования отработанных автомобильных шин» содержит 73 страниц, включает 9 таблиц, 28 рисунков, 21 литературных источников и 5 листов графического материала.

Целью работы является эффективность переработки отработанных автомобильных шин на предприятиях.

Во введении раскрывается актуальность бакалаврской работы по выбранному направлению, ставится проблема, цель и задачи.

В первой главе даны общие сведения о предприятии.

Во второй главе произведен анализ методов переработки на предприятии.

В третьей главе произведен анализ инженерно-технические мероприятия по снижению негативного воздействия отработанных автопокрышек на окружающую среду.

В четвертой главе найдены области применения.

В пятой главе описаны нормативно – правовое обоснование.

В результате выполнения бакалаврской работы был рассмотрен технологический процесс производства шин, выявлены основные источники воздействие на окружающую среду и организм человека, проведен выбор наиболее эффективного, менее затратного и экологически положительного метода переработки шин

В заключении сформулированы выводы по бакалаврской работе:

## СОДЕРЖАНИЕ

Ведение. . . . .	7
1 Характеристика шинного производства. . . . .	9
1.1 Мониторинг производства шин в России и за рубежом. . . . .	9
1.2 Автопокрышки как источник загрязнения окружающей среды. . . . .	23
2 Основные методы переработки и утилизации вулканизированных резиносодержащих отходов и отработанных автопокрышек. . . . .	32
2.1 Химические методы переработки. . . . .	33
2.1.1 Сжигание отработанных автопокрышек. . . . .	33
2.1.2 Пиролиз. . . . .	34
2.2 Физико-химические методы (регенерация). . . . .	39
2.2.1 Паровой метод. . . . .	40
2.2.2 Водонейтральный метод. . . . .	41
2.2.3 Термомеханический метод. . . . .	42
2.2.4 Метод диспергирования резины. . . . .	44
2.3 Физические методы переработки. . . . .	46
2.3.1 Переработка изношенных шин при низкой температуре. . . . .	46
2.3.2 Переработка изношенных шин при нормальной температуре. . . . .	50
3 Инженерно-технические мероприятия по снижению негативного воздействия отработанных автопокрышек на окружающую среду. . . . .	56
3.1 Предлагаемый метод переработки автопокрышек. . . . .	56
3.2 Описание технологического процесса утилизации отработанных автопокрышек. . . . .	58
4 Области применения резиновой крошки. . . . .	63
5 Нормативно – правовое обоснование. . . . .	66
Заключение. . . . .	70
Список использованных источников. . . . .	72

## ВВЕДЕНИЕ

С ростом численности автотранспорта постоянно увеличивается и количество изношенных автопокрышек. Ежегодно в России образуется более 1,1 млн тонн изношенных автопокрышек, из них утилизируется только 10 %.

Общемировые запасы изношенных автошин оцениваются в 25 млн. тонн при ежегодном приросте не менее 7 млн. тонн. Из этого количества только 23% покрышек находят применение, а остальные 77% хранятся легально или нелегально на специализированных и смешанных свалках, представляющих собой объекты повышенной опасности (из-за часто возникающих на них пожарах из-за хорошей воспламеняемости шин). Имеющиеся технологии переработки автошин заключаются либо в их простом сжигании, либо в разделении резины и металлокорда, содержащегося в шинах. Такое разделение производится путем нагрева, либо, наоборот, путем глубокого замораживания и дробления. Эти технологические процессы энергоёмки и имеют в промышленных условиях низкую экономическую эффективность.

С 2006 года в странах Евросоюза запрещено захоронение автомобильных шин и их сжигание. В России переработка шин является приоритетным способом утилизации шин. Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, отработанные автомобильные покрышки относятся к IV классу опасности и подлежат обязательной утилизации или переработке. В России предусмотрена система надзора за сдачей шин, находящихся на балансе предприятий. Предприятия имеют право сдавать шины на переработку только специальным заводам, имеющим лицензию на право обращения с опасными видами отходов, предоставляющим документы, подтверждающие факт сдачи шин, что является необходимым для сдачи экологической отчетности и расчетов «Платы за негативное воздействие на окружающую среду».

Вместе с тем, изношенные автошины при правильном подходе к их переработке, сохраняющим химические свойства резины и каучуков, являются отличным сырьем для получения вторичного продукта: резиновой крошки, металла и текстильного корда. Около 90% шины предоставляют собой резерв сырья для вторичного использования, что при наметившейся проблеме невосполнимости материальных ресурсов имеет огромное экономическое значение и потенциал.

Таким образом, как уже говорилось выше, актуальность создания производства по переработке шин и других резинотехнических отходов складывается из двух составляющих, лежащих в основе данной работы:

- Решение экологической задачи: переработка опасных отходов, сохранение природных ресурсов, сокращение территорий, выделенных под полигоны.
- Производство продукта, востребованного на рынке, пригодного для использования в различных производственных сферах.

Проблема утилизации отработанных автомобильных покрышек в городе Красноярске так же остается актуальной. Отработанные автопокрышки, в том числе и резинотехнические изделия, в основном вывозятся на

специализированные полигоны. Однако шины – это ценное полимерное сырье, которое может быть повторно использовано для производства топлива, резинотехнических изделий и материалов строительного назначения.

Так же острой остается проблема старой свалки резинотехнических отходов, ныне не существующих заводов «Шинный» и «РТИ», которая представляет большую экологическую опасность для окружающей природной среды.

Согласно Федерального закона от 31 декабря 2017 г. N 503-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" и отдельные законодательные акты Российской Федерации". Он предусматривает и обязательную процедуру по утилизации отработавших шин». Поэтому вопрос о разработке эффективного метода переработки отработанных покрышек, который сможет обезвредить уже имеющееся количество отходов и утилизировать вновь образовавшийся объем, становится наиболее актуальным.

Способов переработки изношенной резины достаточно много, в настоящее время выделено пять основных направлений по утилизации шин:

1. Переработка в крошку. Является самым простым и дешевым методом утилизации автопокрышек. В зависимости от чистоты и размера резиновой крошки, получаемое вторсырье имеет многочисленные и перспективные области дальнейшего практического применения, начиная как добавка к полимерным смесям и заканчивая изготовлением массивных резиновых плит.

2. Пиролиз. Конечными продуктами этого метода утилизации являются пиролизное масло, сталь (металлокорд) и сажа.

3. Сжигание. Использование автопокрышек в качестве замены основного топлива на различного рода котельных, а так же получения тепловой энергии.

4. Восстановление шин. Этот метод позволит экономить на первичных ресурсах. Практически доказано, что при изготовлении новой шины требуется 35 литров сырой нефти, тогда как на восстановление старой – всего лишь 5 литров.

5. Полный материальный рециклинг. При данном методе из автопокрышек получают заменители топлива – бензиновую фракцию и мазут. При этом образуются технический углерод и металлокорд.

Каждый из предложенных методов имеет свои преимущества и недостатки. В данной работе наиболее подробно описаны существующие методы переработки отработанной резины. Рассмотрены наиболее популярные технологические линии переработки.

Для решения выделенных экологических проблем предлагается механический метод переработки отработанных автопокрышек в резиновую крошку, используемую в дальнейшем как вторичный ресурс для изготовления товара народного потребления – новую автопокрышку.

## **1 Характеристика шинного производства**

### **1.1 Мониторинг производства шин в России и за рубежом**

Ежедневно более 2 млн новых шин производится мировой шинной промышленностью. Более 4 млрд шин одновременно находятся в эксплуатации. Структура шинного рынка обычно отражает структуру автомобильного транспорта в том или ином регионе. Для развитых западных стран характерно преобладание шин для легковых и коммерческих автомобилей: 75-85%, около 15% рынка - грузовые шины. Вся эта огромная масса шин попадает на потребительский рынок по двум основным каналам: через поставку на конвейер автомобильных заводов, так называемый промышленный сектор рынка, и через розничную продажу потребительский сектор рынка. В свою очередь, потребительский сектор шин состоит из новых и восстановленных шин.

С развитием современных технологий и улучшением уровня жизни населения, увеличивается количество автомобилей, находящихся в эксплуатации. Следовательно, с каждым годом растет объем производства резиновых покрышек. Утилизация шин по словам экологов, является весьма острой проблемой во всем мире. По статистике срок службы одного комплекта автомобильных шин составляет в среднем 4 сезона. Сопоставляя факты можно сделать вывод о том, что большую долю всех утилизируемых отходов составляет авторезина. В процессе изнашивания автомобильная резина загрязняет окружающую среду мелкими частицами в виде аэрозоля, а также летучими веществами.

Шины, которыми автопроизводители комплектуют новые автомобили, обычно разрабатываются параллельно с разработкой автомобиля, проходят весь комплекс приемочных испытаний вместе с автомобилем, становятся его неотъемлемой частью и их характеристики наилучшим образом сочетаются с характеристиками машины. Такие шины часто не попадают в розничную продажу и поставляются исключительно на конвейер. Этот сектор рынка чрезвычайно конкурентен, и шинным фирмам постоянно приходится доказывать право на поставку своих шин для комплектации новых автомобилей, а сами такие шины являются предметом гордости и своего рода «визитной карточкой» их разработчиков и производителей. В то же время для конечного потребителя - покупателя транспортного средства (от мотоцикла и автомобиля до самолета) характеристики шин этого сегмента шинного рынка, как бы хороши они ни были, даже бренд изготовителя и цена шин воспринимаются как часть имиджа и свойств машины в целом и не являются значимыми факторами покупки. Это наиболее существенное их отличие от шин потребительского рынка.

Потребительский рынок пневматических шин обеспечивает потребности в шинах эксплуатационных транспортных предприятий и других владельцев автомобилей. Эти шины имеют более универсальные свойства, так как они не привязаны к конструктивным особенностям определенного автомобиля или

иного транспортного средства. Чтобы привлечь покупателя, наряду с высоким уровнем комплекса эксплуатационных свойств такая шина должна быть «красивой», выглядеть «современно», стоить недорого и т.д. Конечно, при замене модели шин, с которыми новый автомобиль был продан, на другие шины со вторичного рынка существует риск снижения некоторых характеристик автомобиля. Но обычно эти ухудшения относительно не существенны и «простой автомобилист» их скорее всего просто не заметит. К тому же необходимость в первой замене шин возникает обычно при износе рисунка протектора. К этому времени и сам автомобиль начинает терять некоторые из своих свойств. Для потребителя этого сегмента рынка шин дизайн протектора, низкая цена, предпочтения какого-либо бренда производителя перед другими, иные объективные и субъективные предпочтения могут иметь определяющее значение.

Поэтому на вторичном сегменте рынка оказались востребованными шины, возвращенные в эксплуатацию после восстановительного ремонта, т.е. шины, у которых после износа рисунка возобновляется протектор, обновляются при необходимости другие покровные резины, а все остальная конструкция сохраняется оригинальной. Высокие прочностные характеристики конструкции и материалов шин в сочетании с надежной, хорошо отработанной технологией восстановления позволяют восстанавливать протектор от 3 до 5 раз, делая сроки «жизни» шины соизмеримыми со сроком эксплуатации автомобиля. Восстановленные шины отвоевывают у новых шин часть занимаемого ими рынка, доказывая свою конкурентоспособность высоким качеством. По данным Бюро информации о Восстановлении и Ремонте Шин США (TRIB), сравнительные испытания новых и восстановленных шин, а также анализ дорожно-транспортных происшествий, связанных с шинами, показывает, что восстановленные шины по основным технико-экономическим показателям, включая надежность и безопасность, не уступают новым. С 2004 года все восстановленные шины в Великобритании регулируются теми же правилами и стандартами, что и новые шины, и должны отвечать тем же требованиям по всему комплексу свойств. С сентября 2006 года в странах Евросоюза также введен единый стандарт для восстановленных шин. В США еще в октябре 1993 года был принят акт, разрешающий применение восстановленных шин на всех правительственных автомобилях, что явилось признанием достоинств восстановленных шин и создало дополнительные стимулы в стране для их производства. В то же время высокие требования к качеству восстановления неизбежно приводят к его удорожанию. Стоимость восстановленной легковой шины соизмерима с новой, что лишает «частника» важного стимула для их приобретения и делает их производство малорентабельным. Как результат - рынок восстановленных легковых шин, например в США, за последние 8 лет сократился более чем на 55%. Аналогичная картина наблюдается в странах Западной Европы. Однако даже в этих условиях восстановленные легковые и коммерческие шины остаются привлекательными для таксомоторных компаний, станций автомобилей «скорой помощи» и других подобных предприятий, поскольку в среднем в бюджете автомобильной компании на

Западе затраты на шины занимают третью позицию после заработной платы и оплаты за топливо. Стоимость восстановленных грузовых шин обычно ниже стоимости новых шин на 30-50%, что определяет рост их потребления на грузовом автотранспорте, а также в авиации, на военной технике, пожарными и др. Более 900 компаний в США занимаются шиноремонтным бизнесом. Уже в конце 90-х годов прошлого века из 27 млн проданных потребителям грузовых шин в Северной Америке 16 млн имели восстановленный рисунок протектора и лишь 11 млн были новыми. А в 2016 году там было продано уже около 18,6 млн восстановленных шин на общую сумму около 3 млрд. долларов. Характерной тенденцией этого сегмента рынка шин последнего времени стало сближение интересов производителей новых и восстановленных шин. Это проявляется в открытии ведущими шинными компаниями, такими как Goodyear, Michelin, Bridgestone, и некоторыми другими собственными отделений по восстановительному ремонту «своих» шин. В конструкцию и материалы новых шин уже на стадии их проектирования закладывается возможность многократного восстановления. Огромный потенциал научно-исследовательских центров этих компаний распространяется теперь и на разработку новых материалов и технологий шиноремонта. Возможно, это позволит в ближайшем будущем создать высокорентабельную технологию восстановления легковых шин наравне с грузовыми и повысить отбор шин, пригодных к восстановительному ремонту.

Кроме прямой заинтересованности потребителя восстановление шин имеет и другие преимущества, способные принести уже в недалеком будущем значительный экономический эффект. Во-первых, восстановление шин - чрезвычайно дружелюбно окружающей среде. Ежегодно только в США списывается из эксплуатации 235 млн легковых шин, 42 млн грузовых и 3 млн авиационных и других шин. Если предположить возможность восстановления хотя бы 40% из них, то это буквально очистит землю от почти 11 млн загрязняющих ее шин. Во-вторых, при использовании восстановленной легковой шины экономится в среднем 17 литров сырой нефти, которые должны быть израсходованы на производство новой шины. Для грузовых шин экономия составляет более 52 литров сырой нефти.

Это означает также, что будет существенно меньше сожжено шин (наиболее распространенная практика «утилизации» списанных шин) и соответственно уменьшится загрязнение окружающей среды вредными продуктами горения резины. Так что восстановленная шина по праву может называться «зеленой» шиной. Учитывая глобальную значимость экономии топливных ресурсов и защиты окружающей среды, представляется вероятной поддержка малорентабельного бизнеса по восстановлению легковых шин правительствами заинтересованных государств.

Рынок шин - один из важнейших товарных рынков не только химического комплекса России, но и для всей экономики страны. В СССР выпускалось более 50 млн шин в год. В 1995 году было произведено около 45 млн штук, т.е. сокращение производства оказалось сравнительно незначительным. В 2016 году производство шин в России составило около 29

млн штук, что менее 65% от уровня 1995 года. В дальнейшие годы российский рынок шин имел достаточно стабильную тенденцию к росту, чему способствовало улучшение состояния экономики в целом. В 2017 году производство шин составило около 42,5 млн штук, или на 5% больше, чем в 2016 году, в том числе грузовых шин 11,8 млн шт. (рост 7%), легковых шин 28,1 млн шт. (рост 4%). Совокупный импорт шин составил 15 млн шт., или на 25% больше, чем в 2006 году, в том числе легковых шин 13,3 млн шт. (рост 23,%). В целом объем продаж легковых шин в 2017 году вырос до 38,5 млн шт. (рост на 10,3%).

Несмотря на очевидную нестабильность отечественной шинной промышленности, в ее развитии прослеживаются несколько основных тенденций. Во-первых, происходит перераспределение структуры парка выпускаемых шин в сторону значительного увеличения легковых шин. Общее количество автомобилистов за последние годы выросло в стране в десятки раз. По данным Pricewaterhouse Coopers, только в 2016 году продажи легковых автомобилей в России выросли почти на 20%, до 2,06 млн шт. В том же году, по данным Ассоциации европейского бизнеса, в РФ продано более миллиона иномарок, владельцы которых предпочитают ездить на высококачественных современных шинах.

Вторая тенденция - развитие производства грузовых цельнометаллокордных (ЦМК) шин. Единственный в России изготовитель шин ЦМК ОАО «СИБУР-Русские шины самый крупный производитель шин в Восточной Европе (около 30% шин, выпускаемых в РФ). «Ярославский шинный завод» этого холдинга, выпускающий ~ 200,0 тыс. шт. ЦМК шин в год, осуществляет капитальную модернизацию их производства и планирует довести выпуск шин нового поколения до 1,0 млн. штук в год. Уровень качества этих шин не будет уступать шинам передовых европейских фирм. В 2017 - 2018 г.г. будет введено в эксплуатацию производство шин ЦМК современных конструкций на ОАО «Нижекамскшина» (совместно с фирмой «Континенталь») с объемом производства ~ 600,0 тыс. шт./год.

Другая тенденция заключается в расширении прямой конкуренции российских и западных шинных компаний на отечественном рынке. Шины почти любого западного производителя в широком ассортименте типоразмеров и цен доступны сегодня повсеместно. Ведущие зарубежные компании производят шины на территории страны самостоятельно или в рамках совместных предприятий. За 2016 год местный завод Michelin увеличил выпуск шин на 43,1%, до 1,3 млн шт., а производство российского завода Nokian Tyres выросло с 290 тыс. шт. в 2015 году до 1,9 млн шт. в 2016 году. При этом компания недавно заявила, что к 2018 году ее российский завод будет производить 10 млн шт. в год. Объем продаж шин этой фирмы в России в 2017 году, включая импорт, достиг 3,45 млн шт., шин фирмы Michelin - 2,45 млн шт.

Наряду с положительным эффектом увеличения на Российском рынке количества высокоэффективных современных шин имеет место и негативная для потребителя сторона. Происходит постепенное вымывание с рынка относительно дешевых шин. По данным экспертов, в 2017 году дорогой

сегмент «А» вырос с 7,4 млн шт. (в 2016 году) до 10,7 млн шт. В то же время самый дешевый сегмент «С» «похудел» с 23,3 до 21,9 млн шт.

На этом фоне возрастает интерес к применению на транспорте восстановленных шин. Эффективность восстановленных грузовых шин определяется теми же закономерностями в России, что и на Западе. Эксперты специализированного шинного журнала «Tyres & Accessories» (2016 г. 21 апр.) отмечают удвоение производства восстановленных грузовых шин в России в течение 2016 года. В 2017 году для удовлетворения потребности рынка в таких шинах их производство увеличивается, примерно еще в 3 раза (со 100 до 300 тыс. шин в год). Возможно, реальные цифры потребности рынка в восстановленных шинах еще выше. В отличие от Запада, уровень востребованности восстановленных легковых шин известных зарубежных производителей, таких как Michelin, Goodyear, Continental, в России очень высок, поскольку разница в цене новых и восстановленных зарубежных шин остается привлекательной для покупателей. Таким образом, бизнес по восстановительному ремонту шин в России выглядит еще более привлекательным, чем на Западе. Развитие восстановительного ремонта шин особенно актуально в периоды экономических кризисов, когда большинство шинных заводов вынуждены сокращать производство новых шин, и повторное использование изношенных покрышек становится одним из наиболее эффективных и реальных путей удовлетворения рыночного спроса.

Фактический выпуск шин, изготовленных предприятиями России за первый квартал 2017 года, повысился по сравнению с аналогичным периодом 2016 года на 69,7% и составил 5805,2 тыс. шт. (рисунок 1). При этом производство легковых шин в стране выросло на 76,3%, легко-грузовых - на 29,0%, сельскохозяйственных (включая индустриальные шины) на 59,4%. На 89,4% повысился выпуск грузовых шин, на 82,9%-мотошин (рисунок 2 - 5).

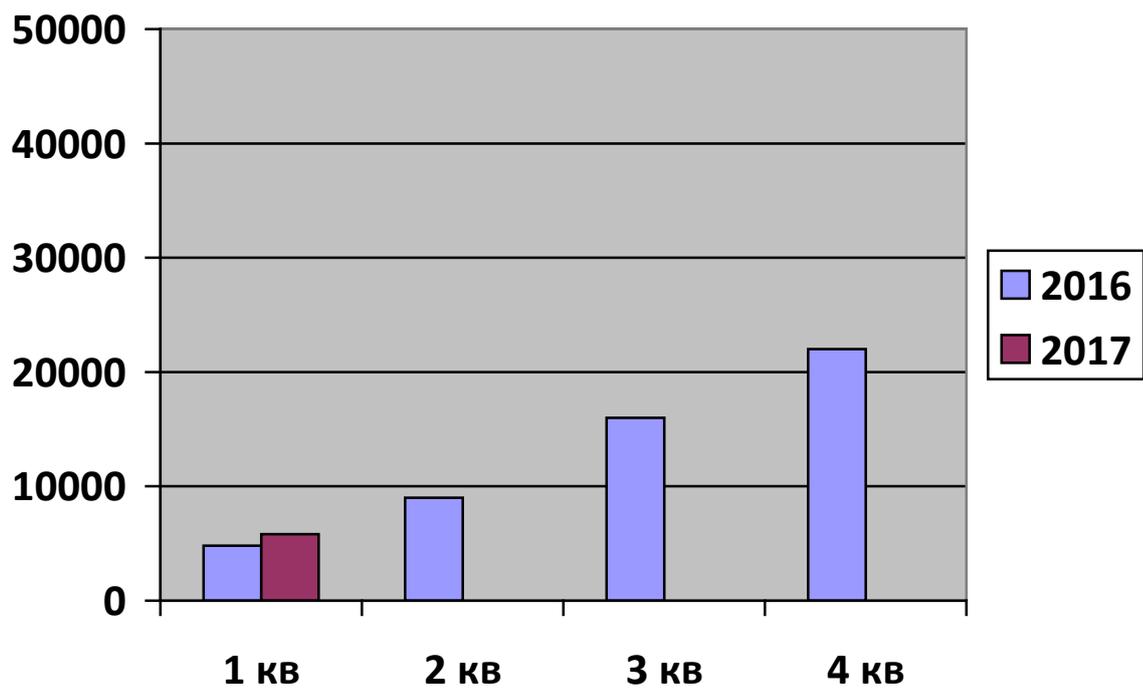


Рисунок 1 – Динамика производства шин предприятиями России

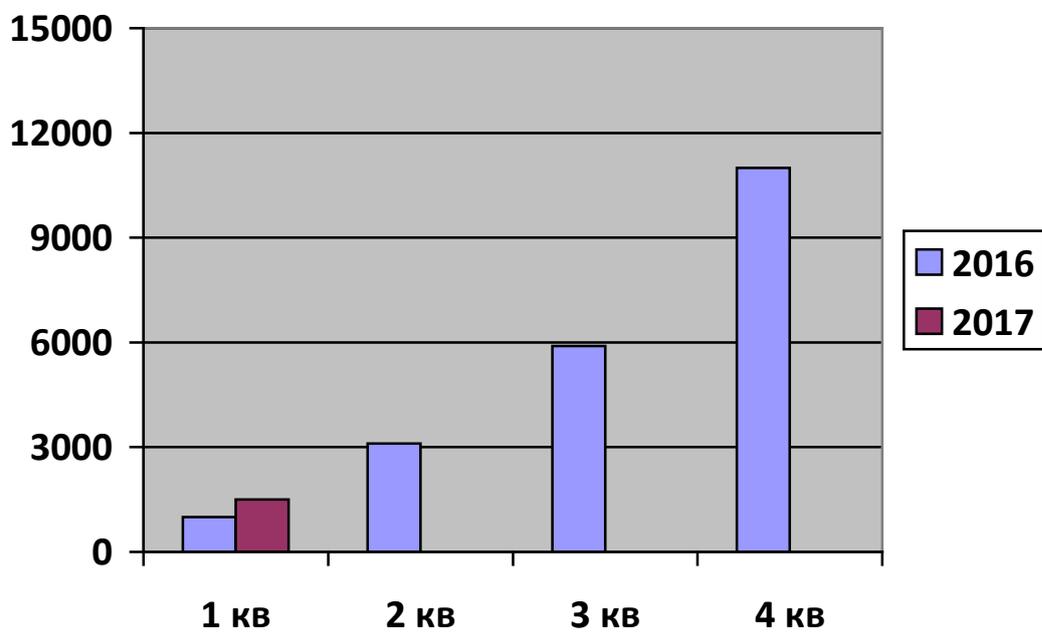


Рисунок 2 – Динамика производства грузовых и легко-грузовых шин предприятиями России

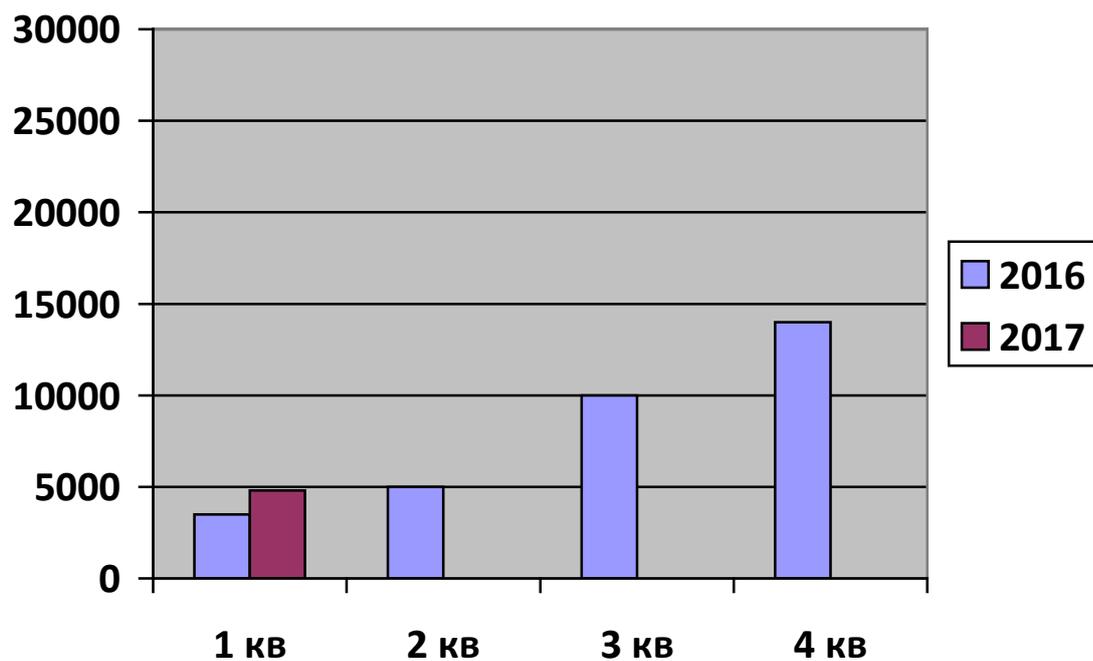


Рисунок 3 - Динамика производства легковых шин предприятиями России

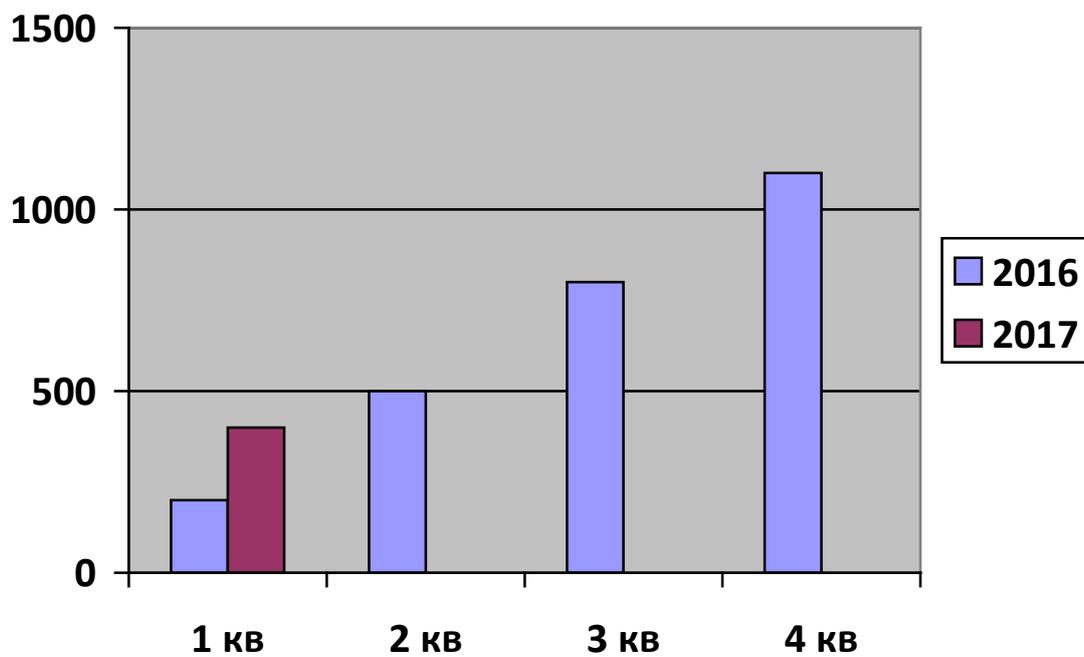


Рисунок 4 - Динамика производства сельхозшин предприятиями России

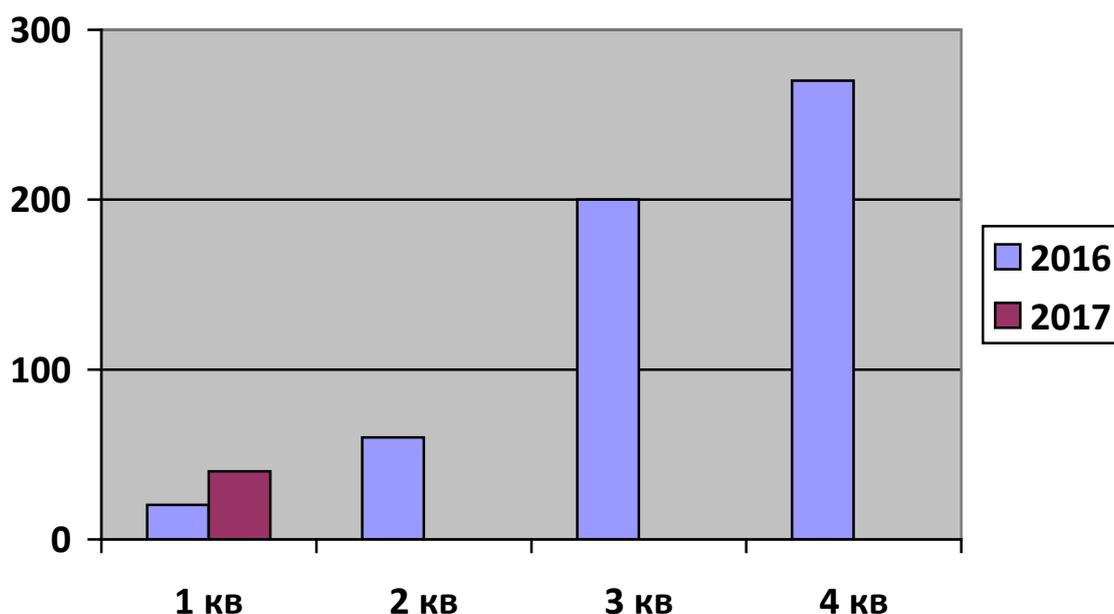


Рисунок 5– Динамика производства для мотоциклов предприятиями России

В связи с этим следует отметить некоторые изменения структуры производства шин в стране. Удельный вес грузовых шин в общем объеме выпуска шин за анализируемый период увеличился на 1,52% и составил 14,52%, легковых шин - с 64,89 до 67,58 (увеличение на 2,69%). Снизилась доля легко грузовых шин на 3,72% (с 15,5 до 11,83). Доля сельскохозяйственных и мотошин изменилась незначительно - на 0,35% (снизилась) и на 0,5% (увеличилась), соответственно.

В период с января по 2017 года ОАО «Алтайский шинный комбинат» выпустило 297,2 тыс. шт. шин (рисунок 6), в то время как, за тот же период 2016 года было изготовлено 213,9 тысяч (повышение выпуска шин на 38,9%).

В ОАО «Волгайр» объем производства шин за анализируемый период вырос на 78,3% (рисунок 7), в том числе грузовых - на 21,1%, легковых- на 120,4, легко-грузовых на 21,1% и сельскохозяйственных шин на 93,5% (с 80,0 тыс. шт. за 1 квартал 2016 года до 154,7 тыс. шин за аналогичный период 2017 года).

В ООО «Амтел-Черноземье» выпуск шин за анализируемый период увеличился практически в два раза и составил в первом квартале 2010 года 303,4 тыс. шт. шин (рисунок 8). Фактическое повышение в сравнении с аналогичным периодом 2009 года составляет 119,4%. При этом наблюдается резкое увеличение объема выпуска легковых шин (на 124,0%). Производство сельскохозяйственных, грузовых шин практически прекращено.

Так, в первом квартале 2017 года выпущено всего 0,8 тыс. шт. грузовых шин, 1,6 тыс.шт. сельскохозяйственных шин. Практически прекращен легко

грузовых шин (для сравнения за 4 квартала 2016 году выпуск составлял 269,7 тыс. шин).

ОАО ШК «Амтел-Поволжье» также значительно повысило годовой объем производства шин (рисунок 9). Выпуск шин за первый квартал 2017 года составил 871,6 тыс. шт., что на 384,0% больше объема выпуска шин аналогичного периода прошлого года. Снижение выпуска грузовых шин на 9,6% (до уровня 22,6 тыс. шт.), легко грузовых шин на 23,0% (до уровня 127,7 тыс.шт.) происходило при одновременном увеличении производства легковых шин на 156,7% ( до уровня 700,1 тыс.шт.), сельскохозяйственных на 80,0% (до уровня 7,2 тыс. шт.), мотоцилов - на 129,5%.

В 2017 году в ОАО «Красноярский шинный завод» выпуск шин не проводился (рисунок 10).

ОАО «Московский шинный завод» также прекратил выпуск шин (рисунок 11).

ОАО «Нижекамскшина» в первом квартале 2017 года также увеличило суммарный объем производства шин. В прошедшем 2016 году за период с января по март было изготовлено 1505,0 тыс. шт., что на 64,8% меньше, аналогичного периода текущего года). При этом предприятием выпущено 435,8 тыс. грузовых шин (повышение на 127,5%), 297,9 тысячи легко грузовых шин (увеличение выпуска на 42,9%), 1689,6 тыс. легковых шин (повышение на 56,7%), 52,0 тысячи сельскохозяйственных (увеличение - 114,9%), 5,4 тысячи мотоцилов (повышение - 92,9%) (рисунок 12).

За первый квартал 2017 года ЗАО «Петрошина» снизило общий выпуск шин на 10,9% (рисунок 13). За рассматриваемый период на предприятии изготовлено 41,0 тыс. шт., (за 2016 год - 46,0 тыс. шин).

В ОАО «Омскшина» выпуск шин увеличился на 84,0% (рисунок 14). При этом выпуск грузовых шин - на 80,3%, (205,7 тыс. шт.), легко грузовых шин на 137,7%, шин для сельскохозяйственной техники на 120,8% (5,6 тыс. шин) по сравнению с показателями начала 2016 года.

В СП «Матадор-Омскшина», выпускающем шины только для легковых и легко грузовых автомобилей, объем производства также повысился. В рассматриваемый период 2017 года изготовлено 82,9 тысяч легкогрузовых шин (повышение 217,6%) и легковых шин 533,1 тысяч штук, что на 43% больше первого квартала предыдущего 2016 года.

В рассматриваемый период в ОАО «Уралшина» шины не изготавливались (рисунок 15). Аналогичная картина наблюдалась в первом квартале прошлого года.

Выпуск шин в ОАО «Ярославский шинный завод» увеличился по сравнению с первым кварталом 2016 года на 98,6% и составил по итогам первого квартала 2017 года 724,4,0 тыс. шин (рисунок 16). Данные о фактическом выпуске шин в ОАО «Ярославский шинный завод» также указывают на резкое увеличение производства шин всех рассматриваемых групп. Уровень выпуска грузовых шин (49,7 тыс. шт. в 2017 г. и 16,1 тыс. шин в 2016 году). При этом следует отметить значительное повышение выпуска легко

грузовых (на 111,8%), легковых шин ( на 91,9%) при практическом сохранении производства сельскохозяйственных шин на уровне 0,4 тыс. шт.

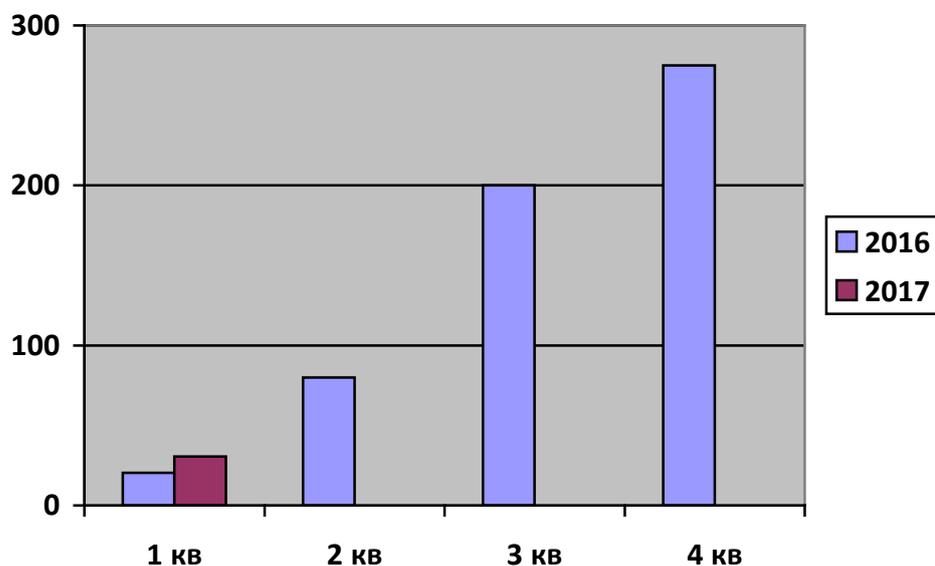


Рисунок 6 – Производство шин на ОАО «Алтайский шинный комбинат»

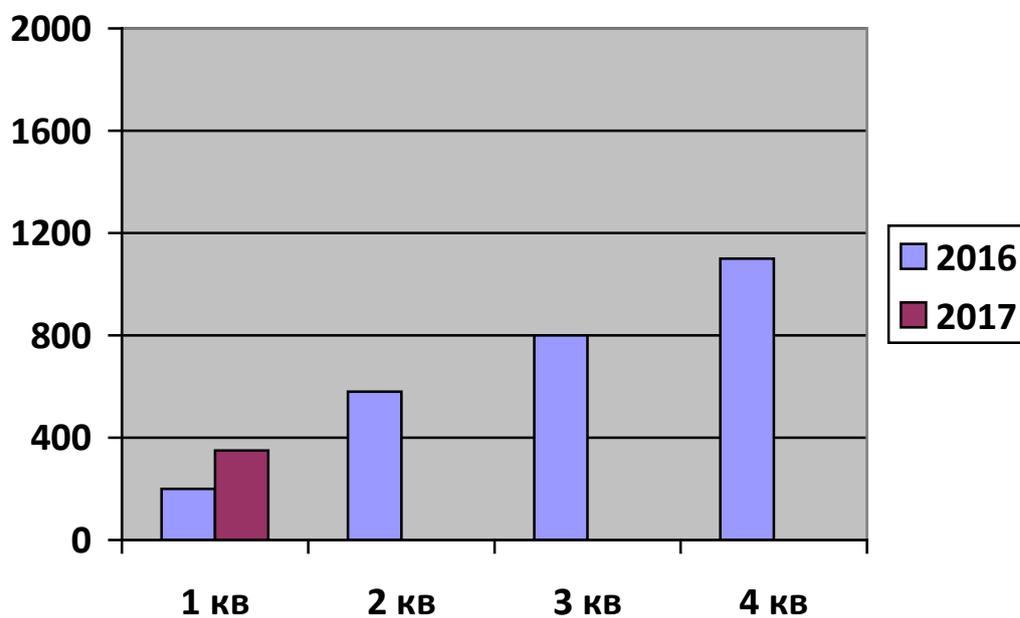


Рисунок 7 - Производство шин на ОАО «Волтайр»

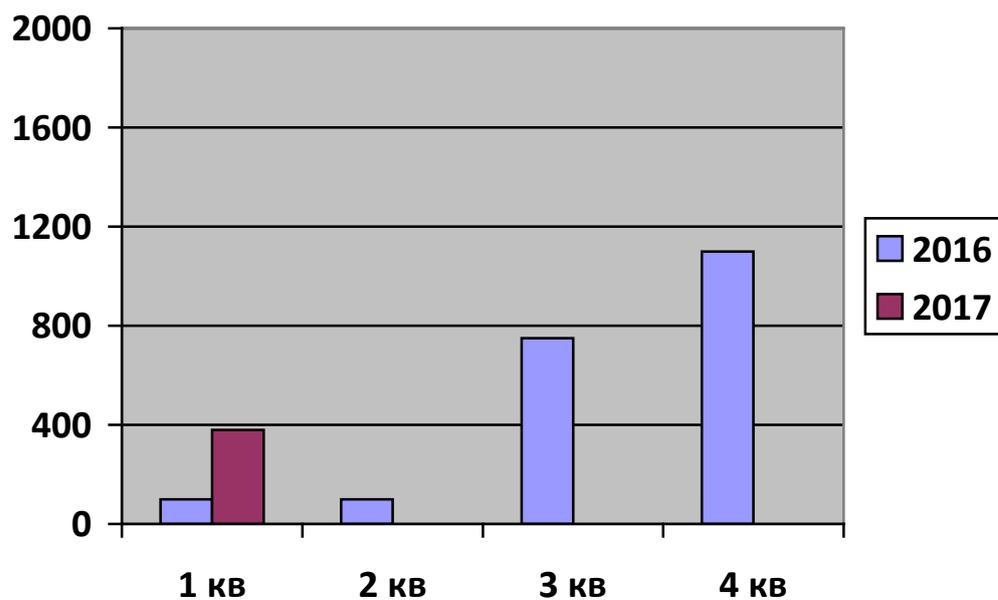


Рисунок 8 – Производство шин ОАО ШК «Амтел-Черноземье»

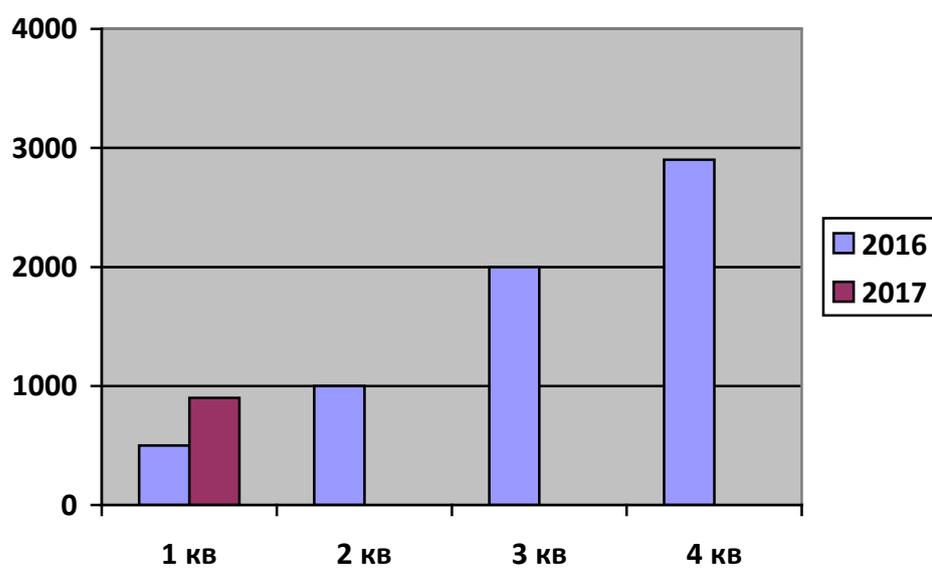


Рисунок 9 - Производство шин ОАО ШК «Амтел-Поволжье»

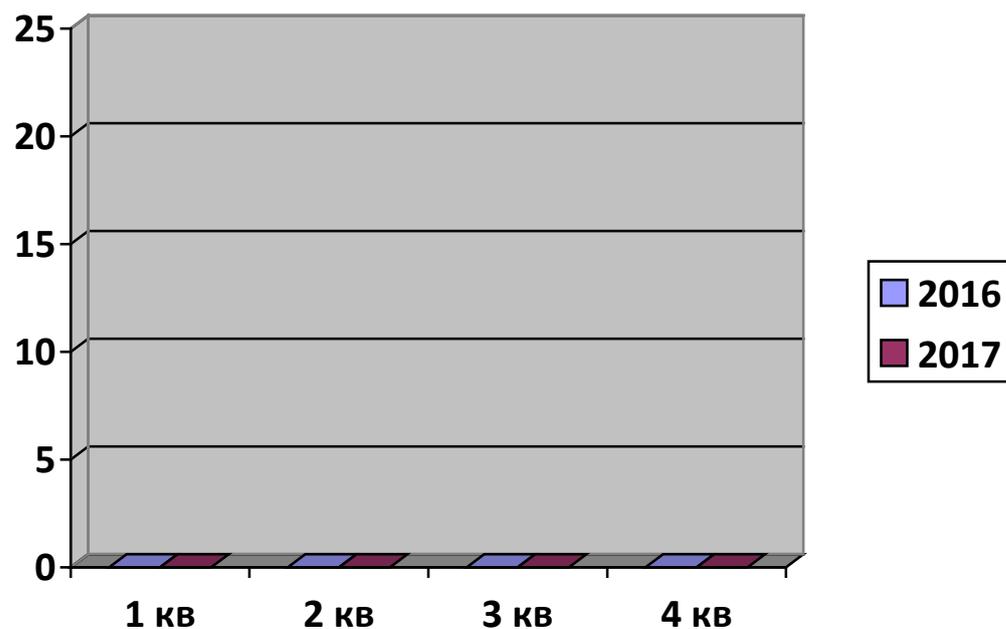


Рисунок 10 – Производство шин на ОАО «Красноярский шинный завод»

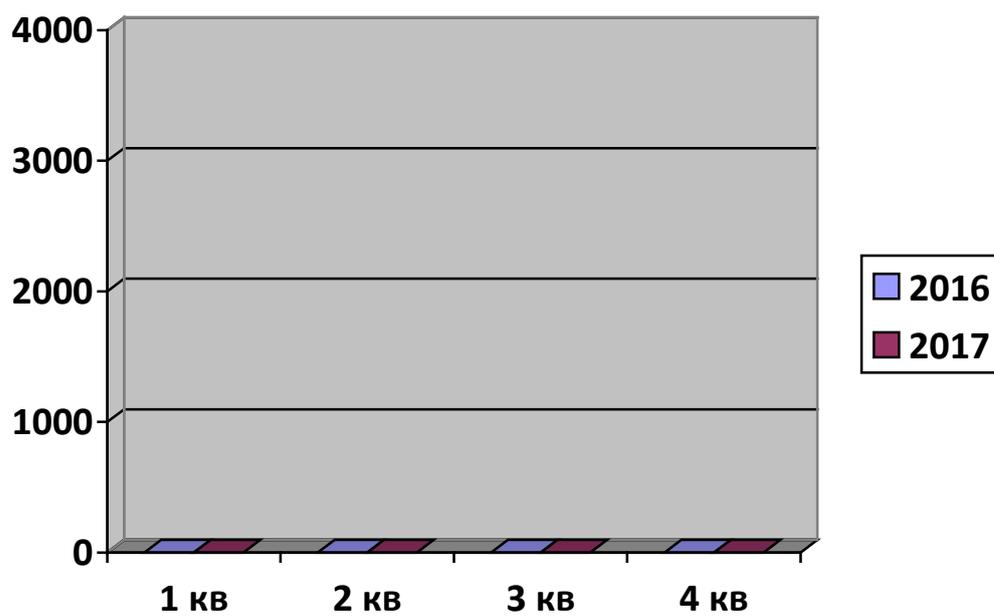


Рисунок 11 – Производство шин на ОАО «Московский шинный завод»

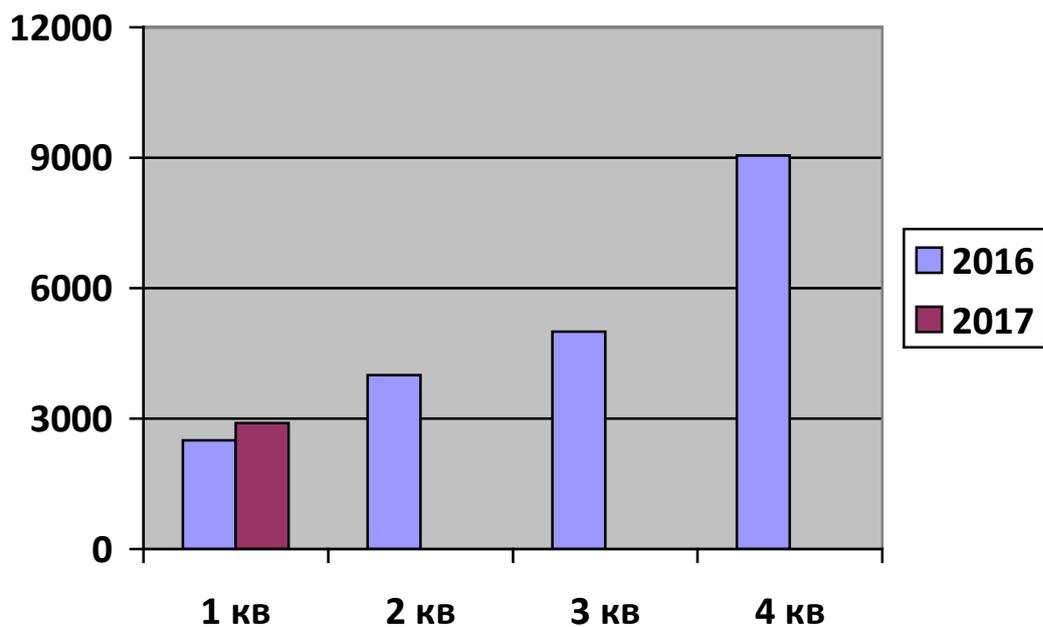


Рисунок 12 – Производство шин на ОАО «Нижнекамскшина»

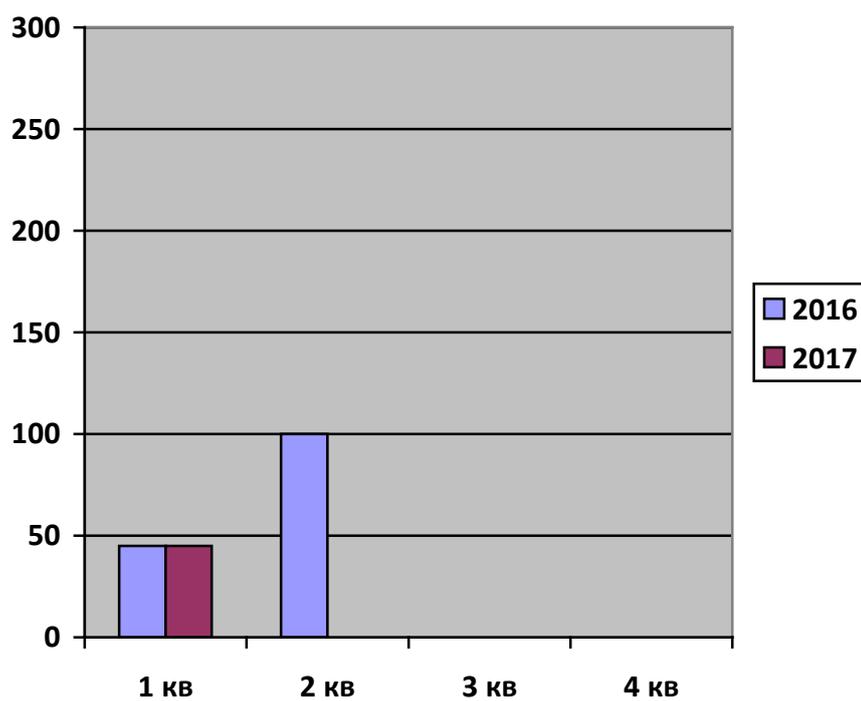


Рисунок 13 – Производство шин на ЗАО «Петрошина»

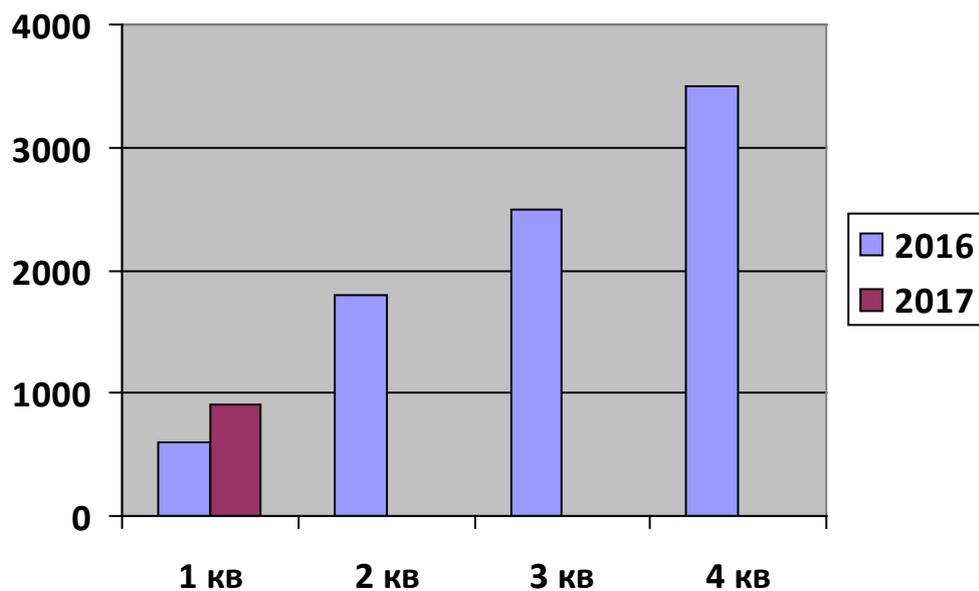


Рисунок 14 – Производство шин на ОАО «Омкшина»

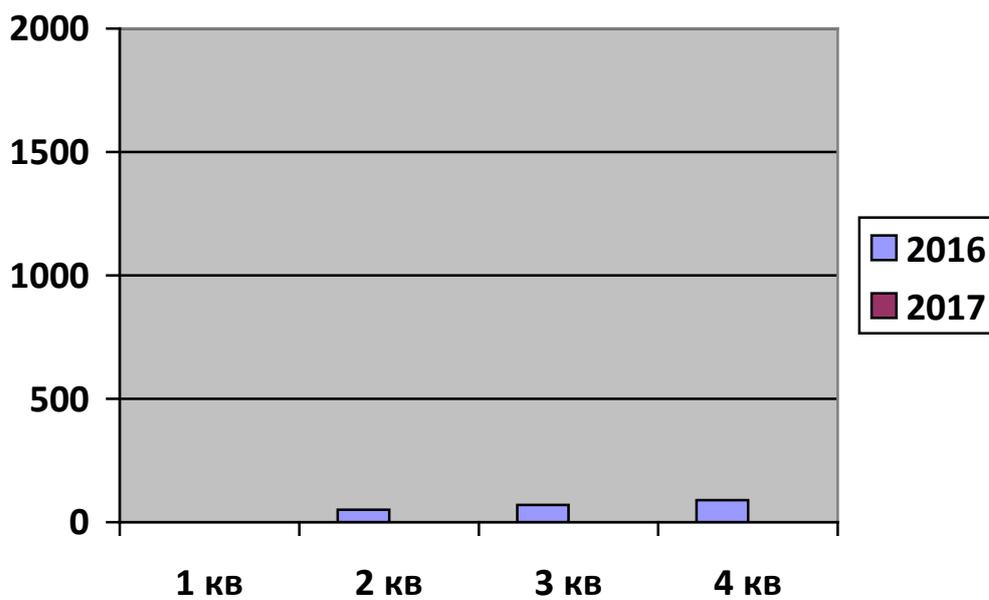


Рисунок 15 – Производство шин на ОАО «Уралшина»

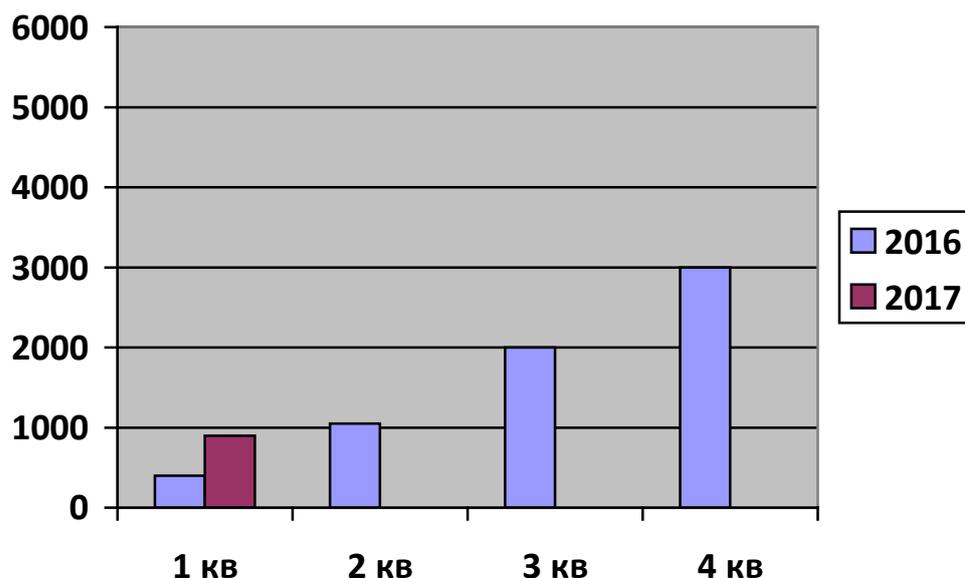


Рисунок 16 – Производство шин на ОАО «Ярославский шинный завод»

По имеющейся информации в рассматриваемый период отмечается некоторое повышение производства шин зарубежными фирмами, выпускающими шины на территории Российской Федерации.

## 1.2 Автопокрышки как источник загрязнения окружающей среды

Изношенные автомобильные покрышки - это крупнотоннажный источник загрязнения окружающей среды, практически не подверженный естественному разложению. Проблема утилизации автопокрышек в нашей стране затрагивает многие предприятия промышленного и сельскохозяйственного назначения, а также автосервисы и шиномонтажные мастерские.

Долгое время практически для всех стран в порядке вещей было то, что по истечении срока эксплуатации, шины выбрасывались на свалку. Число использованных шин, переданных на свалку после их выхода из строя, существенно сокращалось по мере того, как повышалось осознание обществом экологических проблем и необходимости создания целого ряда рециркуляционных предприятий. Целесообразно иметь полный комплекс взаимосвязанных действий по обеспечению надлежащего сбора, сортировки, декомплектации, переработки, восстановления и утилизации бывших в употреблении промышленных отходов, в том числе и шин.

Парламенты ряда стран мира обсуждают или уже приняли законы, регламентирующие практику сбора, а также утилизации промышленных и бытовых отходов. В этих законодательных актах определяется степень экономической и социальной ответственности фирм и компаний-изготовителей продукции после использования ее в эксплуатации или потреблении. К такой

продукции относятся и шины, представляющие опасность для окружающей среды.

Первой страной ЕС, в которой принят соответствующий национальный закон, стала Голландия. Принятие таких законов ставит перед компаниями-изготовителями проблему создания экологически ориентированных элементов, решение которой предполагает удешевление и облегчение демонтажных и разборочных операций, использование легко утилизируемых материалов и компонентов.

В настоящее время в США 75 % элементной базы изношенных или поврежденных автомобилей (по общей массе) подвергается утилизации, а 25 % - уничтожению. По прогнозам к 2018 г. это соотношение будет 95 и 5 % соответственно. Необходимо отметить, что рациональное решение сбора и утилизации отходов требует значительных затрат, которые могут превысить выгоды, получаемые при утилизации отходов. Однако всегда следует учитывать получаемый при этом экологический эффект.

Специалисты в области шин установили, что к концу теперь уже прошлого века в ведущих автомобильных странах число использованных и затем выброшенных шин составило менее 5 %.

Утилизация отработанных колес выполняется в самых развитых странах Европы с 70 годов прошлого века. Россия же столкнулась с этой проблемой только в 2000 году, так как уровень автомобилизации россиян достиг высокого уровня. В высокоразвитых странах Европы перерабатывается 70-100% всех отработанных шин. За границей серьезно относятся к проблемам экологии. Утилизация для автомобильных покрышек выполняется уже на протяжении многих лет специальными компаниями, которые уже имеют опыт работы в данной сфере. На утилизацию для автопокрышек государствами многих развитых стран выделяются большие бюджеты, так как этот вид резиновых отходов является самым многотоннажным. Как обеспечивается переработка резины в нашей стране? Для этого в городах работают локальные пункты приема утильсырья. В них можно сдать свои старые автопокрышки. Российские показатели в сравнении с европейскими выглядят крайне скудно. Утилизация покрышек в нашей стране выполняется только на 15-17%. Отработанный материал в размере 20% сжигается, а оставшийся объем 60-63% подлежит захоронению на специальных полигонах. Подобные захоронения являются местами размножения грызунов и различных насекомых, которые являются первыми распространителями заболеваний и эпидемий. При таком способе утилизации как захоронение теряются важные вторичные ресурсы, поэтому переработка резины является важным процессом.

Ежегодно только в России скапливается свыше 1 млн. тонн изношенных автомобильных шин. В России предприятия, специализирующиеся на работах по восстановлению шин, практически прекратили работу. Большинство грузовых и легковых шин, поступивших в автопарки и к индивидуальным владельцам являются новыми, в связи с чем рост шинных свалок происходит достаточно интенсивно. Выбрасывая миллионы тонн изношенных шин, предприятия не только загрязняют окружающую среду. Впустую тратятся

миллионы тонн энергетических и сырьевых ресурсов, которые могли бы быть использованы для полезных целей.

Действительно, экономическая составляющая этой проблемы очень весома. Чтобы избавиться от изношенных шин, нужны немалые средства. Перспектива здесь кроется в том, что потребность хозяйства в природных ресурсах непрерывно растёт, а сырьё для производства авторезины становится всё более ограниченным и дорогим, поэтому и потенциальные возможности использования материалов, получаемых из утилизируемых шин, очень широки. Достаточно сказать, что с помощью инновационных технологий переработки они могут стать и заменителем дорогого первичного сырья, и исходным материалом для производства высококачественных продуктов. Поэтому специалисты считают, что успешное решение проблемы утилизации использованных шин в том, чтобы при их переработке получать ценные материалы и возвращать их в производственный цикл. И каждая страна эту проблему решает по-своему.

В настоящее время проводится множество исследований, направленных на поиски новых методов рециркуляции использованных шин, протекторы которых не подлежат восстановлению. Так, шины могут быть ценным источником топлива. Энергетический потенциал шин средний между углем и нефтепродуктами.

Бывшие в употреблении шины, покрышки – наиболее массовые и крупнотоннажные отходы потребления резиновых и резинотехнических изделий. Они представляют собой ценное вторичное сырьё, содержащее 45-52% натурального каучука, 25-35% технического углерода, 10-15% высококачественного металла.

Объемы производства шин, покрышек, камер автомобильных в Российской Федерации за период 2014-2017 гг. по данным Росстата выросли на 10% (таблица 7). В 2017 году произведено 56 371,1 млн. штук шин, покрышек, камер резиновых новых. Импорт шин и покрышек наоборот, имеет тенденцию к сокращению: с 27,26 млн. штук в 2014 году, до 22,78 и 15,7 млн. штук соответственно в 2015 и 2016 годах. Наиболее серьезно сократились объемы импорта в 2017 году – более, чем на 30% по отношению к 2016 г., что связано с девальвацией рубля, а также рядом мер, предпринятых государством.

Крупнейшие производители шин в России — Nokian (произведено почти 11 миллионов легковых покрышек в 2017 году), Нижнекамский шинный завод (почти 8 миллионов) и Pirelli (7,5 миллиона). Почти половина произведенных в России легковых шин и покрышек направляется на экспорт.

Согласно статистической форме 2-ТП (отходы) в 2017 году на территории Российской Федерации образовано субъектами статистического учета 90,349 тыс. тонн отходов шин, покрышек, камер резиновых, из которых переработано (утилизировано, обезврежено) 69,929 тыс. тонн – 77,4% от объема образования.

Экспертные оценки объемов образования отходов шин и покрышек существенно превышают данные официальной статистики: масса отходов изношенных шин в России по оценкам специалистов ежегодно составляет 850 тыс. – 1 млн. тонн. При этом механическая переработка отходов шин не

превышает 10-15% и сжигается до 20% от общего количества. Оставшееся количество отходов шин (от 70 до 60%) приходится на захоронение.

Ассоциацией производителей шин, ОАО «Кордиант» и ООО «УК «Татнефть-Нефтехим», объединяющих комплекс заводов шинной индустрии, (в том числе ОАО «Нижекамскшина») отмечается, что в РФ существуют мощности по переработке шин и резинотехнических изделий, но при этом существенной проблемой является отсутствие или недостаточность спроса на продукты переработки шин. В России насчитывается свыше 35 предприятий, занимающихся утилизацией шин и покрышек, мощностью от 1 тыс. тонн отходов в год и выше. Большинство предприятий – среднего и мелкого бизнеса, ориентированные на местный/региональный рынок сырья, загружены не более чем на 50-60% от уровня проектной мощности.

В качестве основных причин низкого уровня утилизации отходов шин, покрышек в России эксперты компании «Кордиант» указывают «отсутствие спроса на продукцию переработки, высокую себестоимость технологий, отсутствие логистики сбора шин, устаревшее оборудование».

Согласно исследованиям Ассоциации «Шинэкология» и Центра международного промышленного сотрудничества ЮНИДО в РФ, ежегодно в России образуется около 1 млн. тонн изношенных шин, из которых собирается и перерабатывается около 90 тыс. тонн, то есть менее 10%, а суммарная потребность в продуктах переработки не превышает 50% общей массы перерабатываемых шин.

Перспективным направлением утилизации отходов шин и покрышек является производство резиновой крошки, объемы потребления и популярность которой в России в последние годы возрастали. По оценкам экспертов, в структуре рынка резиновой крошки преобладает продукция российских предприятий (основная часть производителей находится в Центральном федеральном округе), вместе с тем отмечается рост импорта резиновой крошки – ввозится ежегодно порядка 4,5-5 тыс. тонн, в основном из европейских стран. Объемы собственного производства резиновой крошки в Российской Федерации в 2017 году по данным Росстата составили 16,68 тыс. тонн (таблица), что на 35% больше, чем в 2012 году.

В структуре потребления резиновой крошки преобладает производство резинотехнических изделий – 36%, доля резиновых и других покрытий оценивается в 20%, шин и покрышек – в 15%. Одним из драйверов рынка резиновой крошки является возведение детских и спортивных сооружений.

Растущее потребление на рынке резиновой крошки в России увеличивается, в том числе за счет импорта. Основной проблемой отечественного производства специалисты отмечают отсутствие налаженной системы сбора использованных покрышек для последующей переработки (нестабильность в использовании всех мощностей предприятия; появление дополнительных издержек на поиск поставщиков; использование сырья разного качества, что в конечном счете сказывается и на качестве самого продукта). По данным специалистов ОАО «Кордиант», в производстве резиновой крошки в России используется всего 50-70 тысяч тонн шин.

Шины, покрышки и камеры резиновые включены в перечень товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 24.09.2015 №1886-р. В 2016 году для данной группы товаров установлен норматив утилизации, равный 15%, в 2017 году – 20%.

Запрет на захоронение отходов шин, покрышек, камер автомобильных, совместно с действием расширенной ответственности производителя в отношении таких товаров, будут способствовать формированию инфраструктуры сбора и утилизации отходов, загрузке существующих производственных мощностей. Введение запрета целесообразно с 01.01.2018г.

Из отходов шин научились получать порошок, который является частицами вулканизационной резины, получаемой дроблением. Резиновый порошок имеет широкий круг применения, начиная от возвращения его в производство и до изготовления ряда предметов, не требующих высокого качества, например, магазинные тележки, мусорные баки, тачки и т.д.

Современные шины состоят из: каучука натурального или синтетического технического углерода примесей — смолы. Доказано, что эти мелкие частицы проникают в легкие человека и становятся причиной:

- бронхиальной астмы
- аллергических реакций патогенеза
- онкологических заболеваний
- конъюнктивита

Необходимо более 100 лет, чтобы автомобильные покрышки полностью разложилась. Эту длительную сохранность обеспечивает специальный состав продукта. Во время процесса разложения выделяется около 150 различных соединений, опасных для человеческого здоровья и окружающей среды. Так как количество автомобилей растет из года в год, то соответственно и количество отработанных шин тоже увеличивается.

Однако основными источниками загрязнений являются шинная пыль и газообразные продукты, выделяющиеся из шин. На некоторых магистралях Европы ежегодно масса резиновой пыли достигает до 250 кг на каждый километр дороги, а почва в придорожных полосах содержит около 2 % резиновых частиц. Экологическая опасность усугубляется тем, что количество выделяемой в окружающую среду шинной пыли постоянно растет с увеличением количества автотранспорта. При движении автомобиля по асфальтовому или цементобетонному покрытию от шины отделяются очень маленькие частицы, которые переносятся по воздуху. Специалисты на основе данных, полученных в ходе новых исследований и опубликованных в 2017 году, пришли к выводу, что около 60 % фрагментов шин (шинной пыли) настолько малы, что они могут глубоко проникать в легкие человека, где латексная резина, содержащаяся в шинной пыли, может вызвать аллергические реакции.

Аллергические реакции на шинную пыль могут распространяться по многим причинам. В течение последних 20 лет устойчиво росло количество шин, росла пропорция латекса в шинах, а диагональная конструкция шин сменилась радиальной. Пыль, образующаяся от радиальных шин, мельче и

поэтому легче проникает в дыхательные пути и, следовательно, глубоко в легкие. По оценкам американских ученых-шинников, в результате износа шин в среднем образуется большие килограмма пыли в год от каждой шины.

В отличие от диагональных, радиальные шины являются источником более мелких, легко проникающих в дыхательные пути частиц, а процентное отношение радиальных шин выросло с 2 % в 1970 г. до 95 % в 2017 г. Таким образом, шинная пыль, выбрасываемая в настоящее время, более активно проникает в легкие, чем в предыдущие десятилетия. Предположительно, это отчасти является объяснением роста случаев заболевания астмой.

Огромное количество пыли от износа шин, оседающее на поверхности магистральных дорог и придорожных зон, оказывает пагубное воздействие, как на водителей, так и на все население. В большей степени на здоровье отрицательно влияют продукты истирания шин на дорогах в городах и пригородной зоне, где в результате износа протектора шин в атмосферу попадает большое количество пылеобразных продуктов, содержащих канцерогенные полиароматические углеводороды (ПАУ), N-нитромазины и другие вредные для организма вещества (нитропроизводные ПАУ, диаксин и др.). В таблице 1 приведены группы химических соединений, выделяющихся из шин.

Таблица 1 – Загрязняющие вещества, выделяемые из автопокрышек.

Наименование группы	Число веществ	Класс опасности
Бензопирены	14-15	1-3
N-нитрозамины	3-4	1-3
Амины алифатические и ароматические	5-8	2-3
Углеводороды алкилароматические	20-25	2-3
Углеводороды серосодержащие	5-8	2-3
Углеводороды галогеносодержащие	3-5	2-3
Фенолы	1-3	2
Альдегиды и кетоны алифатические	10-15	2-4
Спирты и кислоты алифатические	3-6	2-4
Эфиры алкилароматические	3-6	2-4
Олигомеры	1-3	2-4
Углеводороды алифатические непредельные	15-18	3-4
Углеводороды алифатические насыщенные	25-30	4
Другие	5-10	2-4

В таблице 2 представлены относительные концентрации ПАУ шинных протекторных резин в сравнении с профилями этих веществ в выхлопе карбюраторных и дизельных двигателей. Видно, что профиль ПАУ шин имеет характерные отличия от профилей ПАУ выхлопа дизельного двигателя и бензинового двигателя, хотя относительные концентрации отдельных веществ, профилей ПАУ шин и выхлопа совпадают.

Таблица 2 - Относительные концентрации ПАУ, %.

Вещество	Класс опасности	Шины	Выхлоп карбюраторного двигателя	Выхлоп дизельного двигателя
1	2	3	4	5
Фенантрен	III	22,22-44,42	-	35,8
Флуорантен	III	8,89 - 44,42	9,9 - 75,6	23,3
Пирен	III	2,13 - 4,44	13,8 - 14,3	22,5
Перилен	III	0,20 - 1,06	0,3	0,2
Бенз(а)антрацен	IIA	0,36 - 1,11	1,1 - 7,4	0,9 - 4,0
Хризен	III	2,26 - 3,11	4,4 - 15,2	2,6
Бенз(к)флуорантен	IIIB	0,93 - 1,35	9,1	1,0-1,1
Бенз(б)флуорантен	IIIB	2,41 - 7,89	1,4-7,4	-
Бенз(а)пирен	III	1,17 - 2,13	1,5 - 2,6	4,9
Дибенз(а,h)антрацен	IIA	0,14 - 0,35	0,6	0,6
Дибенз(а,с)антрацен	III	0,28 - 1,28	-	-
Коронен	III	0,14 - 0,38	1,0	0,1
Антрацен	III	-	-	0,1 - 1,5

Как показывают результаты химического анализа и расчеты вклад шин в выделение ПАУ даже более значителен (55-60%), чем выхлопных газов. ПАУ не отличаются высокой летучестью или растворимостью в воде, но их миграция в окружающую среду облегчается под воздействием повышенных температур, возникающих в материалах шины при эксплуатации, а также в результате износа.

Установлено, что высокая экологическая опасность шин обусловлена, с одной стороны, токсическими свойствами применяемых при их изготовлении материалов и содержащихся в них примесей, с другой стороны – свойствами более ста видов химических веществ, образующихся в процессе вулканизации резин и выделяющихся в окружающую среду при эксплуатации, обслуживании и хранении шин. Все они обладают токсическими свойствами, но наиболее опасны выделяющиеся из шин канцерогены: бенз(а)пирен и другие полиароматические углеводороды (в шинах обнаружено 15 соединений этого класса из 18 известных) а также N-нитрозамины (обнаружено 4 вида этих веществ из 12 известных). Все эти вещества входят в список сильнейших токсикантов, утвержденный Международной организацией по исследованию рака (IARC) и Агентством по охране окружающей среды.

Таким образом, воздействию канцерогенных веществ подвергается широкий контингент населения, а не только персонал, непосредственно занятый в производстве, обслуживании и ремонте шин. В связи с этим, возникает целый круг вопросов, относящихся к защите от подобных воздействий как в рабочей зоне производственных и ремонтных предприятий, так и от выбросов канцерогенных веществ в воздухе населенных пунктов. Особое внимание в этой связи следует уделять проблеме оценки и повышению экологической безопасности шин, поступающих на комплектацию автомобилей, в торговую сеть и шин, находящихся в эксплуатации.

За последние годы западные компании и государственные структуры добились качественного улучшения в решении проблемы - “Шины и экология”.

Англия, Германия, Голландия, Дания, Канада, США, Швейцария ввели национальные нормы содержания N - нитрозаминов в резиновых изделиях.

Во всех западных странах созданы разветвленные сети сервисного обслуживания шин для уменьшения интенсивности их износа и загрязнения городов и придорожных полос, снижения аварийности и продления срока службы (тем самым уменьшения шинных свалок).

Работы по ликвидации негативных воздействий шинной продукции на окружающую среду и население ведутся в соответствии с Международными экологическими стандартами серии ISO 14000. С учетом перспективы введения этих стандартов на территории России и СНГ очевидна актуальность экологических испытаний и экологической сертификации шин, эксплуатируемых в черте мегаполисов России и СНГ. Результатом анализа экологического воздействия шин на окружающую среду и человека в течение всего "жизненного цикла" шин (ISO 14040) должна стать экологическая сертификация шин (ISO 14060) и экологический контроль (ISO 14010) на автотранспортных и шиноремонтных предприятиях, а также на заводах изготовителях шин (ISO 14001).

Динамичный рост парка автомобилей во всех развитых странах мира приводит к постоянному накоплению изношенных шин. Шины, выходящие из эксплуатации, являются одним из самых массовых полимерных отходов потребления.

Использование изношенных шин – весьма рискованное дело. До недавних пор этот вид деятельности никак не стимулировался государством. При этом для его открытия необходимо приобрести дорогостоящее оборудование, а также найти рынок сбыта готового сырья. Обычно оборудование для предприятий изготавливают на заказ, по техническому заданию завода. Ждать его приходится от 1,5 до 6 месяцев. Обработка грузовых шин требует использования иного оборудования, в отличие от легковых. Это объясняется тем, что шины грузового транспорта характеризуются смешанным типом корда с высоким содержанием текстиля, а также с диагональным кордом. Это влияет на качество образующейся сырьевых, а также производительность оборудования. Переработка грузовых шин более трудоемкий процесс из-за наличия огромного количества текстиля в готовом сырье.

Ежегодно возрастающее количество изношенных шин вынудило в рамках Европейского Сообщества разработать программу, в соответствии с которой решаются следующие задачи:

- снизить на 10% расчетное количество шин;
- увеличить долю шин с восстановленным протектором до 25-30%;
- увеличить долю переработанных шин с получением резиновой крошки до 60%;
- прекратить вывоз шин на свалки.

Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды:

- шины не подвергаются биологическому разложению;

- они огнеопасны и в случае возгорания, погасить их достаточно трудно, а при горении в воздух выбрасываются вредные продукты сгорания и в том числе канцерогены;

- при складировании они служат идеальным местом для размножения грызунов и кровососущих насекомых, переносчиков инфекционных заболеваний.

Также в нашей стране четко выражена проблема самого сбора сырья, подлежащего переработке. Иногда предприятиям приходится своими силами собирать и транспортировать материал для его последующего использования или уничтожения. Таким образом захоронение старых покрышек в России требует значительных затрат. Сегодня сбор автошин пунктами приема вторичных ресурсов нашей стране менее актуален, чем сбор пластиковой тары или макулатуры. В некоторых развитых и развивающихся странах введен денежный сбор на утилизацию старых шин при продаже нового изделия. Затем этот сбор перечисляют предприятиям, которые занимаются дальнейшей переработкой. Введение подобного сбора в нашей стране сыграло бы значительную роль в развитии и продвижении этого нового и перспективного бизнеса. Важно найти покупателя сырья поближе к самому заводу, что бы снизить затраты на транспортировку готовой продукции. Спрос на это вторсырье стабилен, но производство и транспортировка не из дешевых.

Утилизация отработанных покрышек одна из самых наболевших экологических проблем нашего времени. При сжигании шин образуется широкая гамма токсичных соединений. Кроме того образуются такие вредные вещества, как монооксид и диоксид углерода, окислы серы и сажа. Дело в том, что изношенные покрышки представляют собой довольно ценное полимерное сырье: в 1 тонне шин содержится около 700 килограммов резины, которая может быть повторно использована для производства топлива, резинотехнических изделий и материалов строительного назначения. В то же время, если сжечь 1 тонну изношенных шин, то в атмосферу выделяется 270 кг сажи и 450 кг токсичных газов.

Выброшенные на свалку или закопанные шины разлагаются в естественных условиях не менее ста лет. Контакт покрышек с дождевыми осадками и грунтовыми водами приводит к вымыванию целого ряда токсичных органических соединений: дифениламина, дибутилфталата, фенантрена и прочих канцерогенных соединений.

Из многомиллионного количества изношенных шин только 23% покрышек находят применение сжигание с целью получения энергии, механическое размельчение для покрытия дорог и так далее. Остальные 77% использованных автопокрышек никак не утилизируются, ввиду отсутствия рентабельного способа утилизации. Изношенные шины образуются и накапливаются в автохозяйствах, промышленных предприятиях, предприятиях шиномонтажа и автосервиса, а также в частном секторе. Во многих индустриальных странах имеются методы и программы, нацеленные на поддержку сбора и переработки отработанных покрышек.

Утилизацией резины, в том числе шин, занимаются с тех пор, как только начали её использовать в промышленности. В 1910 году натуральный каучук стоил столько же сколько серебро, что способствовало многократному использованию этого материала в новых изделиях. В то время содержание вторичного каучука в резиновых изделиях составляло более 50%. В 60-х годах содержание переработанной резины в промышленных изделиях снизилось до 20%. В последнее десятилетие дешевый импорт нефти способствовал широкому распространению недорогих синтетических каучуков. Также всё большее распространение получили шины со стальным радиальным кордом. Оба эти обстоятельства привели к снижению уровня рестаинга шин. Нельзя не отметить, что амортизированная шина представляет собой ценное вторичное сырье, содержащее резину, технический углерод и высококачественный металл. Экономически эффективная переработка автошин позволит не только решить экологические проблемы, но и обеспечить высокую рентабельность перерабатывающих производств.

## 2 Основные методы переработки и утилизации вулканизированных резиносодержащих отходов и отработанных автопокрышек

Основные способы переработки вулканизированных резиносодержащих отходов можно разделить на химические, физико-химические и физические (рисунок 17).

Химические методы переработки приводят к необратимым химическим изменениям не только резины, но и веществ, ее составляющих (каучуков, мягчителей и т.д.). Эти методы осуществляются при высокой температуре, вследствие чего происходит деструктивное разрушение материала. К таким методам относятся сжигание и пиролиз.

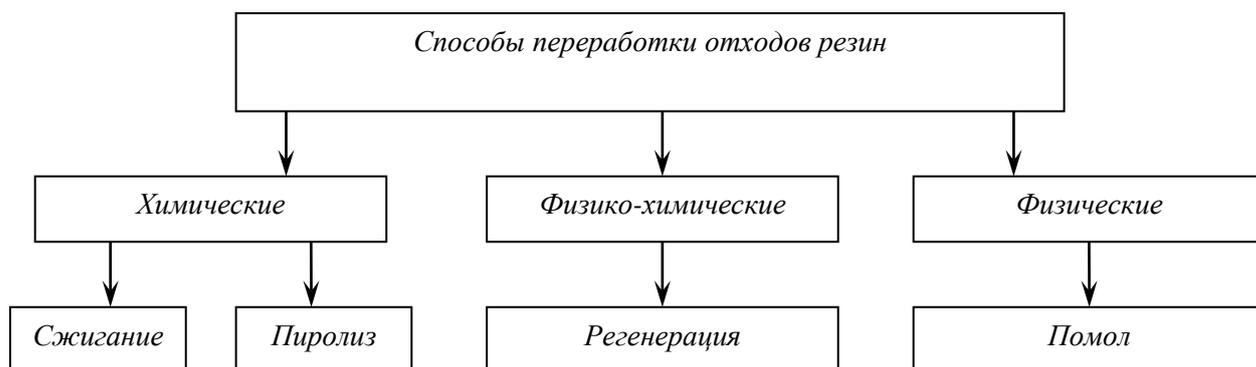


Рисунок 17 – Классификация способов утилизации отходов резин

Несмотря на то, что химические методы переработки отходов резины позволяют получить ценные продукты, такая утилизация недостаточно

эффективна, поскольку не позволяет сохранить исходные полимерные материалы.

Физико-химические методы переработки отходов или регенерация, осуществляемая различными способами, позволяют сохранить структуру сырья, использованного в процессе производства резины. При регенерации разрушается пространственная вулканизационная сетка за счет теплового, механического и химического воздействия на резину. Получаемый продукт – регенерат – обладает пластическими свойствами и используется при изготовлении резиновых смесей с целью замены каучука.

Физические методы переработки резиновых отходов представляют собой различные способы их измельчения с целью получения резиновой крошки (муки), наиболее полно сохраняющей свойства резины.

Подробно данные методы будут рассмотрены в следующих разделах.

## **2.1 Химические методы переработки**

### **2.1.1 Сжигание отработанных автопокрышек и РТИ**

При сжигании автопокрышек происходит полное разрушение исходных продуктов с выделением значительного количества тепловой энергии, т.к. резиновые отходы являются высококалорийным продуктом. По энергетическому потенциалу автопокрышка сравнима с высококачественным углем: ее теплотворная способность составляет 30 МДж/кг.

В Японии с целью получения тепловой энергии сжигают 200 тысяч тонн шин ежегодно.

В Великобритании для сжигания покрышек используется вертикальная циклонная печь с внутренним диаметром 1,8 м, отличающаяся непрерывной подачей шин в неподвижную топку, высокой температурой сжигания 1900 - 2100°C, а также грануляцией жидкого шлака. Производительность такой печи не менее 1 т/час, время пребывания шины в печи 2-5 мин, номинальная паропроизводительность котла-утилизатора – 13,6 тысяч т/год.

Автопокрышки используются в качестве альтернативного топлива в цементных печах. Разработаны автоматизированные системы загрузки в печь изношенных покрышек без измельчения. Процесс осуществляется с помощью роликового конвейера с применением весового дозатора, определяющего массу каждой покрышки, что необходимо для правильного дозирования воздуха и основного топлива, которое осуществляется автоматически с помощью ЭВМ. Использование автопокрышек в количестве до 25% от массы основного топлива позволяет организовать процесс горения практически без выделения угарного газа и обеспечить полное сгорание шин. Содержащийся в покрышках металлокорд оплавляется, окисляется и переходит в виде оксидов в вырабатываемый клинкер (полуфабрикат цемента), что улучшает свойства конечного продукта.

Старые шины могут быть также сожжены, чтобы произвести электричество. Получаемое из шин топливо может уменьшать эмиссию серы на

электростанциях и может улучшать эффективность сгорания, регулируя надлежащую стехиометрию в комбинации с различными углями, деревянными отходами и домашним мусором. Для получения топлива в США в 2001 году было использовано 115 мл старых шин. Однако, при сжигании резины в качестве топлива, теряются ценные резиновые материалы. Фактически для изготовления одного фунта синтетического каучука требуется 60000 квт/ч энергии. Напротив, калорийность шин при сжигании составляет от 13000 до 16000 квт/ч, т.е. не намного выше, чем калорийность горения угля, что намного дешевле.

Ряд недостатков сжигания шин лежит в самой природе данного метода. Температурные колебания в процессе горения ведут к неполному сгоранию шины. При этом при температуре ниже 1100°C образуются такие ядовитые вещества, как хлорированный диоксин и фуран. Всем известен и неоспорим тот факт, что подобного рода процессы способствуют усилению тепличного эффекта. Так, в процессе горения образуется около 3,700 кг CO<sub>2</sub> на тонну шин. Для того чтобы такие перерабатывающие мощности соответствовали санитарным нормам и не превышали нормы выбросов в атмосферу, требуется оснащение дорогостоящим фильтровальным оборудованием. Это сводит на нет экономическую выгоду от такого дешевого энергоносителя, как покрышки.

Стоит отметить, что в производстве цемента количество используемых в качестве топлива шин технологически ограничено. Применение в данном производстве большого количества старых автопокрышек негативно отражается на качестве цемента, т.к. содержащаяся в них сталь проявляется в цементе как оксид железа, который окрашивает материал. В тоже время актуален вопрос поиска альтернативных вариантов получения топлива и электроэнергии. При этом топливо, технический углерод и горючий газ можно получить практически из ничего – из использованных автопокрышек. Зачем же тогда хранить опасные залежи использованных автопокрышек или просто сжигать? Не выгоднее ли пустить старые автопокрышки на переработку?

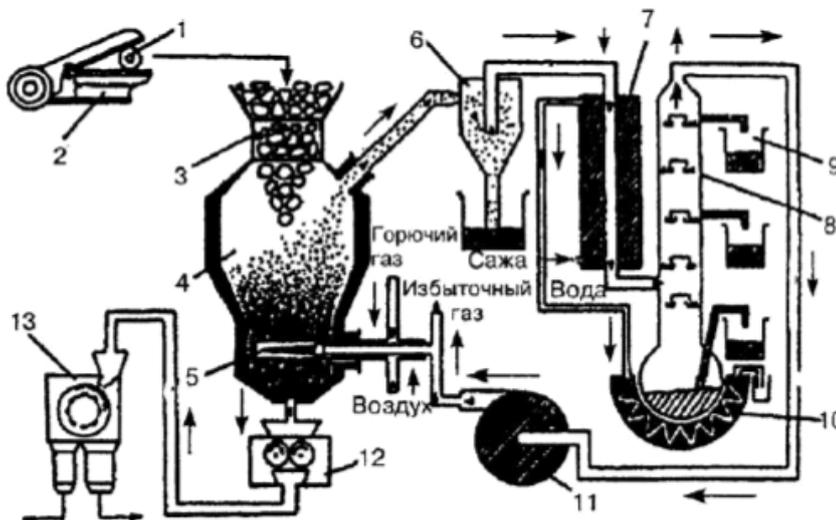
Такой метод переработки, как сжигание автомобильных шин можно назвать вчерашним днем перерабатывающих технологий. Многие европейские государства давно отказались от такого метода утилизации покрышек. В большинстве стран Европы сжигание резинотехнических изделий запрещено законом, как наносящее вред окружающей среде.

### **2.1.2 Пиролиз**

Пиролиз – химическое разложение резины в отсутствие воздуха и кислорода, для того чтобы произвести нефть (масла) и газы для повторного использования в нефтехимической отрасли промышленности. Технический углерод и другие твердые продукты, остающиеся после пиролиза, могут использоваться как наполнители.

В зависимости от конструкции технологического оборудования пиролизу могут подвергаться как измельченные резиновые отходы, так и целые автопокрышки. Пиролиз происходит при температуре 500 - 1000°C. От

температуры зависит состав продуктов, образующихся при пиролизе. В процессе пиролиза выделяется значительное количество теплоты, так что ее подвод извне к реактору необходим только на начальной стадии процесса. Схема пиролитической установки приведена на рисунке 18.



1 – автопокрышка; 2 – гильотина; 3 – загрузочное устройство; 4 – реактор; 5 – топка; 6 – циклон; 7 – холодильник; 8 – дистилляционная колонка; 9 – конденсаторосборник; 10 – теплообменник; 11 – компрессор; 12 – дробилка кокса; 13 – магнитный сепаратор.

Рисунок 18 - Схема установки утилизации автопокрышек методом пиролиза.

Изношенные покрышки 1 после мойки поступают в резательную машину 2, где нарезаются на куски размером 100 - 400 мм и в таком виде подаются в бункер, а оттуда – в загрузочное устройство 3, которым снабжен реактор 4. Существуют технологические схемы, по которым автопокрышки загружаются в реактор в не измельченном виде. Однако, поскольку плотность укладки не измельченных покрышек не превышает 150 кг/м<sup>3</sup>, при их загрузке в реактор попадает значительное количество воздуха, и процесс пиролиза происходит неэффективно. Загрузочное устройство представляет собой шлюзовую камеру с двумя затворами, предотвращающими попадание в реактор избыточного количества воздуха. Загрузка кусков покрышек в реактор происходит циклично. Реактор снабжен топкой 5, в которой для начала процесса сжигается природный газ, а затем после стабилизации процесса пиролиза в нее подается образующийся пиролизный газ. В нижней части реактора имеется разгрузочное устройство для выгрузки металлокорда и образующегося кокса.

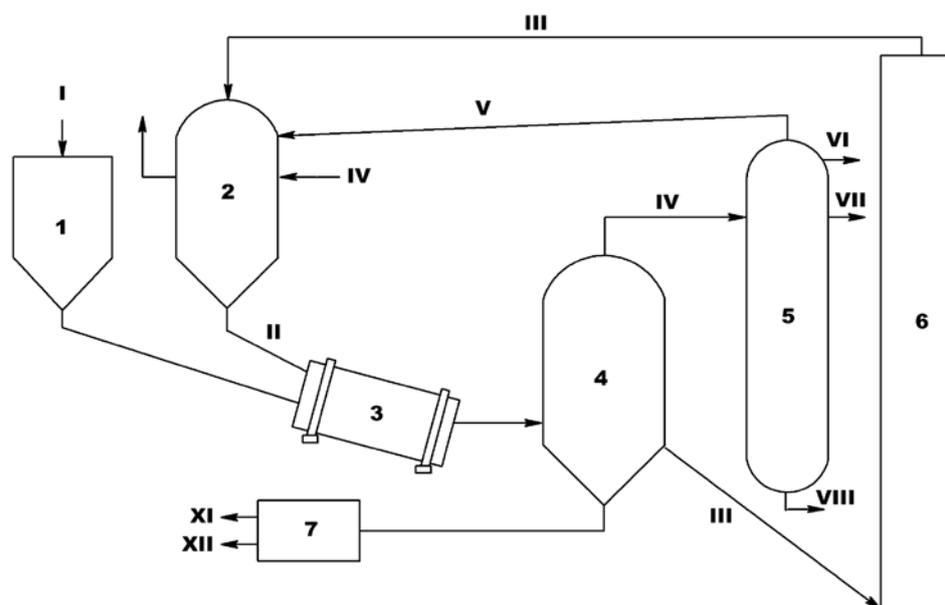
Дисперсные продукты пиролиза выносятся из реактора потоком образующегося пиролизного газа в циклон 6, где газ отделяется от твердых частиц сажи. Из циклона газообразная фракция попадает в холодильник 7, который охлаждается проточной водой. В нем происходит конденсация смолы; образующаяся газоконденсатная смесь стекает на разделение в

дистилляционную колонну 8, где она разделяется на фракции с различной температурой кипения, которые собираются в конденсатосборник. Нижняя часть дистилляционной колонны обогревается горячей водой, поступающей из холодильника в теплообменник 10. Пиролизный газ, выходящий из дистилляционной колонны, с помощью компрессора 11 поступает на сжигание в реактор. Избыточный пиролизный газ подается внешним потребителям, в частности для сжигания с целью получения горячей воды и пара.

Твердая фаза в виде смеси кокса и металлокорда после выгрузки из реактора поступает в валковую дробилку 12 и разделяется магнитным сепаратором 13. Металлокорд поставляется внешнему потребителю для дальнейшего переплава. Измельченный и прошедший грохочение дисперсный кокс гранулируется с целью получения активного угля.

Американские фирмы осуществляют пиролиз утильных шин по технологии термической переработки горючих сланцев. На рисунке 19 показана схема установки для пиролиза измельченных шин в смеси с твердым теплоносителем, в качестве которого используют керамические шары диаметром около 1,3 см. Кусочки шин поступают в горизонтальную вращающуюся печь, где смешиваются с нагретыми шарами и подвергаются пиролизу при 650°C. Смесь твердого остатка пиролиза и шаров разделяется на барабанном грохоте. Парогазовая смесь поступает во фракционирующую колонну. Пиролизный газ используется для нагревания шаров.

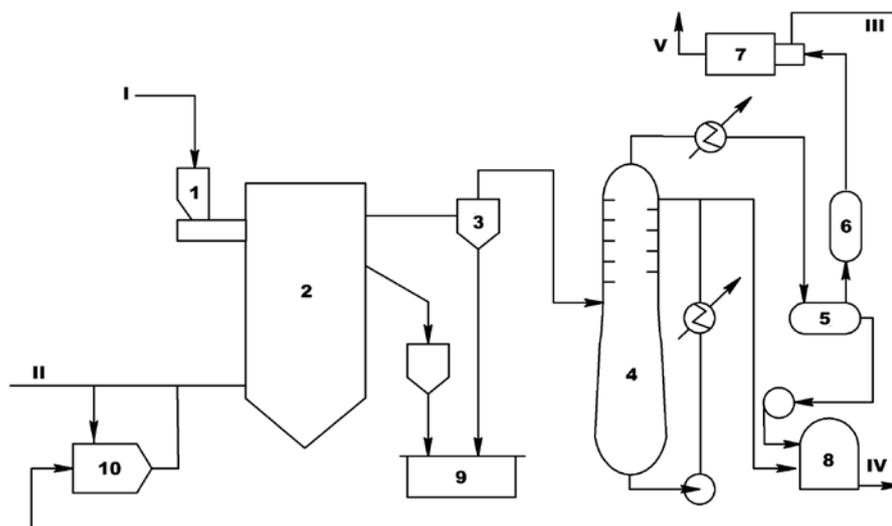
Следует отметить, что применение керамических шаров в качестве теплоносителя позволяет значительно уменьшить спекание пиролизуемого материала.



I – измельченные шины; II – горячие шары; III – шары; IV – парогазовая смесь; V – газ пиролиза; VI – нефтя; VII – газойль; VIII – мазут; IX – воздух; X – дымовые газы на промывку и выброс; XI – стальной корд; XII – углеродистый продукт; 1 – бункер; 2 – нагреватель керамических шаров; 3 – вращающаяся печь; 4 – сепаратор с грохотом; 5 – колонна; 6 – подъемник шаров; 7 – сепаратор для отделения твердого остатка.

Рисунок 19 - Схема установки для пиролиза изношенных шин с твердым теплоносителем.

По методу, внедренному в промышленность японскими компаниями, изношенные шины подвергаются двуступенчатому дроблению, в результате которого стальной корд практически полностью отделяется от резины и затем улавливается магнитным сепаратором. Куски шин размером 20 - 30 мм подаются шнековым питателем в реактор установки пиролиза (рисунок 20). Реактор предварительно разогревают, подавая в слой загрузки негретый в специальной печи воздух. Затем, когда начинается процесс разложения, подачу топлива в печь прекращают, и процесс осуществляется за счет частичного сгорания резины (около 2% при 450°C), причем теплоносителем служит образующийся углевидный осадок. Для предотвращения агломерации частиц псевдооживленного слоя и местных перегревов предложено организовать механическое перемешивание слоя специальной мешалкой.



I – измельченные шины; II – воздух; III – газ пиролиза; IV – смолы; V – дымовые газы; 1 – питатель; 2 – реактор; 3 – циклон; 4 – закалочный аппарат; 5 – сепаратор; 6 – десульфуратор; 7 – камера сжигания; 8 – сборник смолы; 9 – сборник твердого остатка; 10 – печь предварительного нагрева.

Рисунок 20 - Схема установки для пиролиза изношенных шин в псевдооживленном слое.

Характеристики процесса пиролиза шин при различных температурах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Выход и теплота сгорания продуктов пиролиза шин.

Продукты, теплота сгорания	Температура пиролиза, °С		
	500	700	800
Твердые, % масс.	60,5	52,0	44,0
Жидкие, % масс.	30,3	27,9	17,7

Газообразные, % масс.	6,8	18,2	26,2
Потери, % масс.	2,4	1,9	2,1
Расход энергии, МДж/кг	4,2	5,7	4,6

Готовой продукцией установок по термической переработке автопокрышек является:

- синтетическое жидкое топливо;
- твердый обуглероженный остаток (технический углерод), который может найти применение в качестве сорбента (активированного угля), в производстве высокочистого углерода, наполнителя для заводов, изготавливающих резинотехническую продукцию, в качестве высококалорийного топлива;
- высококачественный металл в виде металлокорда, разрезанного на куски (сдается на предприятия, принимающие металлолом).
- пиролизный газ.

Характеристика получаемых при переработке продуктов приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика производимых продуктов.

Наименование	Характеристика продукта	Аналог
Пиролизное жидкое топливо	Плотность = 985 кг/м <sup>3</sup> Теплота сгорания = 49,5 МДж/кг Содержание серы = 0,5% Вязкость = 6,97 сСт	Мазут М 100
Обуглероженный твердый остаток	Плотность = 430 кг/м <sup>3</sup> Теплота сгорания = 27,25 МДж/кг Зольность = 15% Прочность = 94% Влажность = не более 24%	Брикеты топливные из отходов древесины. Уголь активированный марки АГ, БАУ, КАД
Пиролизный газ	Плотность = 0,8 кг/м <sup>3</sup> Теплота сгорания = 8250 кДж/кг Состав газа: Азот = 32-40% Водород = 18-25% Окись углерода = 15-18% Двуокись углерода = 10-18% Метан = 4-7% Газы С <sub>2</sub> -С <sub>4</sub> = 2,5-5% Кислород = 0,5-0,7% Влага = 20%	Пиролизные газы
Металлолом		Металлолом

Продукция, получаемая при пиролизе, обладает высокими технико-экономическими показателями. Направления применения получаемой продукции весьма обширны. В таблице 5 приведены основные направления применения получаемой при пиролизе продукции.

Таблица 5 – Основные направления использования продуктов, получаемых при пиролизе.

Наименование продукта	Назначение продукции
-----------------------	----------------------

1	2
Пиролизное жидкое топливо	Применяется в качестве жидкого топлива для котлов, заменитель мазута. Возможна разгонка на фракции с целью получения различных нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо, масла, смолы и др.).
Углеродосодержащий твердый остаток	Применяется в качестве твердого топлива, а также возможно использование для приготовления модифицированного жидкого топлива, в качестве сорбента, заменителя активированного угля, в качестве наполнителя при изготовлении новых резинотехнических изделий.
Пиролизный газ	Используется частично 30-50% для работы установки, остальная часть сжигается в теплогенераторах (собственные нужды).
Металлолом (металлокорд)	Имеет в своем составе высококачественную сталь. Применяется для последующей переработки в металл.

Газообразные продукты пиролиза содержат 48 - 52% водорода, 25 - 27% метана и имеют высокую теплоту сгорания (34 - 44 МДж/кг). Они используются как источник энергии. Твердые продукты пиролиза (так называемый шинный кокс) используют при очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов, фенола, нефтепродуктов. Технический углерод (сажа), получаемый при пиролизе, используется в качестве активного наполнителя в производстве резиновых смесей и пластмасс, в лакокрасочной промышленности. Жидкая фракция продуктов пиролиза резиновых отходов также является высококачественным топливом, но может использоваться и в составе резиновой смеси, исполняя роль пластификатора.

Существующие промышленные установки для утилизации шин способом пиролиза имеют высокую производительность 30 - 50 тыс. тонн отходов в год.

Однако, по результатам исследований, проводимых в 1960 и 1970 годах, было выявлено, что процесс пиролиза резины сопровождается выделением токсичных газов. Кроме того, до сих пор существует проблема реализации пиролизной продукции на рынке вторичного сырья.

## 2.2 Физико-химические методы (регенерация)

Одним из направлений утилизации резиносодержащих отходов, в частности изношенных шин, является получение регенерата – пластичного материала, способного вулканизироваться при добавлении в него вулканизирующих агентов и частично заменить каучук в составе резиновых смесей.

Регенерация резины – физико-химический процесс, в результате которого она превращается в пластичный продукт – регенерат. Существуют различные способы получения регенерата, отличающиеся характером и интенсивностью воздействия на резину, а также природой и количеством участвующих в регенерации резины веществ. При регенерации резины происходят следующие процессы: деструкция углеводородных цепей; структурирование вновь

образовавшихся молекулярных цепей; уменьшение содержания свободной серы, использованной для вулканизации резины, деструкция серных, полисульфидных связей, модификация молекулярных цепей каучука; изменение углеводородных цепей, образованных сажей, содержащейся в резине. Это свидетельствует о сложности физико-химических процессов, лежащих в основе регенерации резины.

При получении регенерата применяются различные химические вещества: мягчители, активаторы, модификаторы, эмульгаторы и др. В качестве мягчителей используются продукты переработки нефти, угля, сланцев и лесохимического производства. Содержание мягчителей зависит от способа производства регенерата.

Активаторы позволяют сократить продолжительность и снизить температуру процесса, улучшить свойства конечного продукта. В качестве активаторов наибольшее применение нашли серосодержащие органические соединения.

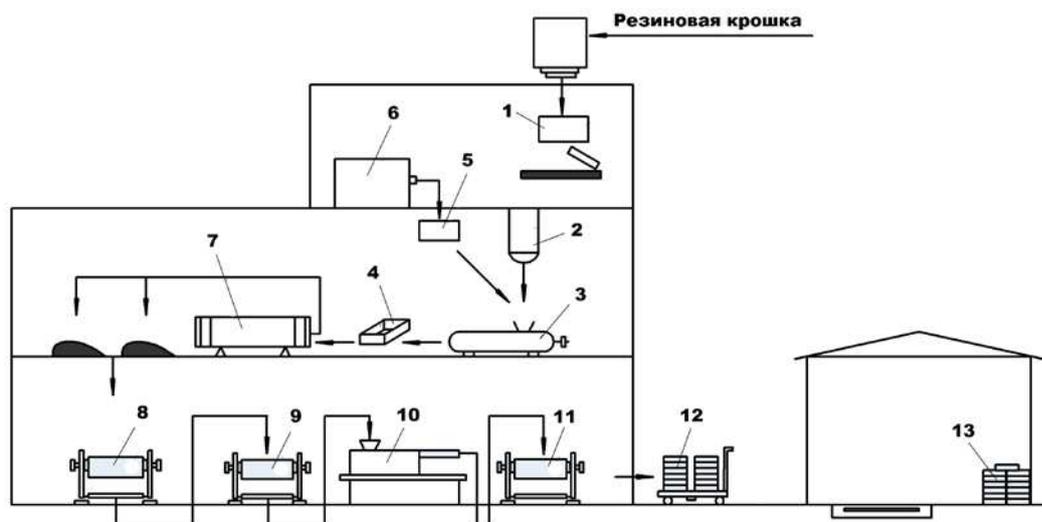
Модификаторы позволяют придать регенерату и резине на его основе некоторые специальные свойства – прочность, масло-, бензостойкость, блеск и др. Для модификации регенерата используются как мономеры (малеиновый ангидрид, малеиновая и лимонная кислоты и др.), а так и полимеры (полистирол, полиметилметакрилат, поливинилхлорид и др.). Эмульгаторы применяют в технологических целях – для стабилизации водных дисперсий измельченных резиновых отходов.

Начальная стадия получения регенерата любым из существующих способов – измельчение резиновых отходов. Размер частиц, которые необходимо получить при измельчении, определяется способом последующей регенерации, а так же свойствами резины, подвергаемой регенерации, и требованиями к регенерату. Чем меньше размеры частиц резины, тем более быстро и равномерно они набухают в мягчителях, в результате чего повышается производительность оборудования и улучшается качество регенерата. Однако уменьшение резиновой крошки связано с увеличением затрат на ее получение, поэтому размеры частиц всегда больше 0,5 мм.

Известно очень большое число методов получения регенерата. В настоящее время в отечественной промышленной практике регенерат получают паровым (~15%), водонейтральным (~40%) и термохимическим (~45%) методами.

### **2.2.1 Паровой метод**

При паровом методе (рисунок 21) дозированные порции обестканеной резиновой крошки смешивают с мягчителями и загружают девулканизационный котел, где обрабатывают острым паром под давлением 0,8-1,0 МПа при температуре 175-185°C в течение 7-8 часов (для шинной резины).



1 – автоматические весы; 2 – бункер-дозатор; 3 – смеситель; 4 – противень; 5 – мерник; 6 – емкость для смягчителей; 7– девулканизационный котел; 8 – регенеративно-смесительные вальцы; 9 – подготовительные рафинировочные вальцы; 10 – червячный фильтр-пресс; 11 – выпускные рафинировочные вальцы; 12 – готовый продукт; 13 – склад регенерата.

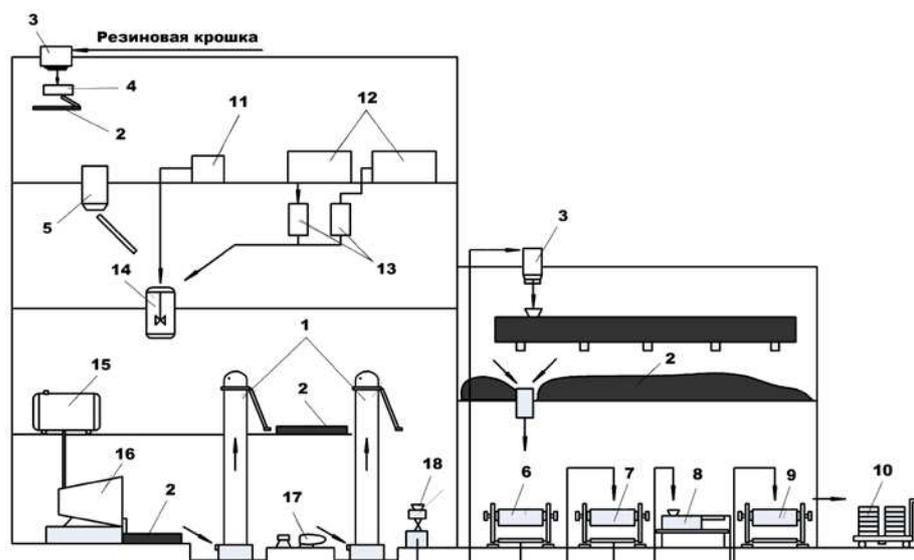
Рисунок 21 – Производство регенерата паровым методом.

Полученный путем такой обработки девулканизат с целью гомогенизации и пластификации смеси последовательно перерабатывают на вальцах (регенеративно-смесительных и подготовительных рафинировочных) и пропускают через червячный фильтр-пресс (стрейнер). Окончательную обработку резиновой массы с выдачей готового продукта (регенерата) приводят на выпускных рафинировочных вальцах.

Основным недостатком парового метода является отсутствие перемешивания девулканизируемой массы, что является причиной получения неоднородного по степени пластичности регенерата. Значительно более качественный регенерат получают водонейтральным методом.

### 2.2.2 Водонейтральный метод

Процесс девулканизации обестканеной резины по водонейтральному методу (рисунок 22) проводят в снабженных мешалками вертикальных автоклавах в среде водной эмульсии смягчителей при 180-185°C в течение 5-8 ч. Греющий пар подают в рубашку автоклава при избыточном давлении 1,2 МПа и температуре 191°C. По окончании процесса девулканизации содержимое под небольшим давлением передают в буферную емкость, откуда оно поступает в сетчатый барабан для отделения от девулканизата основной массы воды. Более полное обезвоживание девулканизата (до остаточной влажности 15-18%) проводят в пресс-шнеках. Его сушку можно проводить в вакуумных или ленточных сушилках. Дальнейшую механическую обработку девулканизата с получением регенерата проводят аналогично обработке паровым методом.



1 – элеватор; 2 – шнековый транспортер; 3 – циклон; 4 – автоматические весы; 5 – бункер-дозатор; 6 – регенеративно-смесительные вальцы; 7 – подготовительные рафинировочные вальцы; 8 – червячный фильтр-пресс; 9 – выпускные рафинировочные вальцы; 10 – готовый продукт; 11 – бак для подогрева воды; 12 – баки для мягчителей; 13 – мерники; 14 – автоклав; 15 – буферная емкость; 16 – сетчатый барабан; 17 – пресс-шнек; 18 – рыхлитель.

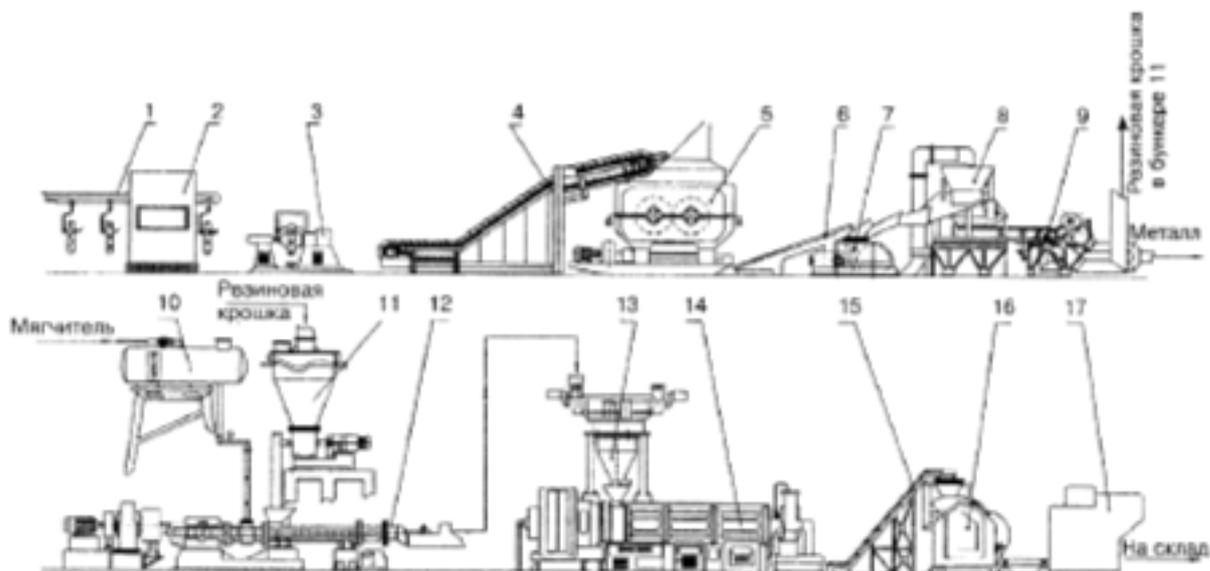
Рисунок 22 - Производство регенерата водонейтральным методом.

При регенерации резины по водонейтральному методу непрерывное перемешивание способствует ее лучшему набуханию в мягчителях. Кроме того, при использовании в качестве мягчителей смол хвойных пород древесины содержащиеся в них водорастворимые кислоты разрушают остатки текстильного волокна (аналогичный эффект достигается при добавлении хлоридов цинка и кальция). Все это положительно сказывается на качестве регенерата.

### 2.2.3 Термомеханический метод

Технически наиболее совершенным методом регенерации резины является термомеханический метод, позволяющий значительно ускорить технологический процесс, сделав его непрерывным, и обеспечить снижение себестоимости регенерата за счет максимальной механизации и автоматизации производства.

При получении регенерата термомеханическим способом (рисунок 23) используется крошка размером не более 0,8 мм при содержании текстильных волокон не более 5% по массе.



1 – подвесной конвейер; 2 – моечная машина; 3 – борторезка; 4 – загрузочный конвейер; 5 – ножевая дробилка; 6 – межоперационный конвейер; 7 – двухваловая дробилка; 8 – инерционный грохот; 9 – магнитный железоотделитель; 10 – емкость с мягчителем; 11 – бункер; 12 – червячный смеситель; 13 – бункер-дозатор; 14 – червячный девулканизатор; 15 – шнековый конвейер; 16 – вальцы рафинирующие; 17 – закаточная машина.

Рисунок 23 - Производство регенерата термомеханическим методом.

По этой технологии автопокрышка с помощью конвейера 1 подается на моечную машину 2 и далее в борторезку 3. Затем с помощью конвейеров 4 и 6 куски покрышки последовательно попадают в дробилки 5 и 7. Измельченный продукт просеивается в грохоте 8. Полученная крошка заданного размера вместе с металлокордом проходит через магнитный сепаратор 9, где отделяется от металлокорда. Металл брикетируется и передается на переплавку в металлургическое производство. Резиновая крошка после магнитного сепаратора накапливается в бункере 11.

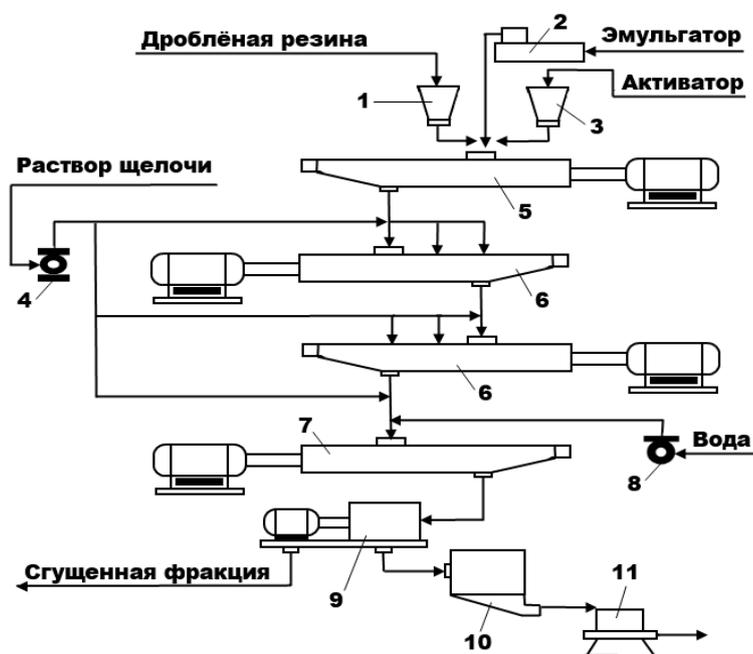
Подготовленный к регенерации материал вместе с другими компонентами подается в червячный смеситель 12, охлаждаемый водой. Под влиянием механических воздействий и температуры в смесителе в тонком зазоре между шнеком и корпусом происходит набухание и частичная девулканизация резины за счет тепла, выделяющегося при деформации резины, и воздействия кислорода, мягчителя и других добавок. Средняя длительность пребывания резины в смесителе не превышает 7 мин, осевое усиление, развиваемое шнеком, составляет 1000 кН. Температура продукта, выходящего из головки смесителя, не должна превышать 190°C, для чего его корпус охлаждается водой. При дальнейшем прохождении через червячный девулканизатор 14 происходит окончательное разрушение резины, продукт охлаждается до 70-80°C и в таком виде поступает на рафинирующие вальцы 16 и закаточную машину 17, где ему придается товарный вид (пленка, свернутая в рулон наподобие рулона толя или рубероида). При этом на вальцах происходит гомогенизация регенерата и очищение от посторонних включений и недостаточно деструктированных частиц резины.

## 2.2.4 Метод диспергирования резины

Сущность метода заключается в диспергировании резины в водной среде под влиянием интенсивных механических воздействий в присутствии ПАВ, образующегося в результате омыления введенного в резину растворимого в ней эмульгатора, и активатора регенерации и последующем выделении регенерата из водной дисперсии резины методом электролитической коагуляции или термической сушкой. Диспергирование резины может осуществляться на вальцах или в двух червячных смесителях непрерывного действия.

Эффективность процесса диспергирования резины зависит при прочих равных условиях от степени оказываемого на нее механического воздействия, типа и содержания эмульгатора, концентрации и режима введения раствора омыляющего агента, природы и количества активатора регенерации резины.

Принципиальная технологическая схема получения регенерата методом диспергирования приведена на рисунке 24.



1 – дозатор дробленой резины; 2 – дозатор эмульгатора; 3 – дозатор активатора; 4 – дозатор раствора щелочи; 5 – смеситель-пластикатор; 6 – смеситель-диспергатор; 7 – смеситель – гомогенизатор; 8 – дозатор воды; 9 – центрифуга; 10 – сушилка; 11 – упаковочный агрегат; 12 – склад готовой продукции препятствующее их слипанию (т.е. коагуляции). Защитная оболочка препятствует также рекомбинации радикалов и восстановлению вторичных связей.

Рисунок 24 - Схема производства дисперсионного порошкового регенерата (диспора).

В двух червячный смеситель-пластикатор, снабженный рубашкой, непрерывно подается дозаторами резиновая крошка и 5-10 % (масс.) эмульгатора или раствора (суспензии) активатора (1-1,5 ч. на 100 ч. (масс.) резины) в эмульгаторе. В этом аппарате происходят смешение компонентов смеси и пластикация резины вследствие деструкции ее вулканизационной сетки

под влиянием механических воздействий.

От степени деструкции (пластичности) резины зависит последующая скорость поглощения ею водного раствора щелочи и средний радиус частиц получаемой дисперсии.

Пластицированный материал, выходящий из смесителя-пластикатора, поступает в первый смеситель-диспергатор, в котором под влиянием механических воздействий происходит внедрение в резину постепенно вводимого (в нескольких зонах по длине рабочей камеры) водного (5-7 %) раствора щелочи, обеспечивается достаточный контакт эмульгатора и щелочи и протекает реакция омыления эмульгатора щелочью. В результате в этом смесителе образуется эмульсия воды в резине.

Во втором смесителе-диспергаторе, работающем аналогично первому, завершается процесс омыления эмульгатора щелочью, происходит обращение фаз и образуется дисперсия резины в воде.

В процессе диспергирования при взаимодействии щелочи со смоляными и (или) жирными кислотами, содержащимися в эмульгаторе, образуются ПАВ, адсорбирующиеся на межфазной поверхности и снижающие уровень поверхностной энергии. Это приводит к снижению прочности и облегчению деформации резины. Образующиеся ПАВ оказывают одновременно стабилизирующее действие на водную дисперсию резины. Гидрофобная поверхность резины адсорбирует из водного раствора анион (его неполярной, углеводородной частью), вследствие чего поверхность резины приобретает отрицательный заряд и около него образуется двойной электрический слой. В результате при сближении частиц резины возникает электростатическое отталкивание.

Полученная во втором смесителе-диспергаторе водная дисперсия резины поступает в смеситель-гомогенизатор, в котором осуществляется гомогенизация дисперсии и ее постепенное разбавление умягченной водой до концентрации  $50 \pm 5$  % (по массе сухого остатка), обеспечивающей хорошую устойчивость дисперсии.

В водной дисперсии резины могут содержаться частицы диаметром более 100 мкм, а также механические примеси.

Для удаления таких частиц и примесей водная дисперсия резины подвергается разделению в центрифуге непрерывного действия на жидкую и сгущенную фракции.

Из сгущенной фракции после сушки в вальцеленточной установке непрерывного действия получается низкосортный регенерат марки РСД.

Из жидкой фракции дисперсии путем электролитической коагуляции может быть получен дисперсионный регенерат в виде брикетов, а путем термической сушки – в виде порошка.

Высушенный материал подается на линию формовки и упаковки, где он упаковывается в полиэтиленовую пленку.

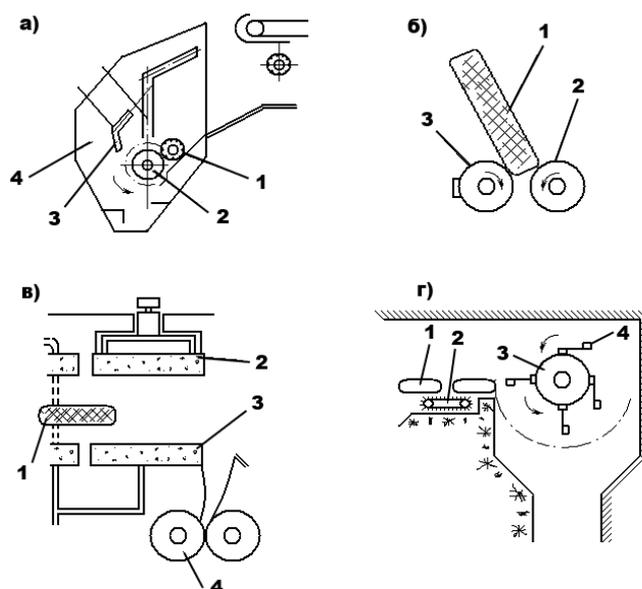
## **2.3 Физические методы переработки**

Специфика переработки изношенных покрышек определяется тем, что они содержат элементы, выполненные из разных типов резины, и, наряду с этим, значительное количество металлической проволоки (до 15 вес.%) и синтетического корда (до 15 вес.%). Поэтому в целях эффективной утилизации покрышек приходится, прежде всего, тщательно отделять резину от синтетического корда и металлокорда. Например, при получении вторичных резин с использованием отходов шинной резины содержание металлических частиц не должно превышать во вторичном продукте 0,01-0,03 вес.%. Возможно, что в будущем будут разработаны также методы разделения шинных отходов по сортам резин с целью их индивидуального вторичного использования. Однако сейчас в этом направлении проводятся только поисковые исследования.

В настоящее время в мире используется значительное количество различных технологических линий по переработке изношенных покрышек. Рассмотрим эти линии в следующей последовательности: а) линии переработки при низкой температуре, б) линии переработки при нормальной и повышенной температуре и в) линии переработки при высокой температуре. Такое разделение линий, конечно, весьма условно, поскольку любая переработка автопокрышек состоит из нескольких операций, выполняемых при разных значениях температуры. И все же разделение линий по температуре переработки автопокрышек и, прежде всего, по температуре переработки на этапе тонкого измельчения резины имеет определенные преимущества и вполне оправдано.

### **2.3.1 Переработка изношенных шин при низкой температуре**

При криогенном измельчении покрышки охлаждаются в течение 25 мин в устройствах барабанного типа, расход жидкого азота составляет 0,25-1,2 кг на 1 кг измельчаемого материала. Охлажденная покрышка измельчается в различного типа дробилках (рисунок 25).

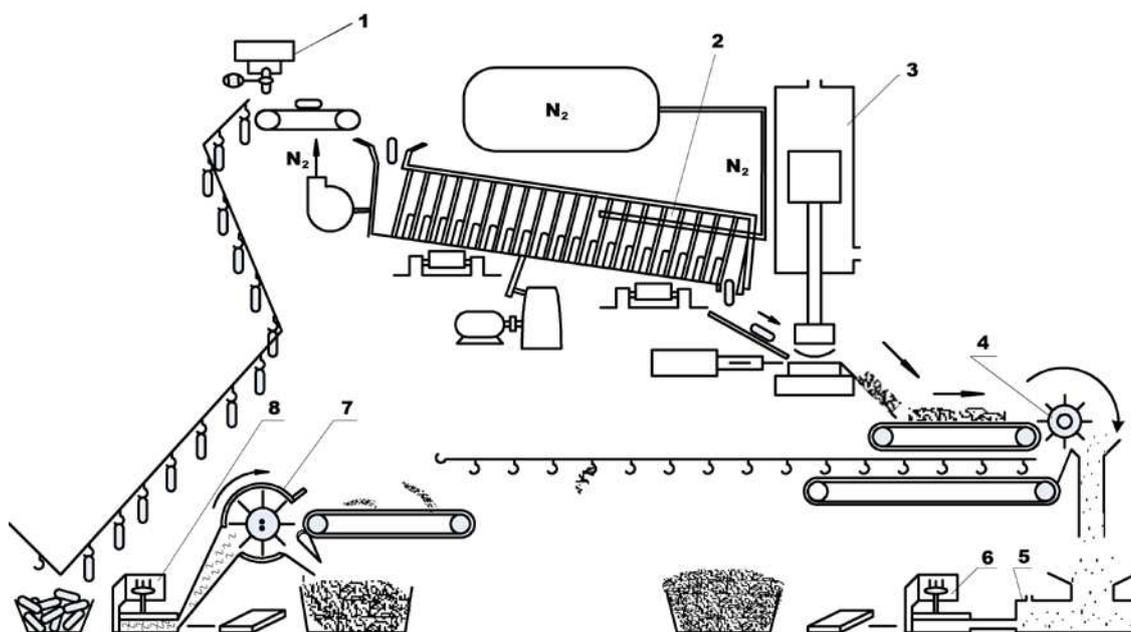


а – ударно-отражательная дробилка (1 – крышка, 2 – валок, 3,4 – отражательные плиты); б – валковая дробилка (1 – крышка, 2, 3 – подвижный и неподвижный валки); в – молот (1 – крышка, 2, 3 – теплоизолированные матрица, пуансон, 4 – валковая дробилка); г – молотковая дробилка (1 – крышка, 2 – транспортер, 3 – ротор, 4 - молоток).

Рисунок 25 - Механизмы для криогенного дробления покрышек с металлокордом.

Наиболее эффективно применение оборудования, изображенного на рисунке 10, в. Первичное криогенное дробление осуществляется с помощью молота, а затем, после отделения корда, производится доизмельчение резиновой крошки до необходимой дисперсности на валковой дробилке. Полученная в результате дробления крошка имеет размеры от 0,15 до 20 мм. Стоимость жидкого азота составляет 2/3 от всех затрат на эксплуатацию установки.

Технологическая схема криогенного измельчения покрышек представлена на рисунке 26. При подготовке покрышек к криогенному измельчению их моют, сортируют и отправляют на борторезку 1 для удаления бортовых колец. Далее покрышка поступает в охлаждающую камеру 2, куда подается жидкий азот. В качестве оборудования для охлаждения может быть использована после некоторой модификации сушильная печь барабанного типа. Покрышки охлаждаются до  $-120^{\circ}\text{C}$  (температура стеклования практически любых резин не ниже  $-70^{\circ}\text{C}$ ).



1 – борторезка; 2 – охлаждающая камера; 3 – молот; 4 – шкивной железоотделитель; 5 – обжиговая печь; 6 – пакетировочный пресс; 7 – роторный измельчитель; 8 – пакетировочный пресс.

Рисунок 26 – Схема криогенного дробления изношенных покрышек.

Имеющийся запас охлаждения покрышки необходим для компенсации теплопритоков к ней во время перемещения из охлаждающей камеры к молоту 3, а также для компенсации тепловыделений при ударе молота, происходящих вследствие превращения кинетической энергии молота в тепловую. Молот имеет профилированные пуансон и матрицу, на которых происходит разбивание стеклообразной покрышки. Энергия удара составляет 38 кДж, ход пуансона 700 мм, масса пуансона 800 кг. Измельченная покрышка после молота транспортером подается на шкивной железоотделитель 4, где происходит отделение резины, текстиля и металла. Резиновая крошка поступает на сепарацию, фракционирование и доизмельчение на стандартных дробильных и размольных вальцах.

Металлокорд подается в обжиговую печь 5 для выжигания остатков резины на проволоке и далее – на пакетировочный пресс 6, текстильный корд – на доизмельчение в роторный измельчитель 7 (типа ИПР) и затем на пакетировочный пресс 8.

В результате криогенного разрушения за один удар в крошку переходит до 75% резины, содержащейся в покрышке, причем 57% крошки имеет размеры 1,25 – 20 мм и 24% - от 0,14 до 1,25 мм. Это позволяет существенно сократить затраты на доизмельчение резиновой крошки обычными методами.

Ударные затраты энергии на разрушение покрышки в охрупченном виде в 1,8 раза меньше, чем в эластичном.

Основное преимущество таких линий состоит в том, что при низких температурах можно легко отделить резину от корда. Часто упоминают, что другим преимуществом этих линий является снижение энергозатрат, поскольку

с понижением температуры снижается работа на разрушение и измельчение резины. Однако, этот вывод не совсем точен. Работа на разрушение резины, действительно, снижается в 2-2,5 раза при понижении температуры до  $-100^{\circ}\text{C}$ . Но, для этого требуется значительное количество хладагента, а энергозатраты на производство хладагента, (0,4, 3,0 кг жидкого азота на один кг полученной резиновой крошки), как правило, перекрывают и иногда очень значительно ту экономию, которую дает снижение энергозатрат на разрушение резины.

С учетом последнего обстоятельства использование криогенных технологий при переработке изношенных автопокрышек можно признать целесообразным только в тех странах (США, Германия и некоторые другие), где:

- есть большие мощности по получению жидкого азота;
- продажу жидкого азота фирмам, занимающимся переработкой изношенных покрышек и других резино-полимерных отходов, осуществляют по сниженным ценам;
- есть оборудование, обеспечивающее измельчение резины при низком расходе жидкого азота (например, установки фирмы "INTEC", Германия; фирмы "WIRTECH" Швейцария и другие, у которых расход жидкого азота составляет 0,5-0,8 кг на кг получаемого порошка).

Необходимо учитывать также, что при криогенном измельчении получают порошок с гладкой поверхностью частиц и что, в силу этого, требуется дополнительная химическая или физическая модификация порошка, которая приведет к увеличению удельных энергозатрат еще на 100-400 кВт·ч/т. Пожалуй, наиболее эффективной является модификация криогенной резиновой крошки путем переработки ее в роторном диспергаторе. Как было показано в совместной работе ЗАО "РОДАН" (Москва) с фирмой "Gaja Internatinal" (Иллинойс, США) переработка в диспергаторе криогенной крошки с размером 0,4 мм позволяет снизить размер крошки в 1,5 раза и увеличить ее удельную поверхность почти в 5-10 раз при удельных энергозатратах всего 50 кВт·ч/т.

В России, где производится сравнительно небольшое количество жидкого азота, предпринимаемые время от времени попытки организовать промышленное производство криогенного резинового порошка вряд ли можно признать оправданными и, тем более, на некачественном оборудовании с расходом жидкого азота 1,5-4 кг на кг резинового порошка. Наиболее оправданным является использование турбодетандеров, с помощью которых изношенные покрышки или шинную резину охлаждают в процессе переработки холодным воздушным потоком до температуры  $-100, -130^{\circ}\text{C}$ .

Одной из линий, на которых использованы турбодетандеры, является линия переработки автопокрышек взрывоциркуляционным методом, разработанная отечественными фирмами УНЦ "Криоконсул" и ООО "Эксплотех".

На первом этапе переработки на этой линии из покрышек вырезают бортовые кольца, делают поперечные разрезы и сворачивают каждую покрышку в спираль, образуя из нее небольшую катушку диаметром 20-25 см. Для этого используется специальный станок компактирования (на схеме не

показан), который изготавливают либо стационарным, либо смонтированным на автомобильном шасси. Такие компактированные покрышки удобны для перевозки с мест сбора, со свалок и т.д. Из нескольких компактированных покрышек изготавливают цилиндрический пакет длиной около одного метра с центральным каналом, в котором размещают заряд взрывчатого вещества из аммиачной селитры и дизельного топлива.

После охлаждения пакета до  $-120^{\circ}\text{C}$  с помощью турбодетандера и помещения его в камеру взрывоциркулятора осуществляют разрушение пакета взрывом заряда ВВ. При взрыве образуется ударная волна, циркулирующая по замкнутому контуру. Если в момент взрыва температура пакета составляет менее  $-70^{\circ}\text{C}$ , то происходит отслоение резины от корда и полное разрушение резины до размера частиц 0,5-5 мм. Резиновые частицы имеют монолитную структуру, приповерхностный слой частиц частично девулканизован. После магнитной и вибросепарации от остатков корда резиновые частицы превращают в активный дискретно девулканизованный порошок с помощью роторного диспергатора. Характерной особенностью линии является наличие системы фильтрации газов, образующихся во взрывоциркуляторе во время взрыва, т.е. системы очистки газов от токсичных продуктов.

Общие удельные энергозатраты на получение конечного продукта составляют на такой линии 200-300 кВт·ч/т. Технология защищена патентами Российской Федерации, а также запатентована в США, Канаде, Японии, Германии и других странах.

При переработке покрышек на линии ЗАО «КамЭкоТех» (Нижнекамск, Россия) охлаждение перерабатываемого материала до  $-80^{\circ}\text{C}$  осуществляют с помощью турбодетандера не на первой стадии, а на стадии тонкого измельчения резины. На выходе линии получают резиновую монолитную крошку с гладкой поверхностью частиц размером от 0,2 мм до 5 мм. Удельные энергозатраты на получение конечного продукта составляют около 400 кВт·ч/т. Производительность линии – 500-1000 кг/час; мощность производства – 3000 т/год.

### **2.3.2 Переработка изношенных шин при нормальной температуре**

Наибольшее распространение получила технология измельчения шин в высокоэластическом состоянии при умеренных скоростях, несмотря на значительно более высокий расход энергии по сравнению с криогенной технологией.

По этой технологии переработка покрышек ведется в такой последовательности: мойка, вырезка бортов, предварительное дробление, грубое дробление, мелкое дробление, сепарация и помол.

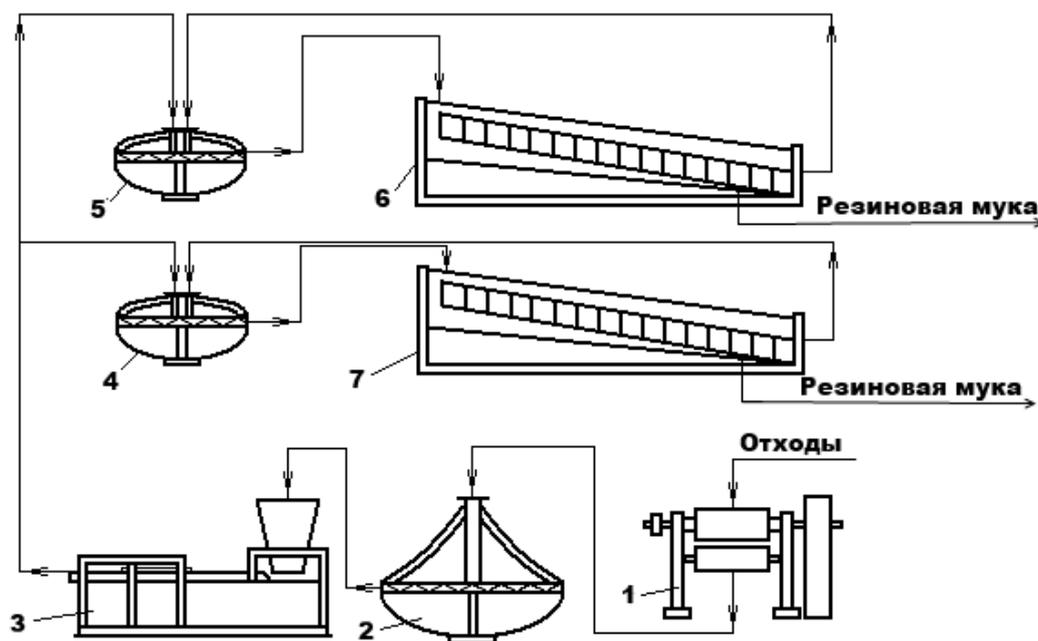
На стадии предварительного дробления используются борторезка, механические ножницы и шинорез, на последующих стадиях – дробильные и помольные вальцы, сепаратор для извлечения металлических частиц и вибросито.

В настоящее время разработано много различных видов оборудования

для измельчения резиновых покрышек, которые различаются по характеру и скорости нагружения, конструкции рабочего органа и т.п. Для этих целей применяют абразивные ленты и круги, гильотины, борторезки, дисковые ножи, прессы, вальцы, роторно-ножевые дробилки и другое оборудование.

Традиционно применяемое у нас в стране оборудование для дробления резиновых отходов – вальцы. За рубежом чаще применяют дисковые и роторные измельчители. Однако схема, основанная на применении вальцов, более производительна и менее энергоемка.

Наиболее простая технология измельчения отходов резины, не содержащих металлических элементов, представлены на рисунке 27.



1 – дробильные вальцы; 2 – мельница грубого помола; 3 – магнитный сепаратор; 4, 5 – мельницы тонкого помола; 6, 7 – вибросита.

Рисунок 27 – Технологическая схема измельчения резиновых отходов.

Крупные отходы резины поступают на дробильные вальцы 1, затем на мельницу грубого помола 2. Мелкие отходы (различные резинотехнические изделия) сразу поступают на мельницу грубого помола 2. Измельченные в мельнице отходы транспортером подаются на магнитный сепаратор 3, а затем двумя потоками – на мельницы тонкого помола 4 и 5, где измельчаются до 0,3 – 5 мм. Необходимость разделения потока после мельницы грубого помола вызвана большой длительностью процесса измельчения резиновых частиц до мелкодисперсного состояния и возвратом отсева после прохождения измельченных отходов через вибросита 6 и 7. Размер ячеек вибросит составляет 1 мм, и все, что не проходит через них, возвращается на доизмельчение в мельницы тонкого помола.

Производительность такой линии 300-350 кг/ч резиновой муки с размером частиц до 1 мм. Более половины частиц имеют размер менее 0,5 мм.

Характеристики оборудования, используемого для реализации такой технологии, приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные характеристики используемого оборудования

Технологический процесс	Используемое оборудование	
	Параметр	Значение
Дробление отходов	Дробильные вальцы Др-800	
	Единовременная загрузка	15-25 кг
	Время дробления	До 5 мин
	Зазор между валками	1-1,5 мм
	Температура валков: переднего заднего	50-60°C 60-70°C
	Диаметр валков: переднего заднего	490 мм 610 мм
	Рабочая длина валков	800 мм
	Частота вращения валков: переднего заднего	16,61 мин <sup>-1</sup> 33,2 мин <sup>-1</sup>
	Фрикция	1:2,54
	Мощность электродвигателя	110 кВт
Просев дробленых отходов	Вибрационное сито М 1145 × 2445	
	Угол наклона сита	43 град
	Частота колебаний сита	200 мин <sup>-1</sup>
	Габариты	3,122 × 1,611 × 0,857 м
Дополнительное измельчение	Тарельчатые мельницы Д-800; 10802-РЗ	
	Производительность	200 кг/ч
	Частота вращения	533 мин <sup>-1</sup>
Просев крошки	Вибрационное сито М 1485 × 1215	
	Угол наклона	6°
	Частота колебаний сита	365 мин <sup>-1</sup>
	Габариты	2,135 × 0,700 × 0,550 м

Покрышки с металлокордом по описанной технологии измельчать нельзя. Для этого используется другое, более мощное оборудование, предусматривающее предварительное вырезание из покрышки бортовых колец и нарезку покрышек на куски.

Для измельчения покрышек используют более мощные вальцы модели Др-800 710/710 производительностью 3500 кг/ч с мощностью электродвигателя 353 кВт. Габариты таких вальцов 6695 × 4469 × 1880 мм, а масса 50,6 т.

Ниже приведены технологии дробления изношенных шин, предложенные отечественными и зарубежными производителями.

Фирмой Herman Berstorff Maschinenbau (Германия) разработана линия по переработке изношенных шин, состоящая из шинного дезинтегратора, измельчающего валкового каландра, на которой получают ИВ с частицами размером 50-500 мкм.

Фирма Cumberland Engineering производит установки для переработки изношенных шин 9,0 и 4,5 тонн шин/ч. В машине грубого дробления получают

куски резины размером 50 × 50 мм, которые затем поступают на измельчитель, где на первой стадии получают ИВ с размерами 16 мм и удаляют 70-75% стали; на второй стадии получают ИВ с размерами частиц 5.3-6.3 мм; на третьей стадии частицы размерами 1.65, 0.83 и 0.51 мм. На второй и третьей стадиях удаляют металл и текстиль.

Фирмой SIMP (Англия) разработан экономичный не загрязняющий окружающую среду метод получения ИВ из использованных шин. На первой стадии получают ИВ с размерами частиц 14 мм в двух высокоскоростных грануляторах с ножами, находящимися на барабанах. После магнитной сепарации смесь резины с текстилем поступает в быстродействующие грануляторы. ИВ (3-5 мм) очищается от волокон вибрационно-воздушной сепарацией. Производительность установки 300-350 шин/ч (~ 2 т/ч). Потребность в энергии при этом составляет – 192 кВт, установку обслуживают два человека.

В России разработана технология и оборудование для получения ИВ из изношенных шин. Куски изношенных шин после машины первичного измельчения поступают в молотковую дробилку, где при 15-25 °С и скорость вращения молотков 55-70 м/с получают ИВ (10 мм) и происходит отделение металла и текстиля. После мельницы мелкодисперсного измельчения и фракционирования ИВ (> 0.4 мм) повторно измельчается во второй мельнице. Производительность линии по ИВ с размерами частиц менее 0.4 мм – 500 кг/ч, расход энергии – 300 кВт. Обслуживающий персонал составляет пять человек.

Используются также и мобильные установки, позволяющие измельчать шины при обычных температурах и с использованием жидкого азота непосредственно в местах их хранения, свалки и т.д.

Первой фирмой в Великобритании, располагающей мобильной режущей установкой, является фирма Pounton West. Установка состоит из гидравлического измельчителя и крана с выносной стрелой 6.1 м с ковшем, смонтированным на трайлере длиной 12.2 м. Предложен способ получения ИВ путем регенерации его через одну или несколько последовательно расположенных зон измельчения при 80-280 °С с целью увеличения выхода ИВ с заданным размером частиц и повышенной однородностью фракционного состава. Вращающуюся крышку с металлокордом разрушают под давлением 120-200 МПа струями жидкости, сформированными в пучки и расположенными по периметру крышки. Частицы резины отделяют от металла.

С целью отделения металлокорда и измельчения полый оболочки предлагается наносить на поверхность крышки слой взрывчатых веществ. Камеру перед взрывом вакуумируют.

Крышки обрабатывают токами высокой чистоты (далее – ТВЧ), для индукционного нагрева металлокорда используют токи промышленной частоты. Перед разрушением шины с помощью взрыва в замкнутой кольцевой системе с образованием направленного циркулирующего потока их охлаждают. Для дополнительного измельчения шины проводят повторную обработку взрывом фрагментов изношенных шин, полученных в результате взрывного разрушения шин. Для повышения эффективности дробления и снижения

расхода взрывчатого материала фрагменты шин перед дроблением могут быть охлаждены до температуры от  $-90^{\circ}$  до  $-180^{\circ}\text{C}$  жидким азотом.

Разрушение изношенных шин ТВЧ подробно описано в патенте № 2010709 (Способ разрушения армированных изделий, Россия). Сущность предлагаемого способа разрушения армированных изделий заключается в том, что при одновременном искровом разряде, осуществляемом высоковольтным импульсом напряжения с длительностью не превышающей более чем в 1,75 раза отношение толщины изделия к скорости звука в материале изделия, в перпендикулярных к поверхностям изделия цилиндрических каналах, заполненных диэлектрической жидкостью и расположенных друг от друга на одинаковом расстоянии по окружности с радиусом, не превышающим более чем в 2,5 раза толщину изделия, в последнем возбуждаются цилиндрические (по отношению к каналам) ударные волны. В момент столкновения ударных волн, распространяющихся от соседних каналов, в областях, расположенных симметрично относительно указанных каналов, образуются зоны цилиндрической кумуляции, в которых возникают волны сжатия, распространяющиеся в противоположных направлениях, перпендикулярно к поверхностям изделия. После отражения волн сжатия от свободных поверхностей изделия возникают волны разгрузки, которые взаимодействуют с волнами сжатия. В результате в плоскостях, параллельных поверхностям изделия, возникают импульсные растягивающие воздействия со скоростью нарастания напряжения и величиной напряжения, обеспечивающих режим откольного (Гопкинсона) разрушения материала изделия.

При использовании в качестве диэлектрической жидкости сжиженного газа высокая степень отделения материала изделия от арматуры, согласно изобретению, обеспечивается бесконтактным нагревом материала арматуры до температуры 230-300 К перед воздействием на изделие ударными волнами.

В патенте № 2077423 (Способ утилизации отработанных шин, Россия) предложен способ послойного снятия вулканизационной резины с автопокрышки. Перед первой стадией измельчения на поверхность шины наносят сетку параллельных надрезов в вертикальной и горизонтальной плоскостях с расстоянием между ними и глубиной равной размеру резиновой крошки, при этом первую стадию измельчения производят снятием механическим путем части вулканизированного слоя при сохранении формы шины, перед второй стадией измельчения производят разметку поверхности шины на заготовки для изготовления изделий с последующим разделением шины на заготовки и нанесение аналогичной сетки параллельных надрезов на каждую заготовку, при этом вторую стадию измельчения осуществляют путем снятия части оставшегося вулканизированного слоя с каждой заготовки до обнажения корда и сохранения прочности заготовки.

Способ утилизации шин заключается в следующем. Вышедшие из строя шины сортируют по группам:

I группа - шины не имеющие порывов;

II группа - шины, имеющие порывы в одной торцевой части (поверхности);

III группа - шины, имеющие порывы со стороны вулканизированного слоя, с повреждением кордовой части.

Сортировка на группы необходима для того, чтобы определить какую шину можно использовать под ту или иную заготовку (конструкцию).

После сортировки шин осуществляют первичное снятие вулканизированного слоя резины до сохранения первоначальной формы шины. Для того чтобы резиновую крошку получать запрограммированного (заданного) размера, вулканизированную поверхность шины механическим путем покрывают сеткой параллельных надрезов в вертикальной и горизонтальной плоскостях, с расстоянием между параллельными надрезами равным заданному размеру крошки. Глубина надреза также равна необходимому размеру резиновой крошки по толщине. Снятие вулканизированного слоя с нанесенными надрезами осуществляются механическим путем, одной из возможных операций: строганием, точением, фрезерованием и т.д. Для нанесения надрезов режущий инструмент размещается в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Система надрезов обеспечивает каждому элементу резиновой крошки с заданными размерами свободную поверхность с пяти сторон. Поэтому отделение элемента от шины механическим путем осуществляется с меньшими энергозатратами.

После первичного снятия вулканизированного слоя с шины осуществляется, в зависимости от типа износа (то есть группы шин), разметка шин на заготовки (конструкции, элементы) для получения чаши, обечайки, ограждающего кольца, днища, кольца, тротуарной плитки, улучшенной тротуарной плитки, строительной пластины, дистанционной прокладки, стульчика.

Размеченные шины механическим путем расчленяют на указанные выше заготовки. Причем чаши могут изготавливаться из двух групп:

- не имеющих порывов;
- имеющих порывы в одной торцевой части (поверхности).

Получив путем расчленения шин заготовки для вышеперечисленных изделий, их обрабатывают до необходимых размеров путем дальнейшего (вторичного) снятия вулканизированного слоя механическим путем. Для этого на вулканизированный слой (поверхность) заготовок наносится сетка надрезов. После этого механическим путем с вулканизированного слоя заготовок отделяется резиновая крошка с заданными размерами. При вторичном снятии вулканизированного слоя сохраняют корд и предохранительный слой резины, что обеспечивает прочность (жесткость) и долговечность изделия. За счет снятия вулканизированного слоя заготовка доводится до заданных размеров и значительно уменьшается по массе. Для получения товарного вида рабочая (лицевая) поверхность деталей может быть обработана наждачным камнем или фигурным режущим инструментом.

Для уменьшения трудоемкости механической обработки заготовок и трудоемкости по измельчению стружки заготовку деталей могут подвергать охлаждению до  $-70^{\circ}\text{C}$  (получая хрупкое состояние резины) и обрабатывать в охлажденной среде обычным режущим инструментом.

### **3 Инженерно-технические мероприятия по снижению негативного воздействия отработанных автопокрышек на окружающую среду**

Согласно «Программе социально-экономического развития города Красноярска до 2020 года», одним из ключевых направлений в развитии города является улучшение качества окружающей среды.

Целью данного направления является «разработка организационно-экономического механизма развития города в пределах экологической емкости биосферы. Реализация права граждан на благоприятную окружающую среду, в том числе через формирование ответственности и экологической культуры населения».

Для достижения поставленной цели были разработаны следующие меры по достижению экологической безопасности:

- развитие региональной системы формирования экологической культуры населения, промышленных предприятий;

- разработка совместно с населением (некоммерческими общественными объединениями), промышленными предприятиями программы экологической безопасности Красноярска;

- взаимодействие с администрацией Красноярского края и городскими округами и муниципальными районами в пограничных пределах «город Красноярск – Муниципальное образование» по решению существующих проблем в обеспечении экологической безопасности;

- строительство в Красноярске мусоросортировочных и мусороперерабатывающих комплексов, предприятий по переработке и утилизации автопокрышек, отработанных масел, жиров и прочих отходов;

- рекультивация экологически загрязненных территорий.

На основании выработанных мер, для защиты окружающей среды города Красноярска от отходов производства и потребления предлагается утилизировать отработанные автомобильные покрышки механическим методом перевода их в резиновую крошку с последующим производством в товар народного потребления - новых автомобильных шин.

#### **3.1 Предлагаемый метод переработки автопокрышек**

Использование покрышек в качестве альтернативного топлива было популярным на протяжении многих лет. Это объяснялось тем, что данный метод утилизировал большие объемы образовавшихся покрышек. Однако с развитием экологии сжигание было признано самым неэффективным и экологически опасным методом утилизации. При сжигании покрышек в атмосферу выделяется большое количество вредных загрязняющих веществ, опасных для окружающей природной среды и здоровья человека. Еще одним недостатком данного метода является потеря ценного вторичного ресурса –

резины. Практическое использование данного метода показало, что экономическое его использование в конечном счете не оправданно.

В результате пиролиза покрышек получают широкий перечень продуктов переработки:

- пиролизное жидкое топливо;
- обуглероженный твердый осадок;
- металлолом;
- пиролизный газ.

Полученные продукты в дальнейшем могут быть использованы на технические нужды предприятий, либо, в случае металлолома, переработаны.

Однако по результатам исследований было выявлено, что процесс пиролиза резины сопровождается выделением токсичных газов. Кроме того, до сих пор существует проблема реализации пиролизной продукции на рынке вторичного сырья.

Использование резины для получения регенерата производится только после механической переработки отработанных автопокрышек. Получение регенерата процесс сложный. Для достижения необходимого качества регенерата используют различные химические вещества – мягчители, активаторы, модификаторы, эмульгаторы и т.д. Так же высоки требования к основному сырью - резиновой крошке.

Таким образом, из всех рассмотренных методов утилизации отработанных автопокрышек, наиболее предпочтительным является механический метод переработки, представлен на рисунке 28. При использовании данного метода, получается резиновая крошка, а так же металлический корд (в виде металлолома) и остатков ткани. Способов получения резиновой крошки большое количество, наибольшее распространение получил способ криогенного дробления и дробления при нормальной температуре.

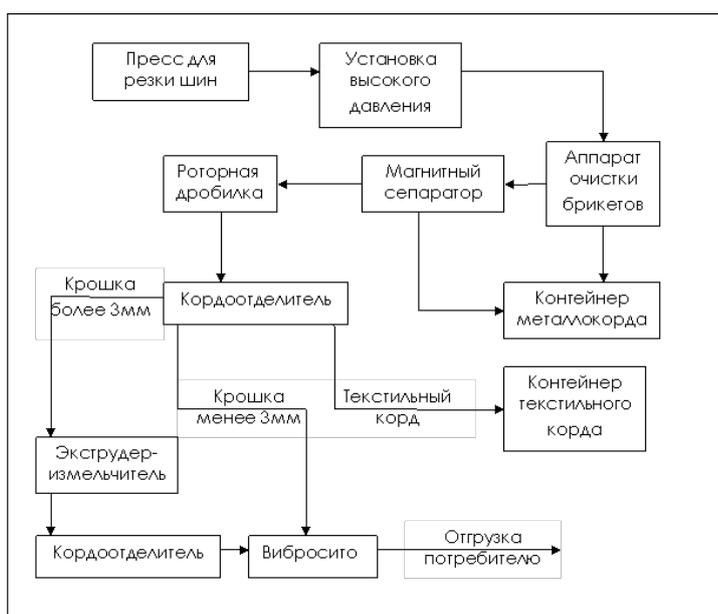


Рисунок 28 – Механический метод переработки шин.

При криогенном методе получается тонкодисперсная крошка с высокой степенью чистоты, однако подобная установка требует больших капитальных вложений и специально обустроенного помещения. Переработка при нормальной температуре наиболее доступна и не требует больших энергетических затрат, при этом существует возможность дробления покрышек с частицами разных размеров, что в дальнейшем позволит использовать полученную резиновую крошку в различных областях применения.

При этом предприятие по утилизации автопокрышек механическим методом переработки можно характеризовать следующими воздействиями на окружающую среду:

- выброс пылевидных частиц;
- выброс текстильного волокна (пыли);
- исходное сырье, складированное на производственной площадке, является источником выделения загрязняющих веществ;
- повышенный уровень шума на внешнем контуре производственного здания.

Однако данные экологические проблемы могут быть решены при использовании нового современного оборудования.

### **3.2 Описание технологического процесса утилизации отработанных автопокрышек**

Один из главных факторов при организации прибыльного производства по переработке автомобильных шин является наличие и доступность сырья. Основными поставщиками служат крупные и средние предприятия, на балансе которых числится автомобильный транспорт: компании-перевозчики, автопредприятия, промышленные производства, автохозяйства государственных структур и подразделений, шиномонтажные центры и сервисы (которых в городе насчитывается более 100), полигоны ТБО. Следовательно, при построении системы сбора авто шин следует учитывать фактор транспортной доступности к предприятиям.

Сырьем при производстве резиновой крошки являются изношенные автомобильные шины с металлическим и текстильным кордом, покрышки диаметром до 1,5 м, отходы резинотехнических изделий. Резиновая крошка – основной продукт переработки автомобильных шин. Благодаря тому, что автомобильные шины в процессе эксплуатации подвержены длительным колоссальным нагрузкам, при производстве новых шин используется качественные компоненты (природные, синтетические каучуки, смягчающие масла, наполнители и т.д.) в совокупности с новейшими технологиями. Шинная резина является практически самой прочной и долговечной из всех используемых видов резин, обладает многими другими важными качествами (эластичность; стойкость к кислотам и щелочам; прочность на изгиб, растяжение, истирание и т.д.).

Прием шин на переработку производится в соответствии с ГОСТом 8407-89 «Сырье вторичное резиновое. Прием шин происходит на основе договоров приемки шин на утилизацию. Прием шин на переработку, осуществляется за плату: в среднем по России эта сумма составляет от 1 500 до 3 500 рублей за тонну автопокрышек.

Отработанные автомобильные покрышки складываются на специальной площадке возле производственного здания. Для создания эффективной системы сбора отработанных шин необходимо:

- обеспечить организацию сбора изношенных шин и доставку их на перерабатывающий завод;
- разработать механизм сбора изношенных шин в местах проведения шиномонтажных и ремонтных работ;
- привлекать к ответственности производителей и продавцов шин за организацию сбора и передачи на утилизацию отработанных шин.

Затем автопогрузчики доставляют автопокрышки в главные ворота производственно-бытового здания, в котором уже установлена линия станков и оборудования по переработке отработанных шин.

Технологический процесс по переработке отработанных шин в крошку состоит из двух этапов переработки.

На первом этапе производится подготовка шин к дроблению. Шины проходят визуальный осмотр на предмет посторонних включений (гвозди, осколки, камни, шипы и т.д.). Затем передаются на гидравлический станок для удаления толстой бортовой проволоки из посадочных колец грузовых и легковых шин. Грузовая покрышка рабочим вручную или с помощью подъемного механизма устанавливается на станок для вытягивания бортовой проволоки. Извлеченная бортовая проволока складывается для прессовки или вывоза.

На выходе получается чистая бортовая проволока и резиновая составляющая шины. Производительность такого станка составляет 15 - 40 покрышек в час.

После удаления металлического включения, резиновая составляющая передается на гидравлические ножницы, где разрезается на 3 - 4 части. Производительность - 1000 кг/час. При этом шины уменьшаются в объеме в 5 - 7 раз. Это делает материал транспортабельным и удобным в переработке. Станок может перерабатывать шины с толстой бортовой проволокой.

Далее шины передаются на двусторонний разделитель для разделки резины на части размером 200x250 мм, с производительностью до 1000 кг/час.

Подготовленные фрагменты шин по транспортеру подаются на второй этап производства - дробление до конечных фракций и удаление посторонних примесей. На втором этапе происходит поэтапное измельчение кусков шин в резиновую крошку, а также удаление текстиля и металла, деление крошки на фракции.

Измельчение чипсов 200x250 мм производится шредером первичного измельчения до размеров 50x50 мм. После чипсы доставляют горизонтальным ленточным конвейером во второй шредер, где чипсы измельчаются до размеров

15x15 мм. Параллельно со вторым шредером происходит отделение металлокорда магнитными сепараторами. Полученные чипсы транспортируют в два измельчителя с системой фильтрации (по 18,5 кВт) для дальнейшего измельчения.

В измельчителях №1 и №2 резиновые чипсы измельчают до размера резиновой крошки до 0,7 мм. На этом технологическом этапе происходит частичное отделение текстильного корда, а также удаление металлических включений.

Полученная резиновая крошка поставляется в измельчитель №3, где крошка измельчается до размера частиц 0,4 мм, откуда горизонтальным ленточным конвейером подается на вибростол №1 грубой очистки от текстиля. После первичной очистки резиновая крошка подается на вибростол №2, где происходит очистка от текстиля и разделение крошки на две фракции - 0,2 и 0,4 мм.

После разделения на фракции, крошка размером 0,2 мм подается на вибросистему №1, а крошка размером 0,4 мм на вибросистему №2. На этом этапе происходит окончательная очистка от остатков текстильного корда, после чего очищенная резиновая крошка подается на складирование в мешки и автопогрузчиком доставляется на склад готовой продукции, откуда вывозится собственным автотранспортом предприятия и используется в дальнейшем для изготовления новых автомобильных шин.

Технологическая линия представляет собой последовательный ряд узлов и механизмов, представленных в таблице 7.

Таблица 7 – Состав линии по переработки отработанных автопокрышек в резиновую крошку.

№ п/п	Наименование оборудования	Мощность	Количество единиц
1	Контрольный пульт управления линией		1
2	Гидравлический вытягиватель металлической бортовой проволоки из шин	11 кВт	2
3	Гидравлические ножницы	7,5 кВт	1
4	Двусторонний разделитель шин на части	8 кВт	1
5	Транспортёр подачи сырья в линию	1,1 кВт	1
6	Шредер	44 кВт	1
7	Транспортёр	0,75 кВт	1
8	Магнитный сепаратор №1	0,75 кВт	1
9	Транспортёр отвода металлических включений	0,75 кВт	1
10	Транспортёры подачи чипсов в измельчители чипсов в крошку	0,75 кВт	2
11	Измельчители с системой фильтрации	18 кВт	2
12	Транспортёр	0,75 кВт	1
13	Магнитный сепаратор №2	0,75 кВт	1
14	Транспортёр отвода металлических включений	0,75 кВт	1
15	Вибростол грубой очистки от текстильных включений	2,2 кВт	1
16	Вибростол для разделения крошки на фракции и дополнительной очистки от текстильных включений	2,2 кВт	1
17	Шнековые транспортёры	1,5 кВт	2
18	Текстильные сепараторы тонкой очистки	9 кВт	2

Линия по переработке шин автоматическая, предназначенная для измельчения изношенных автомобильных шин с металлическим и тканевым кордом в резиновую крошку. Необходимые технические требования представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические требования линии по переработке изношенных автопокрышек в резиновую крошку.

Наименование параметра	Значение
1	2
Установочная (общая) электрическая мощность	250 кВт
Средний уровень электропотребления	150 кВт/ч
Производительность линии на входе	1000 кг сырья/час
Производительность линии на выходе (средняя, зависит от состава сырья)	до 700 кг крошки/час
Годовая мощность переработки шин при загрузке 300 дней в году по 20 часов в сутки	До 6000 тонн
Рекомендуемый режим работы	2 смены по 8-10 часов, с учетом технического регламента
Количество персонала в смену	6 человек
Требования к помещению:	
Занимаемая площадь (без учета складских площадей)	450 кв.м
Высота	4 м
Ширина	15 м
Длина	30 м
Температурный режим	от +5 до +30С°

В результате работы установки по утилизации шин получают следующие продукты:

- металлический корд в виде металлолома;
- текстиль;
- резиновая крошка, размером 0,2 и 0,4 мм.

Из положительных качеств данной линии можно выделить следующее:

- Комплексный, безотходный подход к переработке шин;
- Технологическая возможность переработки не только автомобильных шин, но и отходов резинотехнических изделий, что увеличивает возможных поставщиков и доступность сырья;
- Низкие удельные энергозатраты на тонну сырья;
- Получение стандартизированных, востребованных продуктов;
- Многоступенчатая система сепарации крошки от текстильного и металлического корда. На выходе чистая крошка без включений металла и текстиля;
- Поэтапное измельчение шин до необходимых фракций. При ступенчатом измельчении не происходит перегрева и пережигания крошки, что позволяет сохранить все ее технологические свойства и избежать появления сажи в готовой продукции;

- Небольшие габариты. Возможность размещать линию в различных комбинациях, в соответствии с планировкой имеющегося здания;
- Небольшое количество работающего персонала (в 2-3 раза, чем у аналогов);
- Для подачи фрагментов шин в процессе переработки используется пневмотрасса, позволяющая производить охлаждение оборудования и материала без использования воды, отказаться от энергозатратных транспортеров;
- Производство не вредное для персонала по запыленности, уровню вибрации и шума.

Линия позволяет перерабатывать до 6000 тонн автопокрышек в год, получая, при этом, до 4200 тонн резиновой крошки. Производительность оборудования при различных условиях работы линии представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Производительность линии.

Производительность	2 смены 8 часов (22 рабочих дня), кг	2 смены 10 часов (22 рабочих дня), кг	2 смены 10 часов (25 рабочих дней), кг
1	2	3	4
Сырье на входе: отработанные автопокрышки			
В час	1000	1000	1000
В смену	8000	10000	10000
В день	16000	20000	20000
В месяц	352000	440000	500000
В год	4224000	5280000	6000000
Продукция на выходе: резиновая крошка			
В час	700	700	700
В смену	5600	7000	7000
В день	11200	14000	14000
В месяц	246400	308000	350000
В год	2956800	3696000	4200000

Из данных, приведенных в таблице 9, следует, что данная линия способна справиться как с накопившемся объемом отработанных автопокрышек так и с вновь образуемыми отходами.

Воздействие технологии на окружающую среду:

- Не требуется подвод воды для охлаждения линии;
- Нет транспортеров, для передачи материалов используются пневмотрассы. А значит, нет источника выбросов в воздух. Отсутствует взвесь из мелкой резиновой пыли, представляющей собой чрезвычайно взрывоопасную субстанцию;
- Пневмотрасса является системой аспирации. Вся пыль осаживается в пылесборник.
- Низкий уровень шума (допустимый уровень 70 ДБ). Значение меньше ПДУ, тем не менее, оператору необходимо работать в бирушах.

#### 4 Области применения резиновой крошки

Отработанные автомобильные покрышки, как и другие резиновые изделия, ввиду своего химического строения (трехмерная химическая сетка) долгое время считались в принципе не перерабатываемым и поэтому проблемным материалом. Между тем, с помощью новых технологий удалось переработать каждый вид резиновых изделий в конечный продукт, сырье или источник энергии.

На данный момент изношенные шины перерабатываются в больших количествах в резиновый гранулят, крошку и резиновую пыль. Производимая из них продукция с успехом применяется уже много лет.

При механической переработке шин в крошку, физико-химический состав резины практически не меняется. Ввиду того, что крошка - продукт переработки (утилизации) шин, рыночная цена на нее в 3-4 раза ниже, чем на первичное резиновое сырье. Поэтому крошка является недорогим, высококачественным продуктом утилизации покрышек.

Резиновая крошка, полученная в результате механической переработки изношенных автопокрышек, имеет многочисленные и перспективные сферы дальнейшего практического применения, что при эффективной организации маркетингового сопровождения и системы сбыта, обеспечит ее быструю и устойчивую реализацию.

В зависимости от размера частиц резиновая крошка может быть использована различных сферах производства.

*1) Резиновый гранулят (размер частиц менее 0,630 мм).*

С вяжущими веществами дуропласта могут соединяться до 95% резины, что дает возможность производить большое количество разнообразных изделий. Для гранулята предлагается технология производства спортивных напольных покрытий для теннисных, футбольных площадок, спортивных площадок для бадминтона, хоккея, бейсбола, американского футбола, площадок для бега и прыжков.

Данные изделия имеют следующие свойства:

- Водопроницаемость.
- Высокая прочность в момент разрыва.
- Естественный изолятор.
- Сокращение расходов на содержание.
- Возможность эксплуатации при любых погодных условиях.
- Легко проводимые ремонтные работы.

Также изделия из дуропласта на основе резинового гранулята могут применяться в сельском хозяйстве в качестве покрытий в теплицах и загонах для скота. В строительстве резиновый гранулят используется в изготовлении дренажных матов и изоляционных материалов. В коммунальном хозяйстве используется для создания напольных покрытий, спасательных матов и элементов детских площадок.

*2) Резиновая крошка (0,1 мм - 10 мм):*

- *порошковая резина с размерами менее 0,1 мм* используется при частичной замене ПВХ, различных добавок в полимерные смеси, производства термопластгранулятов и дуропластов;

- *порошковая резина с размерами частиц от 0,2 до 0,45 мм* используется в качестве добавки (5-20%) в резиновые смеси для изготовления новых автомобильных покрышек, массивных шин и других резинотехнических изделий. Применение резинового порошка с высокоразвитой удельной поверхностью частиц (2500-3500 см. кв/г), получаемой при его механическом измельчении, повышает стойкость шин к изгибающим воздействиям и удару, увеличивая срок их эксплуатации;

- *порошковая резина с размерами частиц до 0,6 мм* используется в качестве добавки (до 50-70%) при изготовлении резиновой обуви и других резинотехнических изделий. При этом свойства таких резин (прочность, деформируемость) практически не отличаются от свойств обычной резины, изготовленной из сырых каучуков;

- *порошковую резину с размерами частиц до 1,0 мм* можно применять для изготовления композиционных кровельных материалов (рулонной кровли и резинового шифера), подкладок под рельсы, резинобитумных мастик, вулканизованных и не вулканизованных рулонных гидроизоляционных материалов;

- *порошковая резина с размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм* применяется в качестве добавки для модификации нефтяного битума в асфальтобетонных смесях, используемых при строительстве автомобильных дорог, которые улучшают их деформационные и фрикционные свойства. Такие добавки позволяют увеличить прочность покрытия дорог, а также их стойкость к удару, морозостойкость и стойкость к растрескиванию полотна при температурных перепадах. Объем дробленой резины в составе таких усовершенствованных покрытий должен составлять около 2% от массы минерального материала, т.е. 60-70 тонн на 1 км дорожного полотна. При этом срок эксплуатации дорожного полотна увеличивается в 1,5 - 2 раза. Такие порошки используются также в качестве сорбента для сбора сырой нефти и жидких нефтепродуктов с поверхности воды и почвы, для тампонирования нефтяных скважин, гидроизоляции зеленых пластов и т.д.;

- *резиновая крошка с размерами частиц от 2 до 10 мм* используется при изготовлении массивных резиновых плит для комплектования трамвайных и железнодорожных переездов, отличающихся длительностью эксплуатации, хорошей атмосферостойкостью, пониженным уровнем шума и современным дизайном; спортивных площадок с удобным и безопасным покрытием; животноводческих помещений и т.д.

### 3) *Резиновая пыль (0,315 - 0,630 мм).*

Для резиновой пыли размером 0,315 - 0,630 мм, произведенной криогенным методом, разработана технология производства напольных покрытий из дуропласта и непрерывных резиновых лент. Данные изделия могут быть произведены для средних, сильных и специальных нагрузок согласно требованиям. Возможно различное цветовое исполнение.

Области применения:

- Напольные покрытия могут применяться в магазинах, выставочных залах, лабораториях, конференц-залах, ресторанах, кино, больницах, на вокзалах, жилых помещениях и т.д.

- Непрерывные резиновые ленты применяются в строительстве в качестве изоляционного материала и лент для плоских крыш.

- Соединение из дуропласта и резиновой пыли также может применяться в качестве тепло - и холодоизолятора, дренажных матов, звукоизоляционного материала и т.д.

Изделия из резиновой пыли и связующих веществ дуропласта равноценны материалам, произведенным из вторичного сырья, частично они даже превосходят их по своим свойствам и по сравнению с ними являются более дешевыми.

Продукция, изготовленная из резиновой пыли, может применяться в промышленности (профиль, подошвы, резиновые сапоги, пластиковые формовочные детали, уплотнительные шпаты) и сельском хозяйстве (поливочные шланги, газонные камни, контейнеры для семян, ящики для цветов, емкости для отходов, маты для конюшен). Преимуществом при этом является экономия дорогого первичного сырья и способность конечного продукта к переработке.

*4) Мельчайшая резиновая пыль (не более 0,315 мм).*

Наибольшим спросом в промышленности пользуется мельчайшая резиновая пыль с высокой степенью чистоты, которая в настоящее время не может быть предложена на рынке или может быть представлена в очень ограниченных количествах.

Это специальная мельчайшая резиновая пыль, делающая возможным замену первичного сырья. При этом удельная площадь поверхности частицы увеличена до размера, при котором значительно улучшаются ее адгезионные свойства. Такая резиновая пыль применяется в производстве эластомеров. При этом возможно получение широкого спектра продукции:

- Ленточные конвейеры;
- Шланги;
- Профили;
- Автомобильные детали;
- Изолирующие слои;
- Звукоизоляционные и виброзащитные покрытия;
- Покрытия кантов;
- Экструзионные изделия;
- Некоторые РТИ.

Эта продукция представляет интерес, прежде всего, для шинной (производство РТИ) и резиноасбестовой промышленности (для замены натурального каучука). Чтобы представить масштабы потенциального спроса на такую продукцию, достаточно ознакомиться с прогнозом Индонезийского НИИ по каучукам: к 2020 г. ожидается дефицит натурального каучука в 800 тыс. т, и чтобы обеспечить потребность в нём резинопотребляющих отраслей.

## 5 Нормативно – правовое обоснование

Любая природоохранная деятельность должна опираться на законодательные правовые акты Российской Федерации.

В данной работе разработка мероприятий по переработке отработанных автомобильных шин производилась на основании нормативных актов, действующих в сфере обращения с отходами производства и потребления во исполнение требований законодательства Российской Федерации с целью утверждения норм и правил по обращению с отходами производства и потребления.

Закон РФ «Об охране окружающей природной среды» № 7-ФЗ.

Основы нормирования в области охраны окружающей среды

Нормирование в области охраны окружающей среды осуществляется в целях государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, иных нормативов в области охраны окружающей среды, а также государственных стандартов и иных нормативных документов в области охраны окружающей среды.

Нормативы и нормативные документы в области охраны окружающей среды разрабатываются, утверждаются и вводятся в действие на основе современных достижений науки и техники с учетом международных правил и стандартов в области охраны окружающей среды.

Нормирование в области охраны окружающей среды осуществляется в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Федеральный закон РФ № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

Настоящий Федеральный закон определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения вредного воздействия отходов производства и потребления на здоровье человека и окружающую природную среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья.

Основными принципами государственной политики в области обращения с отходами являются:

- охрана здоровья человека, поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей природной среды и сохранение биологического разнообразия;
- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества в целях обеспечения устойчивого развития общества;
- использование новейших научно - технических достижений в целях реализации малоотходных и безотходных технологий;

- комплексная переработка материально - сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов;
- использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот;
- доступ в соответствии с законодательством Российской Федерации к информации в области обращения с отходами;
- участие в международном сотрудничестве Российской Федерации в области обращения с отходами.

Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ.

Настоящий Федеральный закон направлен на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения как одного из основных условий реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду.

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения обеспечивается посредством:

- контроля за выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий и обязательным соблюдением гражданами, индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами санитарных правил как составной части осуществляемой ими деятельности;
- создания экономической заинтересованности граждан, индивидуальных предпринимателей и юридических лиц в соблюдении законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения;
- государственного санитарно-эпидемиологического нормирования;
- государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- сертификации продукции, работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для человека;
- лицензирования видов деятельности, представляющих потенциальную опасность для человека;
- государственной регистрации потенциально опасных для человека химических и биологических веществ, отдельных видов продукции, радиоактивных веществ, отходов производства и потребления, а также впервые ввозимых на территорию Российской Федерации отдельных видов продукции;
- мер по своевременному информированию населения о возникновении инфекционных заболеваний, массовых неинфекционных заболеваний (отравлений), состоянии среды обитания и проводимых санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятиях;
- мер по привлечению к ответственности за нарушение законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Осуществление мер по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения является расходным обязательством Российской Федерации.

Осуществление мер по предупреждению эпидемий и ликвидации их последствий, а также по охране окружающей среды является расходным обязательством субъектов Российской Федерации.

Органы государственной власти и органы местного самоуправления, организации всех форм собственности, индивидуальные предприниматели, граждане обеспечивают соблюдение требований законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения за счет собственных средств.

Приказ МПР РФ № 786 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов».

В данном приказе был утвержден федеральный классификационный каталог отходов. Управлением организационно-методического обеспечения государственного экологического контроля при участии главных управлений природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по субъектам Российской Федерации обеспечено ведение федерального классификационного каталога отходов и его периодическая (но не реже одного раза в год) публикация, в том числе в глобальной информационной сети Интернет.

Приказ МПР России № 663 «О внесении дополнений в Федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом МПР России от 02.12.2002 г. № 786 « Об утверждении федерального классификационного каталога отходов».

Внесены прилагаемые дополнения в федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом МПР России от 02.12.2002 № 786.

Временные правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации от 15.07.1994.

Правила предназначены для регулирования отношений между исполнительными органами власти, природопользователями и специально уполномоченными государственными органами по охране окружающей среды и охватывают все виды деятельности, связанные с образованием, сбором, хранением, переработкой, транспортировкой и захоронением отходов производства и потребления.

В обязанности природопользователя входят:

- принимать надлежащие, обеспечивающие охрану окружающей среды и сбережение природных ресурсов меры по обращению с отходами;
- соблюдать действующие экологические, санитарно-эпидемиологические и технологические нормы и правила при обращении с отходами;
- осуществлять отдельный сбор образующихся отходов по их видам, классам опасности и другим признакам с тем, чтобы обеспечить их использование в качестве вторичного сырья, переработку и последующее размещение;
- обеспечивать условия, при которых отходы не оказывают вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье людей при

необходимости временного накопления произведенных отходов на промышленной площадке (до момента использования отходов в последующем технологическом цикле или направления на объект для размещения);

- оформлять разрешение на размещение отходов независимо от того, на собственном объекте размещаются отходы или арендованном.

Экологический контроль производится территориальным органом Минприроды России, осуществляющим государственный контроль, а также экологической службой предприятий, организаций и учреждений, которые осуществляют производственный экологический контроль.

Санитарные правила по сбору, хранению, транспортировке и первичной обработке вторичного сырья от 22.01.1982 г. № 2524-82.

Санитарные правила имеют своей целью обеспечить безопасные в санитарно-эпидемическом отношении условия труда работающих на заготовке, транспортировке и первичной обработке вторичного сырья.

ГОСТ 30773-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла. Основные положения.

Настоящий стандарт устанавливает типовые этапы технологического цикла отходов производства и потребления (ЭТЦО), включая ликвидацию отбракованных, устаревших и/или списываемых изделий (продукции), утративших свои потребительские свойства. Стандарт распространяется на образующиеся в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве, а также в быту и муниципальных хозяйствах объекты и отходы, которые подлежат ликвидации.

ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения.

Настоящий стандарт устанавливает термины и определения основных понятий, необходимых для регулирования, организации, проведения работ, а также нормативно-методического обеспечения при обращении с отходами: твердыми, жидкими (сбросами), газообразными (выбросами), шламами и смесями на различных этапах их технологического цикла, и распространяется на ликвидацию любых объектов, идентифицированных как отходы, которые могут рассматриваться как биосферозагрязнители.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы во многих странах большое внимание уделяется проблеме использования образующихся во всё возрастающих количествах отходов производства и потребления, в том числе изношенных шин, которые являются одним из самых многотоннажных полимерных отходов.

Проблема использования изношенных шин имеет важное экологическое значение, поскольку вышедшие из эксплуатации шины накапливаются в местах их эксплуатации (в автохозяйствах, на аэродромах, промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, горно-обогатительных комбинатах и т.д.). Вывозимые на свалки или рассеянные на окружающих территориях, шины длительное время загрязняют окружающую среду вследствие высокой стойкости к воздействию внешних факторов (солнечного света, кислорода, озона, микробиологических воздействий). В современном мире большое внимание уделяется защите окружающей среды, и теперь к тем, кто выбрасывает или сжигает старые покрышки, применяются самые жесткие штрафы.

Сегодня известны несколько основных способов переработки автомобильных покрышек, основными из которых являются:

- сжигание (иногда используют для получения энергии);
- пиролиз резины (получение жидкого топлива, мазута);
- измельчение (получение резиновой крошки).

Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки и разработан для определенной цели, которая легко просматривается в их сути - это получение резиновой крошки (муки) или топлива.

Но если получение топлива из покрышек не всегда экономически выгодно и наносит вред окружающей среде, то получение покрытия из резиновой крошки технологически и экологически оправдано. Именно поэтому весь цивилизованный мир давно перешел на экологически чистый способ получения резиновой крошки путем дробления автомобильных шин. Эта не только способствует сбережению окружающей среды, но и позволяет значительно экономить на производстве полимерных материалов, ведь изготовление резиновой крошки не отражается на их физических и химических свойствах.

Сам процесс получения резиновой крошки не требует особых затрат и больших производственных мощностей, но при этом на первое место выходит соблюдение экологической безопасности.

Полученную резиновую крошку можно так же использовать в нескольких направлениях.

Во-первых, резина преимущественно состоит из углерода и водорода, поэтому является топливом (энергоносителем), которым можно топить котельные, промышленные или бытовые печи, в общем, использовать как заменитель угля, газа или древесины. Данный метод не особо приемлем с точки зрения экологических организаций.

Во-вторых, подготовленную резину можно девулканизировать, то есть провести её восстановление. Этот метод так же не одобряется экологами.

В-третьих, резиновая крошка – популярное сырье для асфальтобетонных заводов (АБЗ), выпускающих асфальт повышенного качества, обладающий повышенной прочностью пластичностью и износостойкостью. На АБЗ резиновую крошку добавляют в битум, с целью придания пластичности выпускаемой продукции.

И, наконец, в-четвертых, из резиновой крошки можно производить экологически чистую продукцию, тротуарную резиновую плитку и другие подобные виды резиновых изделий, украшающих улицы, площади, детские площадки и другие социально-бытовые объекты.

Сегодня изготовление резиновой крошки очень выгодно, поскольку она нашла широкое применение в различной сфере деятельности человека, нефтехимической промышленности, автодорожном строительстве, но в основном используется для изготовления принципиально нового и практичного материала. Сегодня покрытия из резиновой крошки можно встретить в спортивных сооружениях, детских комплексах, городских парках, теплицах. Кроме того, полученная резиновая крошка применяется для производства обуви, каучука, резинотехнических изделий, шпал, различных реагентов, а так же повторно используется в изготовлении новых автомобильных покрышек.

Предложенная технологическая линия по утилизации отработанных шин способна решить поставленные задачи и перерабатывать большое количество не только старых шин, но и различных резинотехнических изделий. Производительность данной линии по несложным расчетам составляет на входе (шин и резинотехнических изделий) – 6000 тонн в год, а на выходе (резиновой крошки) – 4200 тонн в год.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каучук и резина. Наука и технология: монография / А. Н. Джент [и др.]; пер. с англ. под ред. А. А. Берлина и Ю. Л. Морозова. - М: Интеллект, 2016. - 767 с.
2. Технология резиновых изделий: Методические указания и контрольные вопросы / Е.И. Лесик [и др.]; Сибирский государственный технологический университет. - Красноярск: СибГТУ, 2015. - 35 с.
3. Лесик Е. И., Гончаров В. М. Вторичное использование резины: учебное пособие для вузов; Федерал. агенство по образованию, ГОУ ВПО "Сиб. гос. технол. ун-т". - Красноярск: СибГТУ, 2015. - 55 с.
4. Технология переработки полимеров. Структура и свойства резин. Основы рецептуростроения эластомерных композиций. Технологические и технические свойства резин: учебное пособие / В. М. Гончаров [и др.]; Федерал. агенство по образованию, Сиб. гос. технол. ун-т. - Красноярск: СибГТУ, 2016. - 192 с.
5. Технология резины: рецептуростроение и испытания: практическое руководство / под ред. Джона С. Дика; пер. с англ. под ред. д-ра хим. наук, проф. В. А. Шершнева. - СПб: Научные основы и технологии, 2016. – 617 с.
6. Переработка изношенных автомобильных шин на базе ООО "Литейно-прессовый завод "Сегал": [Красноярск, город] / А. В. Телегин, Я. А. Белокрыцкий // Инновационный Красноярск - 2020: материалы городской научно-практической конференции "Инновационный Красноярск - 2017": (в рамках городской ассамблеи "Красноярск. Технологии будущего"), 23-24 апреля 2017 года / [под науч. ред. П. И. Пимашкова; ред. кол.: Г. Я. Белякова и др.]. - Красноярск: Платина, 2017. - С. 103-106.
7. Звонов В.А., Козлов А.В., Кутенев Ф.В. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле // Автомобильная промышленность 2017 №11. – 58 с.
8. Вещее А.А., Проворов А.В. Информационный бюллетень «Сырье, материалы и технология резиновой промышленности». 2017. №2. – 40 с.
9. Бобович Б.Б. Утилизация автомобилей и автокомпонентов: учебное пособие. М.: МГИУ, 2016. – 176 с.
10. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. – М.: Колос, 2015. – 232 с.
11. Евзович В.Е., Райбман П.Г. Автомобильные шины, диски и ободья – М.: Атополис-плюс, 2015.- 144 с.
12. Бобович Б.Б. Переработка промышленных отходов. – М.: СПИнтернет Инжиниринг, 2014. – 445 с.
13. Пат. 2010709 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> В29В17/00. Способ разрушения армированных изделий / А.В. Гурьянов, В.И. Модзольский; заявитель и патентообладатель Гурьянов Александр Владимирович № 5037821/05; заявл. 15.04.1992; опубл. 15.04.1994.

14. Пат. 2077423 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> В29В17/00.Способ утилизации отработанных шин / В.Н. Власов, А.Н. Власов, М.Г. Самарцев, М.Н. Ивашко, С.И. Протасов, И.Д. Богомолов, Н.В. Прыщенко; заявитель и патентообладатель Новационная фирма "Кузбасс-НИИОГР" № 94014485/26; заявл. 19.04.1994; опубл. 20.04.1997.

15. Пат. 2057014 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> В29В17/00. Способ разрушения изношенных покрышек и устройство для его осуществления/Набок Александр Андреевич; заявитель и патентообладатель Набок Александр Андреевич № 94005772/26; заявл. 15.02.1994; опубл. 27.03.1996. (Раздел 2.3.1. рисунок 16).

16. Российская Федерация. Законы. Закон об охране окружающей среды №7. // Рос. газ. – 2009. – 18 март.

17. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон об отходах производства и потребления № 89. // Рос. газ. – 1998. – 24 июня.

18. Российская Федерация. Законы. Закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения № 52. // Рос. газ. – 1999. – 30 марта.

19. СанПиН 2524-82 Санитарные правила по сбору, хранению, транспортировке и первичной обработке вторичного сырья. Введен 22.01.1982. URL: <http://document.ua/docs/tdoc8439.php> (дата обращения 05.06.2018).

20. ГОСТ 30773-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла. Основные положения. Введ. впервые; дата введ. 01.07.2002. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200028876> (дата обращения 06.06.2018).

21. ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. Введ. впервые; дата введ. 24.06.2001. URL: [http://www.standartov.ru/norma\\_doc/9/9871/index.htm](http://www.standartov.ru/norma_doc/9/9871/index.htm) (дата обращения 06.06.2018).

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт  
«Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Т. А. Кулагина  
подпись  
« 26 » 06 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

20.03.01 «Техносферная безопасность»

Переработка и эффективность использования отработанных автомобильных  
шин

Пояснительная записка

Руководитель

  
подпись, дата

ст. преподаватель

должность, ученая степень

Е.Н. Зайцева

инициалы, фамилия

Научный  
руководитель

  
подпись, дата

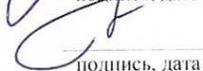
доктор техн. наук,  
профессор

должность, ученая степень

Т.А. Кулагина

инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

А.Д. Никулин

инициалы, фамилия

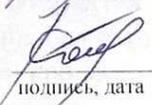
Консультанты по разделам:

Консультант по  
нормативно-правовой базе

  
подпись, дата

С. В. Комонов

Нормоконтроль

  
подпись, дата

С. В. Комонов

Красноярск 2018