

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ**  
**Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»**

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: «**Разработка технологического комплекса по переработке и  
вторичному использованию резинотехнических отходов**»

Студент: Рязанцев А.К.  
(И.О. Фамилия) (личная

Руководитель: \_\_\_\_\_  
подпись)

к.б.н., доцент, Заболотских В.В.  
(И.О. Фамилия) (личная

**Допустить к защите** \_\_\_\_\_  
подпись)

Заведующий кафедрой к.п.н. Кравцова М.В. \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ	5
1.1 Проблема образования отходов автомобильных шин	5
1.2 Основные подходы к переработке шин	12
1.3 Технология измельчения шин	15
1.4 Возможные направления использования резиновой крошки	20
1.5 Технологии переработки резинотехнических отходов	22
Глава 2 Анализ методов и технологий переработки резинотехнических изделий	28
2.1 Основные подходы к переработке шин	33
2.2 Технологии измельчения шин	43
Глава 3 Разработка технологической схемы и решений по вторичной переработке и использованию отработанных шин на основе создания мини-завода	61
Глава 4 Плата за негативное воздействие на окружающую среду	76
4.1 Определение величины возможного предотвращенного экологического ущерба земельным ресурсам по методике определения предотвращенного экологического ущерба »	80

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных экологических проблем России и промышленных регионов всего мира является нарастающее с каждым годом загрязнение окружающей среды отходами автомобильного транспорта [1].

Так, например, в крупнейшем промышленном Самарском регионе, площадью 53,6 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 0,31 % территории России, в настоящее время насчитывается более 1,2 млн. единиц различного автотранспорта, который ежегодно увеличивается примерно на 12 000 автомобилей. Такое количество автотранспорта дает ежегодную экологическую нагрузку на окружающую среду вышедших из эксплуатации автомобильных шин в количестве более 22 000 тонн. Если такое количество покрышек собирать в одном месте, так называемом полигоне токсических отходов (отходы IV класса опасности), то за 5 лет ими будут заняты более 150 га земель. Автомобильные покрышки имеют расчетный срок собственного разложения не менее 100 лет. Земли, где размещаются утилизируемые автомобильные покрышки, практически не поддаются рекультивации.

Ежегодный объем образования изношенных шин в России с учетом удельных показателей образования отходов составляет около 900 тысяч тонн. Следует отметить, что в России отсутствует фактический статистический учет количества шин выходящих из эксплуатации. Изношенные шины образуются и накапливаются в автохозяйствах, промышленных предприятиях, предприятиях шиномонтажа и автосервиса, а также в частном секторе.

Из общего количества шин требующих утилизации во всём мире, только 23 процента покрышек находят применение (экспорт в другие страны, сжигание с целью получения энергии, механическое размельчение для покрытия дорог и др.). Остальные 77 процентов использованных автопокрышек никак не утилизируются, ввиду отсутствия рентабельного

способа утилизации.

Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира, а невосполнимость природного нефтяного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью.

Актуальность поиска эффективной ресурсосберегающей технологии переработки отходов автомобильных шин очевидна. Одной из такой перспективной систем переработки отходов во вторичные материальные ресурсы является переработка в резиновую крошку резинотехнических изделий для вторичного использования их в строительной индустрии.

**Цель работы:** Снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду резинотехнических отходов на основе разработки доступных и эффективных решений утилизации и вторичного использования отработанных шин.

Поставленная в работе цель достигается решением следующих основных задач:

1) Провести теоретический анализ проблемы накопления и переработки резинотехнических отходов и их негативного воздействия на окружающую среду;

2) Проанализировать существующие технологии в области переработки и вторичного использования отходов РТИ;

4) Разработать технологическую схему переработки резинотехнических отходов и их вторичного использования.

5) Провести анализ эколого-экономической эффективности предлагаемых решений по оптимизации системы обращения с отходами РТИ на территории города Тольятти, оценить возможный предотвращенный эколого-экономический ущерб при внедрении технологии переработки отходов автомобильных шин, их вторичного использования для создания дорожного покрытия и в строительстве.

# ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

## 1.1 Проблема образования отходов автомобильных шин

Автомобильные покрышки, которые выходят из эксплуатации, являются практически самым массовым из полимерных отходов. Постоянно растущее количество шин вынудило разработать программу, по которой решаются следующие задачи:

- снизить на 15% расчетное количество шин;
- увеличить долю шин с восстановленным протектором до 27-40%;
- увеличить долю переработанных шин с получением резиновой крошки до 50%;
- Снизить вывоз шин на свалки.

Объем образования изношенных шин в нашей стране с учетом показателей образования отходов составляет около 800 тысяч тонн. Так же нужно отметить, что в России отсутствует учет количества покрышек выходящих из эксплуатации. Изношенные покрышки образуются и скапливаются в автохозяйствах, промышленных предприятиях, предприятиях шиномонтажа и автосервиса, а также в частном секторе. Во многих странах применяются программы, нацеленные на осуществление поддержки сбора и отработки покрышек.

Грамотное использование шин имеет существенное значение, поскольку потребности хозяйства непрерывно растут, а стоимость их постоянно повышается. Нельзя не отметить, что изношенная шина представляет собой ценное вторсырье, содержащее резину, технический углерод и высококачественный металл и является источником экономии природных ресурсов. Экономически эффективная переработка покрышек позволит не только разрешить экологические проблемы, но еще и обеспечить высокую потребность перерабатывающих производств. А устранение свалок

отработанных шин может освободить для использования земель по назначению. [12,16].

Особенности строения эластомеров, к которым относятся и покрышки, заключающиеся в наличии длинных молекул с радикалами, которые образуют прочную структуру с поперечными связями. Не простая структура эластомеров придает им универсальные свойства, которые делают их незаменимыми материалами для современного машиностроения.

С точки зрения утилизации отходов очень важно, образовались ли они до вулканизации или после нее. РТО, образовавшиеся до вулканизации, по свойствам не сильно отличаются от исходных резиновых смесей и могут возвращаться в производство без особой обработки. Такие отходы являются полезным вторсырьем и перерабатываются исключительно на тех предприятиях, где и образуются.

В то же время, эти свойства, тесно связанные с не простой конструкцией изделия, таких как покрышки, включающие в качестве арматуры текстильные материалы и металл, создают некоторые трудности при их утилизации.

Именно эти свойства, связанные с конструкцией изделия, таких как автомобильные шины, включающие в качестве арматуры текстильные материалы и металл, создают трудности при их утилизации.

Мировые запасы покрышек оцениваются в 26 млн. т. при постоянном приросте каждый год около 6 млн. т.

Из такого количества во всем мире около 26 % шин находят применение (экспорт, сжигание, измельчение для покрытия дорог и др.), а оставшиеся 74 % не утилизируются из-за отсутствия эффективных методов их сбора и утилизации. Изношенные покрышки хранятся на полигонах и свалках, предназначенных для использованных шин, и на общих свалках с остальными видами отходов. Это составляет большую опасность: на таких свалках и полигонах возникают пожары. Из-за запрета в Европе на складирование отработанных шин и отсутствием места для хранения

присутствуют разные методы их утилизации. Так, во Франции 47% восстанавливаются, 17% сжигают, 22% измельчают, 11% используют в парках, портах и т.д. В США 114 млн. покрышек могут использоваться в качестве топлива. Данные по количеству переработанных шин в разных странах представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Количество утильных шин в Европе, США и Японии и способы их переработки

Страна	Объем образования	Вывезено на свалку	Получено энергией	Восстановление протектора	Получение резиновой крошки	Экспорт	Прочее
	тыс. тонн	%	%	%	%	%	%
Германия	550	2	38	16	16	17	9
Великобритания	450	66	9	17	6	-	-
Франция	423	52	11	11	7	17	-
Италия	334	50	14	27	-	6	-
США	2650	51	22	8	9	3	1
Япония	840	8	43	7	12	24	2
Россия	810	96	-	1	3	-	-

В нашей стране большая часть покрышек не подвергается ни ремонту, ни переработке. В очень большом количестве городов отсутствуют места, которые можно отвести для размещения РТО. Еще следует заметить, что количество авто в нашей стране и, соответственно, количество отработанных покрышек имеют тенденцию росту. Проблема переработки старых покрышек имеет высокое экологическое значение, так как изношенные покрышки складываются в местах их эксплуатации (на аэродромах, в автохозяйствах промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, шиномонтажных

мастерских горно-обогатительных комбинатах и т.д.). Изношенные покрышки которые вывозят на полигоны и свалки долго загрязняют окружающую среду из-за повышенной устойчивости к внешним воздействиям (кислорода, солнечного света, озона и микробиологических воздействий).

В местах наибольшей их концентрации, особенно в регионах с теплым климатом, служат благоприятной средой обитания и размножения ряда грызунов, змей и насекомых, которые являются разносчиками разных заболеваний. Помимо этого покрышки обладают высокой пожароопасностью, и относят их к IV классу опасности, а продукты их сжигания: бифенил, антрацен, флуорантен, пирен и прочие оказывают крайне вредное влияние на окружающую среду (почву, водный, воздушный бассейны).

Нужда в местах хранения покрышек обусловлена тем, что в некоторых странах запрещено вывозить покрышки на обычные свалки. Так как покрышки не разлагаются, они представляют не высокую опасность для окружающей среды. Существующая проблема использования покрышек имеет важное экономическое значение, поскольку потребности хозяйства в природных ресурсах непрерывно растут, а их стоимость постоянно повышается.

Изношенные покрышки относятся к так называемым «наукоёмким веществам». При производстве покрышек используются очень много дорогих материалов - синтетических каучуков, пластификаторов, наполнителей и т.д., производство их, требует не малых затрат от персонала. Самые приемлемые методы утилизации РТИ должны ссылаться на максимально возможное сохранение полезных свойств, которые были привнесены в материалы, из которых изготавливают покрышки при первоначальном производстве.

Покрышки утилизируют, используя их для защиты склонов от эрозии, создавая из них звукоизолирующие ограждения вдоль автострад.

## 1.2 Основные подходы к переработке шин

В настоящее время существуют два различных пути переработки изношенных покрышек:

1) электромеханическое измельчение с использованием режущего инструмента (с охлаждением или в эластичном состоянии) с дальнейшей переработкой резиновой крошки в РТИ и регенерат;

2) переработка с изменением химической структуры шины методом термодеструкции или пиролизом резины с получением жидких продуктов разложения сходных с нефтепродуктами, которые пригодны для получения горюче-смазочных материалов, антикоррозионных мастик и т.д.

Основные недостатки электромеханического измельчения:

- низкий коэффициент «чистого» времени работы тех. линий (не более 40-50%) и простои, которые связаны с затратами времени на замену режущего инструмента и ремонт вышедшего из строя оборудования. Выход из строя линий и простои увеличиваются при измельчении металлокордных покрышек, которые составляют более 92% номенклатуры шин;

- быстрое изнашивание режущего инструмента, малый ресурс работы оборудования, не высокая производительность, большие затраты электроэнергии, высокие финансовые затраты и, соответственно, высокая себестоимость резиновой крошки.

При механическом измельчении покрышек с использованием режущего инструмента высоки энергозатраты - от 600 до 800 кВтч на 1 тонну шин. При понижении энергозатрат заметной экономии достичь все равно не получится из-за простоев и высоких затрат на обслуживание оборудования и восстановление режущего инструмента.

При переработке покрышек с изменением химической структуры шины полученный компонент резины, не сохраняется. Продукты разложения каучука и тех. углерод имеют низкую ценность, чем продукты переработки шин с сохранением каучука и возвращением его в производство.

Ключевой минус этих вариантов - высокая себестоимость конечного продукта и, соответственно, низкая рентабельность и эффективность производства.

Кроме этих способов переработки покрышек существуют и другие способы, не нашедшие широкого применения такие как:

- измельчение покрышек с применением «озонного ножа», в котором старую покрышку помещают в камеру, и подвергают воздействию озона, а затем с использованием инструмента механически измельчают. Продукт который получается при данном способе переработки не сохраняет исходные свойства шины и не находит широкого применения. Помимо этого, такой метод не является экологичным, потому как связан с использованием высоких концентраций озона, который является сильным канцерогеном;

- бародеструкционный метод измельчения шин, в котором шины сначала разрезаются на достаточно большие части, далее фрагменты сдавливаются в матрице пуансоном с доведением резины до текучего состояния и отделением резины от металлического корда. Конечный продукт к сожалению не сохраняет свойств резины, а так же не находит широкого применения. Данный метод так же требует высоких энергозатрат;

- измельчение шин с применением роторного диспергатора, по которому части покрышки размером порядка 16-22 мм заранее измельченной шины сдавливают в гильзе при помощи шнека и выпускают через зазор размером 1,1 – 1,6 мм и получают резиновую крошку с высокой степенью развития поверхности полученных фракций. Такой метод нуждается в больших энергозатратах и предварительного измельчения шин. Дорогостоящие гильзы роторного диспергатора, являются основным его элементом, они крайне быстро изнашиваются, что может приводить к выходу диспергатора из строя и к высокой стоимости продукта.

### **1.3 Технологии измельчения шин**

В переработке изношенных покрышек высокое значение имеют несколько параметров:

- скорость переработки (производительность линии);
- энергопотребление, ресурсозатратность (экономичность линии);
- качество финального продукта;
- экологические характеристики оборудования.

Резиновая смесь, из которой производят покрышки, содержит около двух десятков химических соединений и элементов: каучук, сажа, кремниевая кислота, сера, масла и смолы. Такой состав нужен для обеспечения ключевых качеств шин: прочности, надежности, износостойкости.

Резиновая крошка имеет высокий спрос на рынке, ее покупают производители РТИ, кровельных материалов, покрытий для спортивных сооружений, кроме того, крошка добавляется в асфальт.

Резиновая крошка, получаемая при механической переработке покрышек, нашла применение в кровельных материалах, дорожном покрытии, в обувной подошве, сантехнике, автомобильных ковриках и пр.

В нашей стране большая часть старых покрышек не подвергается ни ремонту, ни переработке. Во множестве российских городов отсутствуют места, которые могли бы быть отведены и обустроены для постоянного или временного размещения данных отходов. В следствие чего покрышки зачастую выбрасывают на обочины дорог и на прилегающие к дорогам территории. Число автомобилей в нашей стране а так же количество изношенных покрышек непрерывно растет.

#### **1.4 Возможные направления использования резиновой крошки**

Резиновая крошка с размерами частиц от 0,2 до 0,4 мм может использоваться в качестве добавки (10-25%) в некоторые резиновые смеси для производства новых шин, крупных покрышек и других РТИ. Применение резиновой крошки с высокоразвитой поверхностью частиц (2500-3500 см. кв. /г), которая получается при механическом измельчении, повышает стойкость покрышки к изгибающим воздействиям и удару, повышая срок их эксплуатации.

Резиновая крошка с размерами частиц до 0,5 мм применяется для производства РТИ. В данном случае свойства таких резин незначительно отличаются от свойств обычной резины, произведенной из сырых каучуков.

С экономической точки зрения наиболее приемлимым является использование Переработанных шин в рецептуре резиновых смесей. Но, при даже самом лучшем случае в смесях для покрышек и РТИ можно использовать не более 25% резиновой крошки, которая получилась при переработке покрышек, которые вышли из эксплуатации. Именно поэтому важны и другие области применения измельченной резины, особенно в связи с повышением объемов переработки покрышек.

Резиновую крошку размерами до 1,0 мм можно использовать для производства кровельных материалов (рулонной кровли и резинового шифера), подкладок под рельсы, резинобитумных мастик, вулканизированных и не вулканизированных рулонных гидроизоляционных материалов.

Резиновая крошка размер от 0,5 до 1,0 мм используется в качестве добавки для модификации нефтяного битума в асфальтобетонных смесях. При малых размерах частиц резиновая крошка распределяется по массе асфальтобетонной смеси более равномерно повышая упругую деформацию при отрицательных температурах. Объем измельченной крошки в составе таких улучшенных покрытий должен составлять около 2,5% от массы минерального материала, т.е. 65-75 тонн на 1 км дорожного полотна. В

данном случае срок эксплуатации дорожного полотна увеличивается в 1,5 - 2 раза.

Резиновая крошка с размерами частиц от 2 до 10 мм может применяться в производстве 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.

Во всем мире растет число автолюбителей, а следовательно, и количество использованных шин. В настоящее время в экономически развитых странах полностью перерабатывается 45–50 % шин, в России — не более 20 %. Причем даже с учетом вновь строящихся и модернизируемых предприятий по переработке изношенных автопокрышек, доля переработки остается на прежнем уровне. Основная причина столь низкой доли утилизируемых шин связана как с ростом автомобильного парка, так и с неэкономичностью производства — высокими затратами на реализацию технологий, низким качеством получаемых продуктов и ограниченным рынком сбыта.

## 1.5 Технологии переработки резинотехнических отходов

В области переработки изношенных шин наиболее широко применяются следующие технологии.

**Измельчение.** Технологии, при которых резина и армирующие материалы не подвергаются каким-либо физико-химическим изменениям и сохраняют свою структуру (грубое дробление покрышек с целью захоронения, измельчение с получением резиновой крошки различной степени дисперсности). Преимуществами такого метода являются экономичность, недостатками — уничтожение ценного вторичного сырья.

**Полное разрушение.** Термические методы, при которых происходит полное разрушение резины (пиролиз или сжигание шин в цементных печах и специальных энергетических установках). Недостатками метода являются неэкологичность, низкая ценность продуктов переработки шин.

**Частичное разрушение.** Технологии переработки, приводящие к частичному разрушению пространственной структуры резины и каучука (получение шинного регенерата различными методами). Известны такие технологии, как механическое дробление, дробление замороженных шин, разрушение с помощью озона, взрывные технологии. Преимуществами методов являются наиболее полное использование материалов изношенных покрышек, а так же возможность получения продуктов, востребованных рынком, недостатками — высокая энергоемкость, достаточно быстрый износ некоторых механизмов.

**Восстановительный ремонт.** Метод наложения нового протектора. Преимуществом технологии является экономичность, недостатками — ограниченное число циклов восстановления, из-за чего вопрос конечной утилизации шин остается открытым, высокие требования к качеству основы шины — каркасу, брекеру, что ограничивает область ее применения только высококачественными шинами.

Мною взят метод измельчения. Измельчение покрышек с целью получения резиновой крошки разного размера, является на мой взгляд самым простым и рациональным способом. Главными покупателями резиновой крошки могут быть производители шин и РТИ, строительная отрасль (битумные мастики, кровельные материалы), строительство футбольных полей. Использование резиновой крошки для РТИ не всегда возможно — материал, в большинстве случаев, имеет вкрапления металла. Для того чтобы изготовить добавку в дорожное покрытие или битумную мастику, необходимо подобрать рецептуру, но две шины от разных производителей не дадут массу, однородную по составу. Лучшие результаты достигаются при использовании крошки в производстве тротуарной плитки, покрытий для спортивных арен, ковриков и кровли. Главным требованием потребителей крошки является более четкое разделение резины от металлокорда. Это достигается сегодня различными способами. Так, неплохие результаты достигнуты при разделении металлокорда шины с ее протекторной и каркасной частью в электромагнитном поле.

**Пиролиз и сжигание.** Сама суть процесса пиролиза заключается в разрушении материала в условиях очень высокой температуры без доступа воздуха. В результате пиролиза шин образуются: пиролизное масло, сажа и сталь. Полученная продукция имеет не высокое качество и не может быть свободно реализована на рынке. Так же, при пиролизе выделяются диоксины и фураны, и при отсутствии эффективной технологии их улавливания энергозатраты очень сильно повышают прибыль от продажи продуктов. Сжигание изношенных покрышек в цементных печах и на ТЭЦ также не приносит прибыли. При производстве цемента количество используемых в качестве топлива покрышек технологически ограничено, так как негативно отражается на качестве цемента — содержащаяся в покрышках сталь окрашивает материал. Попытки создания рентабельного предприятия по переработке шин на ТЭЦ потерпели поражение и из-за изменения подхода к защите окружающей среды и рациональному использованию природных

ресурсов. В данном процессе присутствует низкий КПД, затраты энергии на производство покрышек превосходят энергетический ресурс. Следует отметить, что получению энергии вследствие сжигания отработанных покрышек по отношению к общему потреблению горючих материалов — даже если термической переработке будут подвергнуты все старые автопокрышки, отводится весьма скромная роль.

**Частичное разрушение.** Среди третьей группы технологий выделяют бародеструктивную, которая основана на явлении «псевдооживления» шины при высоком давлении и истечении ее через отверстия в специальной камере. При этом более 85 % содержащегося в резине металла удаляется на самых первых стадиях переработки, а резинотехническая смесь поступает на доизмельчение, сепарацию и фракционирование. В процессе переработки выделяют также текстильный и металлический корд. Получаемый при переработке покрышек текстильный корд используется как исходное сырье для изготовления тепло- и звукоизоляционных материалов, для тампонирования скважин при бурении, в качестве армирующего наполнителя при изготовлении композиционных эластомерных материалов. Металлический корд применяется в качестве исходного сырья для производства марок стали и армирующего наполнителя при изготовлении строительных и дорожных конструкций. Воздействие озоном или заморозка также позволяют повысить качество разделения. Покрышка, выброшенная на полигон, выделяет вплоть до ста вредных химических веществ.

Автомобильные покрышки после воздействия озоном. В 2000 году на 26 Международном салоне изобретений, прошедшем в Женеве (Salon International des Inventions de Geneve), золотая медаль досталась группе российских ученых, разработавшей способ озонной переработки изношенных шин. Они предложили «продувать» шины, что приводит к их полному рассыпанию в мелкую крошку с отделением от металлического и текстильного корда составляющих изношенных шин и получить более ценные, востребованные потребителем, продукты переработки. Тонкое

измельчение шин при пропускании покрышек через специальные вальцы позволяет получить сорбент для сбора нефтепродуктов с поверхности воды. Далее методом взрыва возможно получать гранулы, на основе которых производится гудрон. Однако данные методы требуют немалых вложений. Что касается полного восстановления шин, то процесс высокзатратный и позволяет достичь рентабельности только для шин премиум-класса.

**Эффективный подход.** Одним из перспективных вариантов применения продуктов переработки шин является приготовление компаундов полиэтиленов и полипропиленов с девулканизированным резиновым порошком (термоэластопластов). При этом свойства термоэластопластов (ТЭП) можно гибко варьировать, изменяя рецептуру смеси. Известно, что свойства и цены ТЭП значительно различаются от типа ТЭП. На рис. 1 показано соотношение свойств материалов и их относительной стоимости. Анализ характеристик смесевых и динамических термоэластопластов показывает, что наиболее перспективные области применения данных материалов: производство деталей и изделий в автомобилестроении, различных РТИ (шланги, прокладки), обуви, изоляции кабелей, деталей электроприборов, кровельных, гидроизоляционных, уплотнительных материалов для строительства гражданских и промышленных сооружений. Заметим, что за рубежом ТЭП широко используются и зачастую заменяют, например, в автомобилестроении АБС-пластики. При производстве ТЭП возможна интеграция с переработчиками полимеров. Дело в том, что предприятия РТИ или полимерных изделий не имеют прямых стимулов к изготовлению ТЭП. Однако изделия из ТЭП дешевле, чем резиновые, на 30 % — благодаря менее затратному процессу переработки и имеют лучшие эксплуатационные характеристики по сравнению с полимерными. К тому же, предприятия РТИ, имеющие запрашиваемый рынком ассортимент изделий и налаженные поставки потребителям, не имеют оборудования для переработки ТЭП. Решить эти проблемы возможно за счет кооперации с действующими переработчиками полимеров в области совместной

разработки и продвижения изделий из ТЭП конечным потребителям, самостоятельной разработки изделий и изготовления их из ТЭП на давальческой основе или организации собственного производства изделий методами литья и экструзии. При этом одновременно решается насущная проблема утилизации отработанных автопокрышек. Экономические расчеты показывают, что проект по переработке шин может быть рентабельным только в случае производства более трех видов готовой продукции, а также включении в процесс следующей стадии переработки. Так, если получать резиновую крошку, то не только и не столько для продажи, сколько для производства собственной продукции второго передела, которая пользуется спросом и имеет достаточно высокую стоимость на рынке.

## ГЛАВА 2. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Конструктивно автомобильные шины являются сложными изделиями, состоящими из различных компонентов органической или неорганической природы, которые обладают различными физико-химическими свойствами. Это различие существенно затрудняет выбор способа утилизации.

Основные методики подхода к утилизации автомобильных шин представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 - Методы утилизации автомобильных шин

В целом виде	Термо-механические методы	Измельчение	
Строительство спортплощадок, искусственных рифов, клумб и т.д.	Сжигание: -в целом виде -в измельченном виде	Детонационное (взрывной волной)	Механическое: -резание -вальцевание -бародеструкция -гидро разрушение(высоконапорными струями воды)
Укрепление дорог, дамб	термоожигание	Криогенное (обработка низкими температурами и измельчение)	
Захоронение	Пиролиз	Технология «озонового» ножа	
Восстановление			

## 2.1 Использование шин в целом виде

Методики использования шин в целом виде не требуют затрат на их разрушение. Целые шин можно использовать для укрепления дорог, дамб, строительства спортивных площадок. Сюда же можно отнести и экзотическое использование – изготовление различных фигур, вазонов и прочее.

Захоронение – его недостатком является уничтожение ресурса, т.к. они не используются для дальнейшей переработки. В то же время растут расходы по причине дефицита площадей для свалок. В качестве положительного момента этого метода следует отметить, что захоронение можно рассматривать как временное хранилище до разработки инновационных технологий.

Восстановление – ремонт, при котором обновляется протектор шины для продления срока эксплуатации. Это экологичный метод, ведущий к уменьшению количества отходов и экономии ресурсов. Но этот процесс не бесконечен и является временной мерой.

Общий недостаток всех этих методик небольшой объем утилизации автомобильных шин.

## 2.2 Термомеханические методы

Методики этой группы приводят к необратимым изменениям структуры резины с использованием высоких температур.

При сгорании резины выделяется примерно 32 мДж/кг тепловой энергии, что позволяет использовать ее в качестве топлива, как самостоятельно так и в виде добавки к другим видам топлива. Данный метод на сегодняшний день нашел свое применение в цементной промышленности. Он позволяет снизить уровень загрязнения окружающей среды. Образующееся тепло используют для нагревания воды, пар используется для отопления или получения электрической энергии. Наиболее эффективен

метод сгорания в пульсирующем потоке, при котором используется меньшее количество воздуха и топливо сгорает практически полностью. Однако энергосодержание шин все же меньше, чем то количество энергии которое было затрачено на их производство. Главный же недостаток этой методики безвозвратная потеря ценных компонентов содержащихся в резине, и большой расход кислорода.

При пиролизе не требуется большого количества кислорода а в результате образуются пиролизный газ, жидкая фракция и твердый остаток. Из твердого остатка в дальнейшем получают твердый углерод и металлокорд, который подвергается переплавке. Жидкую фракцию – пиролизное масло используют в качестве добавки к битуму, либо как топливо. Получение этих фракций можно контролировать изменением температуры. Схема пиролиза представлена на рисунке 2.1

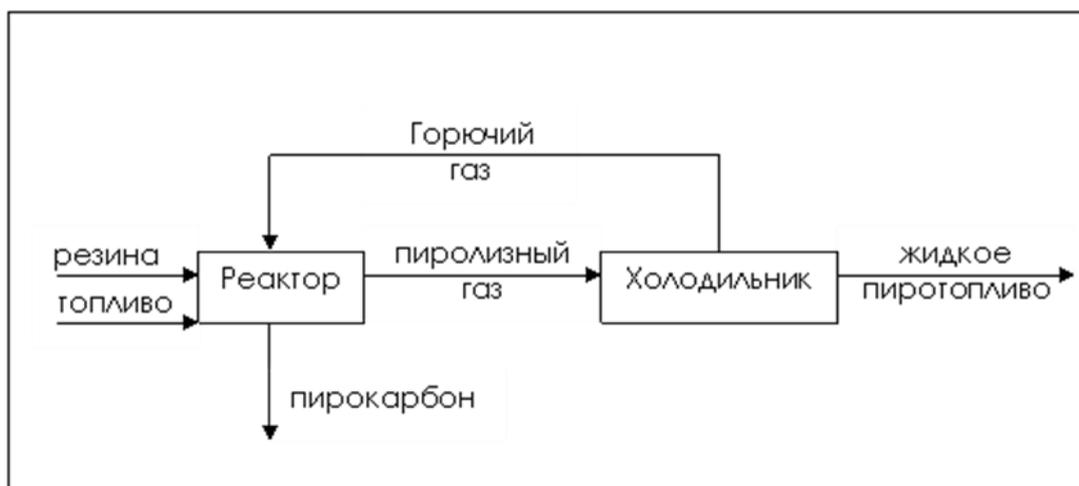


Рисунок 2.1 – Схема пиролиза автомобильных шин

Недостатки данного метода во-первых высокая пожароопасность, т.к. применяются температуры до 1000°C и чаще всего открытое пламя, во вторых происходит выброс в атмосферу обугленных компонентов резины, в третьих высококачественный полимер превращается в низкокачественный продукт.

При термоожижении происходит растворение резины в моторном масле или другом органическом растворителе при повышенной температуре. Полученные в результате реакции продукты используют в дальнейшем при производстве технического углерода, мазута, мастик, в качестве добавки для печного топлива. На рисунке 2.2 представлена схема процесса термоожижения.

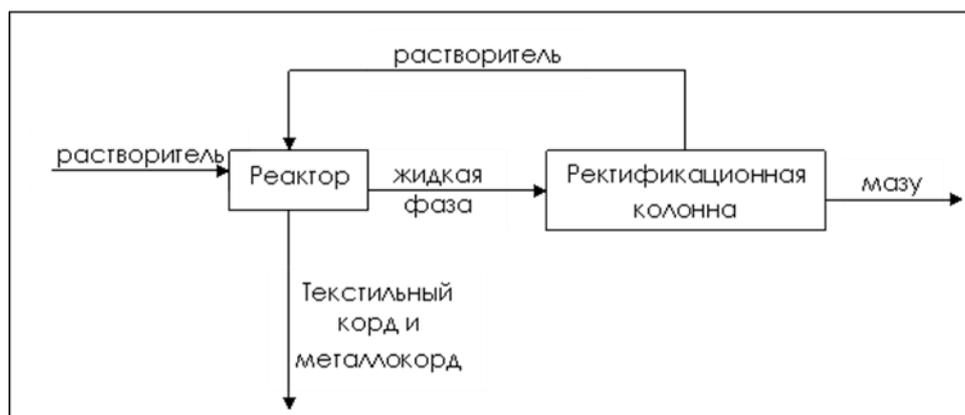


Рисунок 2.2 – Схема растворения автомобильных шин в органическом растворителе

Главное достоинство данного метода низкие затраты – недорогой растворитель и отсутствие отходов. А недостаток - пожаро- и взрывоопасность.

### 2.3 Измельчение

Это самая многочисленная группа методов. Она позволяет сохранить первоначальную структуру полимера. При измельчении шин большое значение имеют:

- скорость измельчения
- энергопотребление
- качество конечного продукта
- экологичность процесса и оборудования

По мнению экспертов компании Explotex лучшими показателями обладают линии перерабатывающие шины в крошку различных фракций. Которые в дальнейшем используются как сырье при производстве резинотехнических изделий, строительных материалов и пр.

Существуют различные способы измельчения резины, они представлены на рисунке 2.4



Рисунок 2. 4 - Способы измельчения шин

Линии по переработке изношенных покрышек при низкой температуре используют в качестве хладагента жидкий азот ( от 0,4 до 3,0кг жидкого азота на 1 кг резиновой крошки). Низкая температура позволяет легко отделить резину от корда. Но в России данный метод является нерентабельным из-за большого расхода жидкого азота, мощности производства азота у нас не высокие.

Более рентабельным можно считать использование турботандера. Охлаждение до минус 100-130°C происходит воздушным потоком.

Одной из линий, на которых использованы турботандеры, является линия переработки автопокрышек взрывоциркуляционным методом. Схема данной линии приведена на рис.2.5.

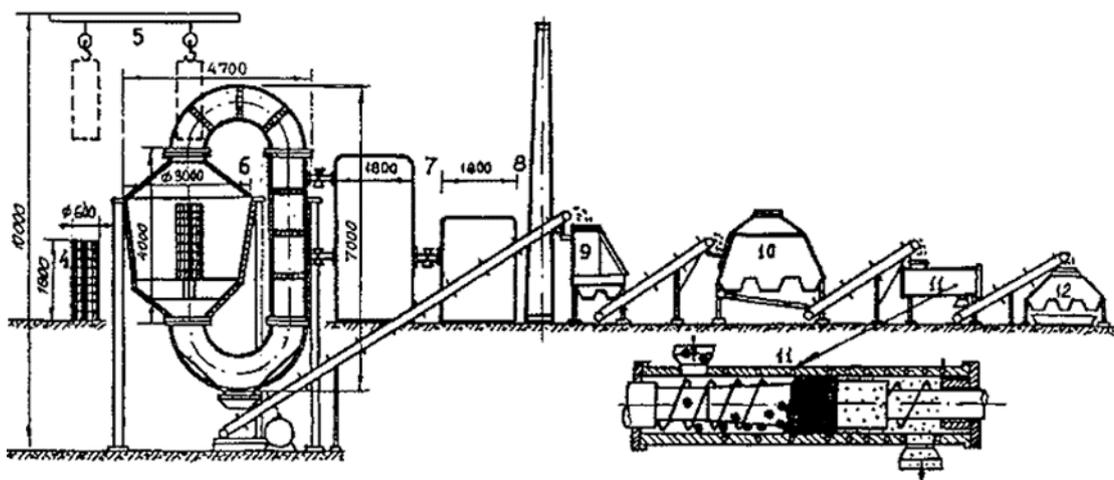


Рисунок 2.5 – Схема линии переработки шин взрывоциркуляционным методом

На линиях переработки шин при нормальных температурах как правило происходит сначала отделение бортовых колец, затем шины режут на фрагменты. Далее отделяют корд от резины и в дальнейшем происходит измельчение в крошку различных фракций от гранулята до порошка. К достоинству данного метода можно отнести возможность сбора линии из модульного оборудования. В эту же группу можно отнести бародеструкционные технологии, когда разрезанные шины, чаще грузовых автомобилей, весом до 20кг подвергаются сжатию. Технология основана на явлении «псевдооживления» в условиях интенсивного объемного сжатия. Следует упомянуть также технологию озонного разрушения. Под воздействием озона происходит растрескивание резины. А затем ее измельчают. Недостатки этого метода - не сохраняются исходные свойства резины и неэкологичность – высокие концентрации озона, являются сильным канцерогеном.

В линиях по переработке покрышек при повышенных температурах под воздействие температуры 140-200°C облегчается механическое разрушение резины, что приводит к снижению энергозатрат на измельчение. Однако при высоких температур резина постепенно налипает на режущие

лезвия и на стенки камеры измельчения. Единственный метод сдвигового измельчения позволяет избежать этого недостатка.

Общим недостатком механического измельчения являются простои при замене режущего инструмента и быстрое изнашивание режущего инструмента, большие затраты электроэнергии.

Вывод.

Рассмотрев различные методы утилизации можно сделать вывод что во всех методах есть свои недостатки и достоинства. Поэтому ученые продолжают работы по совершенствованию технологий переработки автопокрышек. Эти разработки представлены в таблице 2.2.

п\п	Авторы	Название	Краткая характеристика технологии
1.	Набок А.А., Захаров А.С.	Способ разрушения изношенных покрышек и устройство для его осуществления	Сущность предлагаемого способа и устройства для его осуществления состоит в том, что в первой фазе взрыва происходит разрушение целых шин на относительно крупные фрагменты, а во второй в результате формирования направленного, многократно циркулирующего в закольцованном пространстве потока энергии взрыва измельчение образовавшихся фрагментов при их столкновении с разрушающими элементами в камере трубопровода
2.	Айзин В. М., Айзин В.С., Айзин С. М., Ефремов Л.Г.	Способ переработки резиносодержащих отходов и установка для его осуществления	Сущность в том, что перед термодеструкцией резиносодержащих отходов последние предварительно и последовательно обрабатывают продуктом конденсации парогазовой смеси при 35 - 200 С до достижения

			степени набухания 5 - 60% и суспензией деструктированной резины в высококипящих углеводородах.
3.	Ветров А.И., Ривин Э.М., Нефедов Е.С., Скульский А.С., Фрейберг А.В., Григорьева Н.М., Ширинкин А.Е., Сердобинцев О.П., Горшков В.К.	Реактор для переработки изношенных покрышек	В реакторе с подогревом реакционной массы, загрузочное устройство секционировано и выполнено в виде цилиндрических кассет с перерабатываемым материалом, перемешивающее устройство представляет собой барботер для подачи греющего газа, служащий одновременно фиксирующим устройством для установки кассет, а сепарирующая зона реактора выполняется с увеличением диаметра в 1,5-2 раза в сравнении с реакционной зоной и снабжена обогреваемым отбойным устройством, для интенсификации переработки любых видов изношенных и бракованных покрышек.
4.	Ермилов В.П., Кудрявцев Л.А.	Устройство для измельчения резинотканеметаллокордных отходов	Установленные с возможностью встречного вращения валы с дисковыми ножами и с расположенными между последними распорными втулками и механизм съема недоизмельченных отходов, отличающееся тем, что дисковые ножи выполнены в виде пакетов, набранных из гладких режущих дисков и расположенных между ними зубчатых захватывающих дисков, а механизм съема выполнен в виде гребенок, смонтированных в зоне загрузки над каждым валом, причем зубья гребенок расположены между торцами дисковых ножей по касательной к наружной поверхности

			распорных втулок навстречу вращения последних.
5.	Филиппов К.П., Михалевский В. И., Кривенко О.И., Махунов С.В.	Способ переработки изношенных металлокордных покрышек	Покрышку вращают и одновременно осуществляют индукционный нагрев металлокорда, а затем отделяют металлокорд от резины, отличающийся тем, что осуществляют индукционный нагрев бортовых колец одновременно с нагревом металлокорда, причем индукционный нагрев покрышки в зоне действия индуктора осуществляют в течение 3 - 11 с, а отделение резины от металлокорда осуществляют путем одновременного измельчения резины и металла в измельчителе.
6.	Закружный А.П., Сунцов В.А.	Устройство для переработки изношенных покрышек	Устройство снабжено установленными с возможностью вращения жестко связанными между собой втулкой, закрепленной на нижней плоскости матрицы, что приводит к интенсификации процесса измельчения и снижению энергоемкости и расхода хладагента и проявлению нового, ранее неизвестного для данного вида устройства технологического свойства, а именно к обеспечению одновременного многократного воздействия на охрупченное изделие ударной импульсной нагрузки и однократного прессующего ударного воздействия при разделении за это время на фракции готовой продукции и обеспечении экологической чистоты процесса.
7.	Гурьянов А.В., Модзолеев-	Устройство для разрушения	Устройство снабжено генератором импульсов высокого напряжения, теплоизолирующим корпусом для

	ский В.И.	изношенных шин	размещения блока дробления.
8.	Скиданов И.В.	Способ переработки изношенных резиновых изделий, армированных металлокордом	Способ переработки включает криогенное охлаждение изделия до состояния стеклования резины, разрушение изделия с получением измельченного порошка, магнитную сепарацию порошка и фракционирование. При этом разрушение изделия осуществляют ударной волной, созданной путем воздействия на металлокорд импульсным электромагнитным полем. Данный способ позволяет упростить процесс переработки изделий, снизить энергоемкость операции, повысить производительность.
9.	Кофман Л.К., Валеев А.Х., Каиров Э.А., Попов А.Н., Мухин В.М., Поваров В.Н., Жук И.Е., Жилкин С.Б.	Способ разрушения изношенных автопокрышек и устройство для его осуществления	Обеспечивается растяжения резины во всей массе автопокрышки, обрабатываемой в озоносодержащей среде при минимальных усилиях деформации, прикладываемых к ней. В предложенном способе автопокрышку подвергают одновременному воздействию озоносодержащей среды и механических усилий.
10.	Даньщиков Е.В., Лучник И.Н., Рязанов А.В., Чуйко С.В.	Способ переработки резинотехнических изделий	В основу способа положен физико-химический метод разрушения резины под действием озона. Напряженное состояние материала резины существенно увеличивает скорость разрушения. На создание и поддержание деформированного

			<p>состояния изделий затрачивается небольшое количество энергии, а для растрескивания резины достаточно малого количества озона, что обеспечивает малые энергозатраты на переработку изделий</p> <p>предложенным способом, которые составляют менее 0,1 кВт ч/кг и могут быть снижены до 0,02 кВт ч/кг. Армирующие элементы полностью отделяются от резины, не загрязняя ее своими фрагментами. Это позволяет получить чистую резиновую крошку и свободный от резины металл</p>
11.	Кремнев И.Б., Абрамов Б.А., Васильев С.А.	Способ разделения композиционн ых прочносоедине нных монолитных материалов со сплошной границей раздела	<p>одновременно по всему периметру поверхности соединения материалов прикладывают импульсную нагрузку, образуя ударную волну. Ударная волна направлена вглубь монолита и распространяется в разных материалах с разными скоростями. Полученные при этом различные скорости и величины перемещения материалов за фронтом ударной волны обеспечивают создание на границе, разнородных материалов напряжений, превышающих силы их сцепления.</p>
12.	Блинков Е.Л., Кейт З. Р., Ляпин А.Г., Остапенко С. Н.	Способ измельчения использован ных автопокрышек и устройство для его осуществления	<p>в охлаждении их до хрупкого состояния с последующим дроблением, при этом охлаждение ведут криожидкостью, а дробление осуществляют воздействием электрических импульсов, причем первоначально подают маломощные импульсы напряжения с созданием</p>

			слабопроводящих каналов в материале, а затем через 10 - 50 нс подают импульс тока, определяемый из приведенного соотношения.
13.	Даньщиков Е.В., Лучник И.Н., Рязанов А.В., Чуйко С.В.	Способ переработки армированных металлом резинотехнических изделий и устройство для его осуществления	резинотехническое изделие обрабатывают в газовой среде, содержащей 0,01 - 10% озона. Осуществляют механическое воздействие на РТИ одновременно с обработкой РТИ в газовой среде. При приложении деформирующих резину нагрузок поддерживают уровень деформации в РТИ не менее 1%. Средство для разрушения РТИ смонтировано внутри рабочей камеры. Последняя имеет средство для подачи в нее газовой среды. Средство выполнено в виде источника озоносодержащего газа.
14.	Гиршов Б.Л.	Способ утилизации материалов на основе резины	Способ заключается в том, что дробление и измельчение производят ударным воздействием с одновременным деформированием резиновой основы в плоскости, перпендикулярной направлению удара.
15.	Беляев А.М., Жук И.Е., Каиров Э.А., Кофман Л.К., Лебедев А.В., Мухин В.М., Попов А.Н., Шенин О.С.	Способ разрушения резины резинотехнических изделий	Способ разрушения резины резинотехнических изделий, при котором резинотехнические изделия подвергаются воздействию механических усилий и озоносодержащей газовой среды, отличающийся тем, что воздействие механических усилий осуществляют циклами, включающими в себя

			приложение механических усилий и полное их снятие, при этом время воздействия механических усилий больше времени их отсутствия.
16.	Жук И.Е., Лебедев А.В., Мухин В.М., Попов А.Н., Рухман А.А., Шенин О.С.	Способ переработки резинотехнических изделий	Способ переработки резинотехнических изделий осуществляют путем разрушения их резиновой составляющей и процесс ведут в озоносодержащей газовой среде с приложением деформирующей резину изделия нагрузки. Озоносодержащую газовую среду подвергают воздействию механических колебаний и/или светового потока и/или подогреву, а на перерабатываемое изделие дополнительно воздействуют световым потоком.
17.	Роткин Ю.С., Морозов Л.Г., Тимонин Е.И., Комаров С.А., Шляхтов В.Г., Пузакин В.Г., Иванов В.В., Мошенец А.В., Кокин Н.С.	Способ переработки изношенных покрышек	В способе переработки изношенных покрышек отделяют бортовые кольца от покрышки, разрезают ее вдоль образующей, измельчают при нормальных условиях в три стадии. На первой и второй стадиях используют измельчители валкового типа с наборами фрез с расстоянием между ними 50 - 100 мм и в измельчителе второй ступени используют калибрующую решетку с отверстиями размером 10 - 40 мм в диаметре. Затем фракционируют полученный измельченный вулканизат и тонко измельчают на третьей стадии с последующей сепарацией и фракционированием на сите измельченного вулканизата и последующей его переработкой

			<p>путем смешения с вулканизирующим агентом и пластификатором и переработку полученной композиции методом прессования. Измельчение на третьей стадии осуществляют в аппарате экструзионного типа в условиях сдвиговых деформаций, достаточных для вскрытия текстильного и металлического корда без его дополнительного измельчения.</p>
18.	Зубков В.М., Штейнберг Ю.М.	Способ получения резинового порошка из изношенных шин и технологическая линия для его осуществления	<p>получение резинового порошка из изношенных шин путем их постадийного измельчения, фракционирования, магнитной сепарации и выделения текстильного корда, отличающийся тем, что предварительно автомобильные шины посредством давления продавливают через отверстия решетки с образованием смеси резиновых жгутов, металлобрикетов, текстильного и металлического корда, из которой затем посредством магнитной сепарации выделяют металлобрикеты и металлический корд, после этого резиновые жгуты в смеси с текстильным кордом измельчают с образованием резинового порошка, из которого выделяют текстильный корд путем его разделения на длиноволокнистую и коротковолокнистую фракции с одновременным свойлачиванием волокон длиноволокнистой фракции и последующим пневматическим отсасыванием волокон коротковолокнистой</p>

			фракции, одновременно с выделением текстильного корда осуществляют разделение резинового порошка на мелкую и крупную фракции, причем крупную фракцию доизмельчают и из полученного резинового порошка выделяют остатки металлического и текстильного корда
--	--	--	--

В связи с вышеизложенным становится ясным, что основной задачей научно-технического прогресса на ближайшее время будет решение проблемы полной переработки резинотехнических изделий с извлечением максимального экономического эффекта, минимизации негативного воздействия на окружающую среду и экономии природных ресурсов. Такая задача может быть решена только на государственном уровне с привлечением всех министерств и ведомств разных отраслей.

### **ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И РЕШЕНИЙ ПО ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТРАБОТАННЫХ ШИН НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ МИНИ-ЗАВОДА**

Переработка резинотехнических изделий (РТИ) и изношенных автомобильных покрышек в резиновую крошку - важный и востребованный процесс переработки вторсырья. Перерабатывая вторсырье, мы не просто очищаем мир от отходов, мы получаем возможность производить из переработанных материалов востребованную и рентабельную продукцию, получая при этом высокий доход. Переработка шин в крошку в России это новое направление, которое еще только предстоит освоить. В развитых странах переработка шин занимает важное место в использовании вторсырья, в то время как в России бизнес по переработки изношенных автомобильных шин только начинает свои обороты. Данный сегмент рынка позволит новым предприятиям, решившим заниматься переработкой шин в резиновую крошку, занять свою нишу на рынке при отсутствии реальной конкуренции!

Переработка шин в крошку – высокорентабельный бизнес, но, зачастую, исключительно для тех, кто правильно сделал свой выбор в сторону качественного и надежного оборудования.

На рынке существует много фирм, предлагающих устройства для измельчения покрышек в крошку сомнительного качества. Конкретно же из всех этих предложений только около десяти процентов можно отнести к тому самому оборудованию, которое на самом деле будет соответствовать высоким показателям окупаемости, и соответствовать заявленным показателям работы.

Ленточный конвейер (транспортёр) — самый распространенный тип транспортирующего оборудования непрерывного действия, ключевой рабочий орган которого представлен специальной лентой, по которой собственно и осуществляется перемещение штучных и/или насыпных грузов.

Ленточные конвейеры серии «ЛК-Н» производства компании «ТехТрон» имеют изменяемый угол наклона рабочей стороны ленты что позволяет очень эффективно и быстро перемещать различные грузы и материалы (коробки, паллеты, тары, строительный/бытовой мусор, зерно, песок, щебень, уголь, гравий и т.п.) с нагрузкой до 3,6 тонн на метр в квадрате включительно по наклонным, горизонтальным и комбинированным трассам.

Изменяемый угол наклона ленты делает этот ленточный конвейер (транспортёр) одним из самых удобных, а также эффективным видом транспортирующих устройств при проведении погрузочно-разгрузочных работ с любого транспорта и машин с непостоянной высотой приемки грузов, а также в некоторых случаях, когда передвижение штучных или сыпучих грузов нужно выполнить по не простой разноуровневой трассе. В таком случае отрегулировать угол наклона рабочей стороны конвейерной ленты (8 – 35 градусов) в ленточных конвейерах компании «ТехТрон» можно и без усилий как механическим способом, так и с помощью гидравлического привода. Так для свободного перемещения конвейера между объектами, а также по всей территории производственной площадки, транспортёр может быть оснащён колесами. Кроме всего прочего, дополнительно можно приобрести транспортёр с приемным бункером, что может позволить производить прием грузов из кузовов самосвалов или ковшевых погрузчиков.

Высокопроизводительные ленточные транспортёры ЛК-Н достаточно надёжны в применении, а так же просты в обслуживании и требуют мало энергии. Конструкция оборудования такого вида состоит из нескольких элементов: угловая опора (стационарная или оснащённая колесами); рама ленточного конвейера; шарниры, соединяющие раму с угловой опорой; вертикальная опора (стационарная/на колесном ходу); верхняя и нижняя плоскости рамы оснащены роликоопорами верхней и нижней ветви рабочей ленты соответственно; окончания рамы оснащены приводным и

натяжительным барабаном. В случаях, когда длина ленточного конвейера более 6,5 метров, рама состоит из нескольких отдельных секций, соединяемых между собой. Количество роликоопор а так же мощность привода колеблется в зависимости от длины, расчетной нагрузки и скорости передачи по всей длине рамы. Конструкция натяжной станции конвейера состоит из барабана, с закрепленной в опорных узлах осью, благодаря чему натяжение ленты легко регулируется. Устройство приводной станции включает в себя барабан, опорные узлы и привод, осуществляющий передачу вращающего момента на приводной барабан. Привод ленточного конвейера (транспортера) улучшен надежным моторедуктором, который напрямую присоединен к валу приводного барабана, посредством которого приводится в движение рабочая лента.

Разработка технологической схемы для переработки покрышек. Подбор оборудования.

Линия по переработке шин – автоматизированная линия, предназначенная для измельчения старых покрышек с металлическим и тканевым кордом в резиновую крошку.

Линия позволяет перерабатывать до 3500 тонн шин в год, получая, при этом, до 2100 тонн резиновой крошки.

Повышение доходности бизнеса «Переработка шин» до 30-40%!

Компания EcoStep завершила испытания и запустила в производство новейшую линию по переработке шин EcoStep-700, которая была создана на основе популярной 500-той комплектации.

Важнейшее отличие новой линии – автоматизированный предварительный сектор.

Введён новый узел измельчения - «Умный крашер», который решил 2 задачи:

- 1) сократил процент ручного труда;
- 2) обеспечил равномерность загрузки сырьём линии в целом.

Результат:

- Увеличение производительности линии до 750кг/час. при тех же энергозатратах

- Повышение доходности бизнеса на 30-40 %!

Таблица 3.1 - Технические характеристики линии для переработки шин (производства резиновой крошки)

Установочная (общая) электрическая мощность	190 кВт/ч
Средний уровень электропотребления	130 кВт/ч
Производительность линии на входе	700 кг сырья/час
Производительность линии на выходе (зависит от состава сырья)	до 430 кг крошки/час
Максимальный диаметр шин	до 1280 мм
Рекомендуемый режим работы	2 смены по 8-10 часов с учетом тех. регламента
Количество персонала в смену	5 человек
Годовая мощность переработки шин при загрузке 300 дней в году по 20 часов в сутки	до 3500 тонн
Требования к помещению	
Занимаемая площадь (без учета складских площадей)	350 кв.м
Температурный режим	от +5 до +30 С
Длина	35 м
Ширина	10 м
Высота	4,5 м

## Технология производства резиновой крошки на линии «EcoStep 700»

Изношенные покрышки, старые изделия из резины складываются на специальной площадке возле производственного здания.

Далее погрузчики перевозят шины и резину в главные ворота производственно-бытового здания, в котором уже установлена линия станков и оборудования по переработке изношенных покрышек и ОРИ (отработанные резиновые изделия).

После того как завершится технологического процесса, уже готовая продукция, (резиновая крошка различной фракции) складированная в мешки, погрузчиками через вторые ворота и доставляется на склад готовой продукции.

Последовательная схема технологии производства резиновой плитки:

1. Открытая площадка складирования отработанных шин и отходов РТИ.
2. Производственный цех по переработке шин
3. Склад готовой продукции

Технологический процесс дробления автопокрышек на линии «EcoStep 700»

1. Контрольный пульт управления. Предназначен для управления АЛП.
2. Вырыватель. Грузовая шина вручную или с помощью подъемного механизма устанавливается на станок, который извлекает бортовую проволоку из посадочного кольца. Извлеченная бортовая проволока складывается для прессовки и вывоза. На выходе: чистая бортовая проволока (которую можно сдать на металлолом) и резиновая составляющая шины. Производительность – 15-40 покрышек в час. Примерно 750-1000 кг/час. Мощность – 15 кВт.

3. Гидравлические ножницы для резки шин. Предназначены для разрезания шин на 3-4 части. Производительность до 1500 кг/час. Станок

может перерабатывать шины с толстой бортовой проволокой. Мощность – 4,0 кВт.

4. Ленточный конвейер №1. Предназначен для подачи крупных чипсов массой около 2,5 кг и толщиной не более 40 мм в Крашер первичного измельчения. Мощность – 1,5 кВт.

Главным отличием линии EcoStep-700 от EcoStep-500 является автоматизация предварительного сектора линии: вместо станков для резки шин в состав линии введён "крашер" - представляет собой дробитель крупных элементов шин весом 10-15 кг, продуктом измельчения которого, являются чипсы размером 100x100 мм, готовые к дальнейшей переработке. Мощность – 30,0 кВт.

Ленточный конвейер №2. Предназначен для транспортировки чипсов размером 50x50 мм к шредеру среднего измельчения Мощность – 0,75 кВт.

Шредер №1 (первичное измельчение). Предназначен для измельчения чипсов 100x100 мм до чипсов размером 30x30 мм. Мощность – 37 кВт.

Ленточный конвейер №3. Предназначен для транспортировки чипсов размером 30x30 мм к шредеру среднего измельчения Мощность – 0,75 кВт.

Шредер среднего измельчения. Предназначен для измельчения чипсов размером 30x30 мм до размера 12x12 мм. Мощность – 22 кВт.

Ленточный конвейер №4. Предназначен для транспортировки чипсов размером 12x12 мм к магнитному сепаратору. Мощность – 0,75 кВт.

Магнитный сепаратор. Предназначен для отделения металлокорда от резиновых чипсов размером 12x12 мм. Мощность – 0,75 кВт.

Система аспирации предназначена для транспортировки резиновой крошки от магнитного сепаратора к измельчителям №1 и №2, а также для отделения резиновой крошки от текстильного корда. Мощность – 12,4кВт.  
12x12 мм. Мощность – 0,75 кВт.

Измельчители №1 и 2. Предназначены для измельчения резиновых чипсов размером 12x12 мм до резиновой крошки размером менее 5 мм. Мощность – 2X30 кВт.

Шнековый транспортер №1 и 2 Предназначены для транспортировки резиновой крошки размером до 5 мм в магнитный сепаратор. Мощность – 1,5 кВт.

Магнитный сепаратор предназначен для отделения металлокорда от резиновой крошки размером до 5 мм. Мощность – 0,75 кВт.

Вибростол №1. Предназначен для грубой очистки резиновой крошки размером до 5 мм от текстиля. Мощность – 0,52 кВт.

Вибростол №2. Предназначен для очистки резиновой крошки размером 0,1-4,5 мм от текстиля и разделения ее на фракции 0,1-2 мм и 2-4,5 мм. Мощность – 0,52 кВт.

Вытяжные системы. Предназначена для устранения текстильного корда, скапливающегося в измельчителях и вибростолах №1 и №2. Мощность – 2X5,5 кВт.

Шнековый транспортер с вибростола №2. Предназначен для транспортировки резиновой крошки размером до 2 мм к виброситу. Мощность – 1,5 кВт.

Вибросито. Предназначено для разделения резиновой крошки на 2 фракции: до 0,63 мм и 0,63-2 мм. Мощность – 1,5 кВт.

Система пылеулавливания. Предназначена для очищения воздуха от пыли, которая образуется при измельчении чипсов в крашере и двух шредерах, а также для отвода излишнего тепла. Мощность – 4 кВт.

Основные отличия предлагаемого оборудования:

Комплексный, безотходный подход к переработке шин;

Технологическая возможность переработки не только покрышек, но и отходов РТИ, что увеличивает возможных поставщиков и доступность сырья;

Низкие удельные энергозатраты на тонну сырья;

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;

Экологическая чистота производства, отсутствие каких-либо вредных выбросов и выделений в процессе механического дробления шин;

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);

#### Преимущества

- Более низкая стоимость, при высоком уровне качества.
- Высокая мобильность технологического оборудования.
- Высокая надежность.
- Высокая эффективность при невысокой стоимости.
- Небольшие габариты.
- Возможность размещать линию в различных комбинациях, в соответствии с планировкой имеющегося здания.
- Ремонтпригодность и простота в обслуживании.
- Простота в эксплуатации.
- 100 % отходов перерабатывается в 100% продукции экологически чистым способом.
- На выходе крошка отличного качества и ни в чем не уступает по свойствам, первичному сырью.[20]

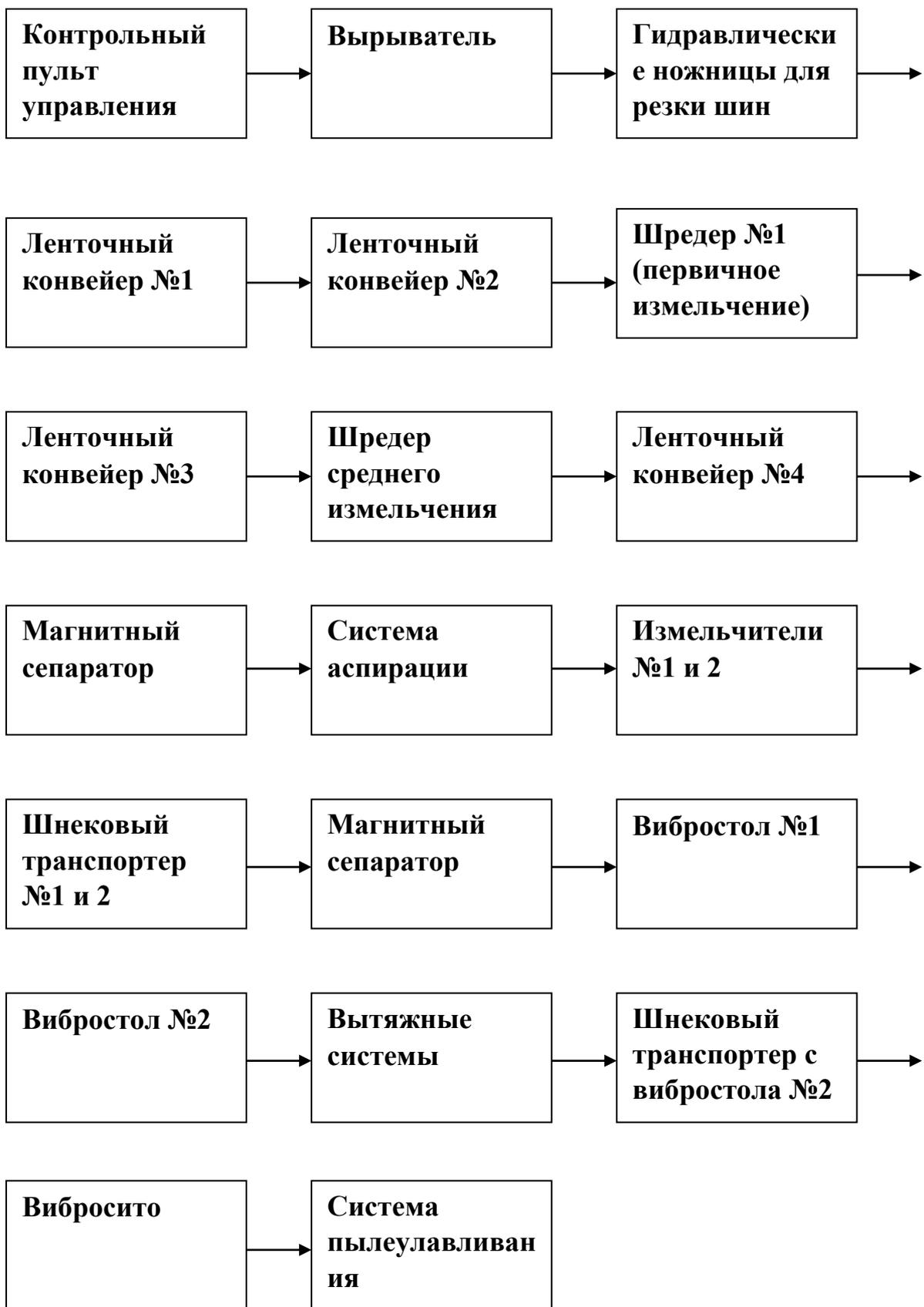


Рисунок 6 – Технологическая схема процесса дробления автопокрышек



Рисунок 3.2 - Оборудование разделки, измельчения и подачи материала в реактор

Для получения качественных продуктов пиролиза, для уменьшения время процесса и экономии энергоресурсов, перед отправкой шин в реактор они проходят стадию разделки и измельчения.



Рисунок 3.3 - Оборудование подачи измельченного материала в реактор; кожухотрубные конденсаторы

Таблица 3.3 - Спецификация линии по переработки шин 10 тонн/ день

п/п	№	Наименование	Количество
	1	Реактор ( с теплоизоляцией)	1
	2	Уловитель и уплотнитель металлолома	1
	3	Газовый сепаратор (с датчиками температуры, термометром, манометром, сиреной)	1

4	Фильтр-ёмкость предварительной очистки		1
5	Кожухотрубный конденсатор 1 ступени	1	1
6	Кожухотрубный конденсатор 2 ступени	2	1
7	Кожухотрубный конденсатор 3 ступени	3	1
8	Бак сепаратор дизельного топлива		1
9	Вентилятор		1
10	Газовый сепаратор		1
11	Сепаратор воды		1
12	Охладитель газа		3
13	Гидрозатвор 1 ступени		1
14	Гидрозатвор 2 ступени		1
15	Накопительная емкость газа		1
16	Газовые горелки		3
17	Вытяжной вентилятор пыли		1
18	Циклон мокрой очистки дыма		1
19	Насос грязной воды		1
20	Насос системы охлаждения		1
21	Система трубопроводов		1
22	Система автоматического управления		1
23	Приемный бункер шин (пластика)		1
24	Ленточный конвейер		2
25	Шредер шин (пластика)		1
26	Гидравлическое устройство подачи		1

	материала в реактор	
27	Ленточный конвейер для транспортировки сажи	1
28	Металлоконструкции	1
Итого стоимость оборудования		
Монтаж оборудования		
Доставка оборудования		
Всего		

Экономически самое выгодное именно восстановление, особенно крупногабаритных шин. Восстановленная методом вулканизации грузовая шина стоит 3-5 раз дешевле, чем новая. Шины легковых автомобилей целесообразнее перерабатывать в топливо или утилизировать.



Рисунок 3.3 - Технология переработки шин

Собранные на складе старые шины осматриваются, вынимаются металлические элементы (кольца, диски), резина режется и помещается в реактор с температурой +450оС. В результате получается остаток,

содержащий углерод, жидкое топливо, газ и металлический корд. Газ используется для поддержания температуры в реакторе, остатки выбрасываются в атмосферу. По составу он почти такой же, как выхлопные газы грузового автомобиля. Остаток, содержащий углерод, просеивается. Топливо и корд складироваться.

Производственный участок состоит из:

- места для производственной установки;
- разделочного участка (резка шин);
- склада для хранения изношенной резины;
- склада готовых продуктов (углерода, топлива и металлолома);
- офиса.

Самая простейшая линия по переработке шин позволяет переработать 5 тонн изношенных покрышек за сутки. В результате получается 2 тонны жидкого топлива, 1,5 тонн твердого остатка с углеродом, 0,5 тонн металлолома, 1 тонна газа. Установка функционирует круглосуточно, работает на газе, полученном в производственном процессе. Для обслуживания требуются 2 человека. Оборудование потребляет 14,4 кВт электроэнергии в сутки.

Бизнес план

Основные расходы:

- оборудование по переработке покрышек: цена 1 100 000 руб (но следует учитывать, что пиролизная установка может стоить и гораздо больше);
- доставка и монтаж – 400 тысяч рублей;
- цистерны для топлива (на 60 т) –  $25\ 000 \cdot 6 = 150\ 000$  рублей;
- оборудование для складов;
- инструменты;
- спецодежда для рабочих;
- согласования и регистрация.

Для регистрации подобного предприятия необходим уставной капитал. Это значит, что требуется организация ООО. Процесс регистрации занимает примерно месяц и стоит около 10 000 рублей. Дополнительный расход – лицензия, которая может стоить более 100 тысяч рублей. Печать и канцелярские товары – 10 000 рублей.

Это значит, что для того, чтобы открыть мини-завод по переработке шин, цена (начальные вложения) составит более 2-х миллионов рублей.

Текущие расходы:

- зарплата на четырех работников (для работы с оборудованием в 2 смены) – 40 тысяч рублей;
- зарплата для работников, занимающихся поставками сырья и реализацией готовой продукции – 30 тысяч рублей;
- плата за электроэнергию – примерно от 15 000 рублей;
- налоги.

Размер текущих расходов – от 100 тысяч рублей в месяц.

Выход крошки по фракциям зависит от качества шин (жесткость и изношенность) и размера крошки. Сита определяют максимальный размер. То есть, если сито будет 1 мм, то крошка будет основная масса 0.8-1, остальное меньше. Обычно ставят 1-3 мм.



Рисунок 3.5 – Полученная крошка

Применение резиновой крошки. Резиновая крошка, полученная при переработки изношенных покрышек, имеет многочисленные и перспективные области дальнейшего использования. При эффективной организации маркетингового сопровождения производства, это определенно гарантирует ее быструю и устойчивую реализацию как на отечественном, так и на зарубежных рынках.

Полученную крошку можно использовать для

- ковриков для спортивных площадок
- подошв для тапочек
- покрытий Новотрек
- подкладок под жд рельсы и жд фурнитуру
- сантехнических прокладок
- резиновой кровли
- причальных отбойников
- добавки в асфальт
- гранул ЕРДМ
- резиновой брусчатки
- протекторной ленты для восстановления колёс
- прокладок и уплотнителей для дверей и окон
- регенирированной или сырой резины
- вспенивающийся каучука
- заливных бесшовных покрытий
- входных ковриков (под двери и в ванную)

## ГЛАВА 4 ПЛАТА ЗА НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Действующим законодательством Российской Федерации предусмотрена плата за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС). Необходимость платы за негативное воздействие на окружающую среду предусмотрена Федеральным законом от 10.01. 2002 № 7- ФЗ «Об охране окружающей среды». Данный закон устанавливает, что негативное воздействие на окружающую среду является платным.

В настоящее время плата за НВОС взимается только за следующие виды негативного воздействия:

- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными объектами;

- сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;

- размещение отходов производства и потребления.

***Расчет платы за негативное воздействие на окружающую среду за размещение амортизированных автомобильных покрышек, если такое количество покрышек собирать в одном месте, так называемом полигоне токсических отходов (отходы IV класса опасности), то за 6 лет потребуется вывести из оборота более 180 га земель Самарской области.***

Расчет платы за размещение отходов производства и потребления определяется следующим образом:

$$П_{\text{ОТХ}} = \text{НП}_{\text{ОТХ}} \times V_{\text{ОТХ}} \times K_{\text{Э}} \times K_{\text{Р}} \times K_{\text{ИН}},$$

где :  $P_{\text{ОТХ}}$  - плата за размещение отходов, руб.;

$\text{НП}_{\text{ОТХ}}$  - норматив платы за размещение 1 тонны отхода IV класса опасности, (248,4 руб./т);

$V_{\text{отх}}$  - объем размещенного отхода, (19710т);

$K_{\text{э}}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости почвы территории экономических районов ( $K_{\text{э}} = 1,9$ );

$K_{\text{р}}$  - коэффициент способа размещения отхода (Таблица 1);

$K_{\text{ин}}$  -коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду (2.45).

Так как, автомобильные покрышки относится к 4 классу опасности, и нам известны объемы, поступающие на захоронение, можем рассчитать плату за негативное воздействие:

$$P_{\text{отх}} = 248,4 \times 19710 \times 1,9 \times 1 \times 2,45 = 22790712,42 \text{ руб.}$$

Плата за размещение отхода на так называемом полигоне Самарской области : 22790712,42 руб. В том числе:

- в пределах лимита: 22790712,42 руб.;

-сверх лимита: 0 руб.

**Коэффициенты (Кэ) экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы территорий экономических районов РФ**

Экономические районы РФ	КЭ	
	атм. воздуха	почвы
Северный	1,4	1,4
Северо - западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго – Вятский	1,1	1,5
Центрально – Черноземный	1,5	2,0
Поволжский	1,6	1,9
Северо – Кавказский	2,0	1,7
Уральский	1,2	1,2
Западно – Сибирский	1,4	1,1
Восточно – Сибирский	1,0	1,1
Дальневосточный		

**Таблица - Коэффициенты, зависящие от способа размещения отходов**

<b>Способ размещения отхода</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Понижающий коэффициент при расчете платы в пределах лимита</b>
Размещение на полигоне и захоронение	Р	1,0
Размещение на собственном полигоне	РС	0,3
Использование	И	0,0

**Примечание:**

- 1) Коэффициент, который учитывает экологические факторы состояния Самарской области – 1.9;
- 2) Способы размещения: И - использование отхода; Р- размещение отхода; РС- размещение на собственном объекте.

*Расчет платы по объекту негативного воздействия размещения отходов производства*

Наименование отхода	Установлены:		Фактически размещено отхода			Коэф. места расп. объ-екта разм. отхо-дов	Коэф. , в преде лах лими та	Нормат ив платы (руб./ тонн)	Коэф. , учит ываю щ. инфл яцию	Сумма платы: за разм. от-ходов (руб.)		Сумма платы, всего: (руб.)
	Класс опасности	Лимит т(тонн)	Всего	В пределах лимита	Сверх лимита					в пред. ус-тан. лимита	сверх ус-тан. лимита	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Шлам ЛКМ	4	0	19710	19710	0	Р	1	248,4	2.45		0	524961 2,105
Итого	X	X	X	X	X	X	X	X	X		0	524961 2,105

#### **4.1 Определение величины возможного предотвращенного экологического ущерба земельным ресурсам по «Временной методике определения предотвращенного экологического ущерба»**

Экологический ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок выражается главным образом в:

- деградации почв и земель;
- загрязнении земель химическими веществами;
- захламлении земель несанкционированными свалками.

Оценим величину предотвращенного ущерба в результате природоохранной деятельности от деградации почв и земель по следующей формуле:

$$U = N_c \times S \times K_9 \times K_{\Pi} ,$$

где:  $U$  - величина предотвращенного ущерба в результате природоохранной деятельности от деградации почв и земель на рассматриваемой территории, тыс. руб./год;

$N_c$  - норматив стоимости земель, тыс. руб./га (Табл. 1);

$S$  - площадь почв и земель, сохраненная от деградации, га;

$K_9$  - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (табл. 2);

$K_{\Pi}$  - коэффициент для особо охраняемых территорий.

**Таблица 1- Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд**

<b>Типы и подтипы изымаемых сельскохозяйственных угодий</b>	<b>Норматив стоимости освоения новых земель тыс. руб./га</b>
<b>1</b>	<b>2</b>
Республики Мордовия, Татарстан, Белгородская, Воронежская. Самарская, Курская, Липецкая, Пензенская, Тамбовская, Ульяновская области	206
Черноземы всех подтипов сверхмощные и мощные тучные и среднегумусные, торфяные окультуренные	292
Черноземы всех подтипов среднемощные; черноземы сверхмощные и мощные - эродированные, лугово-черноземные и старопойменные луговые	241
Черноземы всех подтипов маломощные малогумусные, черноземы среднемощные эродированные, темно - серые лесные	220
Черноземы маломощные карбонатные и солонцеватые, темно - каштановые	201
Черноземы всех подтипов маломощные и темно-серые лесные	185

почвы - эродированные; дерново-карбонатные	
--	--

В нашем регионе преобладают черноземы маломощные и среднемощные, таким образом норматив стоимости земель принимаем 220.

**Таблица 2- Коэффициенты ( $K_n$ ) для особо охраняемых территорий**

<b>Почвы и земли в пределах особо охраняемых территорий</b>	<b><math>K_n</math></b>
Земли природно-заповедного фонда	3
Земли природоохранного, оздоровительного и историко-культурного назначения	2
Земли рекреационного назначения	1,5
Прочие земли	0

Таким образом, предотвращенный экологический ущерб равен:

$$U = 221 \times 150 \times 1,9 \times 1,0 = 62700 \text{ руб.}$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стратегии развития химической и нефтехимической промышленности России на период до 2015 года», утвержденной приказом Минпромэнерго России от 14 марта 2008 года № 119
2. Рынок переработки изношенных шин , 20-й экологический вестник России № 6, 2011г.
3. Директива Европейского парламента от 15 июля 1975 года 75/442/ЕЭС «Об отходах» (с учетом поправок);
5. Аналитический обзор CLEANDEX (ГРУППА КОМПАНИЙ EXPLOTEX), Москва, 2010
6. Европейская Ассоциация производителей шин и резиновых изделий (ETRMA), отчет за 2010 г.
7. Сара Эл Ко К, Алан Лифтинг, Александр Тсуи, Таня Ютли, Уоррен Сноу «Кто оплатит утилизацию? О расширенной ответственности производителей». Журнал ТБО № 8 -11, 2011
8. Материалы международной научно-практической конференции" "Современные подходы к решению проблемы утилизации резино-технических изделий и шин", РГУ нефти и газа имени и.м. Губкина, Москва, 2011
9. Консультационное совещание «Существующая ситуация и подход к созданию в России устойчивой системы по сбору и переработке изношенных покрышек», РГУ нефти и газа имени и.м. Губкина, Москва, 2011
10. Звонов В.А., Козлов А.В., Кутенев Ф.В. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле // Автомобильная промышленность 2000 №11.
11. Звонов В.А., Кутенев Ф.В. и др. Утилизация автомобильной техники//Стандарты и качество, 2004, №8.
12. Луканин В.Н, Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология – М: Высшая школа,2001.

113. Хесина А.Я., Кривошеева Л.В., Третьяков О.Б. и др. Исследование содержания химических канцерогенных веществ в шинных резинах. – Тезисы докладов V Российской научно-практической конференции резинщиков. М. 1998.
14. Борисов О.В. ВторМетИнвест – лидер Подмосковья // Вторичные ресурсы, 2003, №1.
15. [www.enc.ex.ru](http://www.enc.ex.ru) (фонд экологизации транспорта).
16. [www.recyclers.ru](http://www.recyclers.ru) (Разгон Д.З. Вторичное использование и переработка изношенных шин. – ТБО, 01.07.2004).
17. Разгон Д.Р., кандидат технических наук, «Вторичное использование и переработка изношенных шин»
18. Тарасова Т.Ф., Чапалда Д.И. Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных автошин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – Т. 2. – № 2. – С. 130–135.
19. Hammer Ch., Gray T.A. Управление комплексного обращения с отходами: штат Калифорния: реферат 10 // Ресурсосберегающие технологии. Экспресс-информация. ВИНТИ. – 2008. – № 3. – С. 14–31.
20. Вещев А.А., Вещев А.А., Проворов А.В. Утилизация изношенных покрышек пневматических шин // Каучук и резина. – 2009. – № 4. – С. 37–40.
21. Луговой Ю.В., Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Каталитический пиролиз полимерного корда изношенных автомобильных шин в присутствии хлоридов металлов подгруппы железа // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2008. – Т. 51. – Вып. 12. – С. 73–76.
- [http://tcj.ru/wp-content/uploads/2013/12/2011\\_1-2\\_55-57\\_pererabotka-shin.pdf](http://tcj.ru/wp-content/uploads/2013/12/2011_1-2_55-57_pererabotka-shin.pdf)
1. В.Г.Никольский. “Вторичные ресурсы”, №1, сс.48-51 (2002 г.).
  2. А.А.Набок. Патенты РФ № 2.057.014 (1996), № 2.093.268 (1997) и № 2.106.963 (1998).

3. В.А.Приходько и Л.П.Гаранин. Патенты РФ № 2.042.511 (“Бюлл.Изобретений”, № 24, 1995 г.) и № 2.147.988 (“Бюлл.Изобретений”, № 12, 2000 г.).
4. М.М.Касаткин. Переработка амортизованных автомобильных (авиационных) шин и отходов резины”, М., “СигналЪ”, 2000 г., сс.29-30.
5. В.Н.Балыбердин и В.Г.Никольский. Патент РФ № 2.173.634 (“Бюлл.Изобретений № 26, 2001 г.).
6. В.Н.Балыбердин и В.Г.Никольский. Патент РФ № 2.167.056 (“Бюлл.Изобретений № 14, 2001 г.).
7. Enikolopov N.S., Wolfson S.A., Nepomnjaschie A.J., Nikol'skii V.G., Teleshov V.A., Filmakova L.A., Brinkman H., Pantzer E. And Uhland E. US Patent 4.607.797 (1986).
8. K.Khait and S.H.Carr. “Solid-State Pulverization: A New Polymer Processing and Power Technology”, Technomic Publishing Co., Lancaster-Basel, 2001, p.51.
9. Berstorff US patent N 5.273.419 (1993).
10. K.Khait and S.H.Carr. “Solid-State Pulverization: A New Polymer Processing and Power Tehnology”, Technomic Publishing Co., Lancaster-Basel, 2001, p.57.
- Ю.С.Роткин, Л.Г.Морозов, Е.И.Тимонин, С.А.Комаров и др., Патент РФ № 2.128.115 (“Бюлл. изобрет.” № 9, 1999 г.
12. Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. для вузов / под ред. Е.С. Кузнецова. – 4\_е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
13. Теория и практика регионального инжиниринга / под общ. ред. проф. Абдрашитова Р.Т., проф. Колосова В.Г., проф. Туккеля И.Л. – СПб.: Политехника, 1997.
14. Клищенко, В.П. Мини\_завод по утилизации изношенных автошин / В.П. Клищенко // Экология и промышленность России. – 2009. – №1. – С. 4\_5.

15. Патент 2309961 Российская Федерация, С08 J11/20. Способ переработки резинометаллических изделий и установка для его осуществления / Пославский А.П., Бондаренко Е.В., Апсин В.П., Сорокин В.В., Летечин В.М., Трошина Т.М. – Оpubл. БИ №31 от 10.11.2007 г.

16. Патент 2167168 Российская Федерация, МПК С 08 J 11/04. Устройство для утилизации отходов резинотехнических изделий / Денисов М.В., Денисов А.М., Литвин Н.К. – №2002110990/12; заявл. 25.04.2002; опубл. 10.02.2004, Бюл. №4. – С. 493.

17. Патент 2223172 Российская Федерация, МПК7 С 08 J 11/04. Способ переработки органических полимерных отходов / Летечин В.М.; патентообладатели: Летечин В.М., Летечина Т.В., Старков С.В. – №2000121587/04; заявл. 17.08.2000; опубл. 20.05.2001, Бюл. №14. – 7 с.

18. Патент 2239555 Российская Федерация, МКП С 27 В 29 В 17/00// В 29. Способ механического измельчения резины и устройство для его осуществления / Клищенко В.П., Романцов В.Н., Халяпин А.Е., Полянцев А.М. – №2002114528/12; заявл.03.06.2002.; опубл.10.11.2004, Бюл. №31

19. Ковриков, И.Т. Диагностирование эксплуатационных характеристик теплообменников транспортной техники / И.Т. Ковриков, А. Методы утилизации:

20. Экспресс-информация ЦНИИТЭнефтехим. Шинная промышленность. – 1984. -№ 10. – С.33.

21. Материалы конференции по каучуку и резине IRC-94 //Каучук и резина. – 1995 - № 1. = С.11.

22. Газиханов, С.Д. Получение суспензии резины из изношенных шин / С.Д. Газиханов, Г.В. Мухамедов, А.Б. Аловитдинов // Каучук и резина.-1996 - №2. – С.42.

23.Экспресс-информация: Промышленность СК, шин и РТИ. – 1995 - №2. – С.35.

24. Дроздовский, В.Ф. Переработка и использование изношенных шин (направления, экономика, экология / В.Ф.Дроздовский, Д.Р.Разгон // Каучук и резина. –1995 - № 2. – С.5.

25. Белозеров, Н.В. Технология резины / Н.В. Белозеров. – М.: Химия, 1979.

26. Воронов, В.М. Исследование процесса девулканизации резин на основе каучука в среде пластификатора / В.М. Воронов, С.В. Усачев, О.Ю. Соловьева, Н.Л. Сергеева // Каучук и резина. –1996 - № 2. – С.22.

27. Дроздовский, В.Ф. Состояние и перспективы переработки и использования изношенных шин за рубежом / В.Ф. Дроздовский // Каучук и резина. – 1992 - №4. – С.23.

28. Экспресс-информация: Промышленность СК, шин и РТИ. – 1995 - №1. – С. 27.

29. Экспресс-информация: Промышленность СК, шин и РТИ. – 1995 - №4. – С. 1.

30. Соловьев, Е.М. Переработка и использование отходов шинной промышленности / Е.М. Соловьев, Н.Д. Захаров // (Шинная промышленность: Тематический обзор) –М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1988.

31. Макаров, В.М. Использование амортизованных шин и отходов производства резиновых изделий / В.М. Макаров, В.Ф.Дроздовский . –Л.: Химия, 1986. – 248с.

32. Чубат, А. Новый взгляд на старые шины / А.Чубат // Живи, как хозяин. –НТБ.: 2008 - №5. – С.47.

© С. И. Вольфсон – д-р. техн. наук, проф., зав. каф. химии и технологии переработки эластомеров КГТУ, [svolfson@kstu.ru](mailto:svolfson@kstu.ru); Е. А. Фафурина – канд. техн. наук, доц. каф. автоматизированных систем сбора и обработки информации КГТУ; А. В. Фафурин – д-р. техн. наук, проф., зав. каф. Автоматизированных систем сбора и обработки информации КГТУ, [fafurin\\_av@kstu.ru](mailto:fafurin_av@kstu.ru).

33. Ярошевский В.Н. Восстановление и утилизация изношенных шин за рубежом. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1994.

34. Новицкий Б.Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Б.Г. Новицкий. – М.: Химия, 1983. – 190 с.

35. Северянин В.С. Технологическое пульсационное горение / В.С. Северянин [ и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 318 с.

36. Кочергин А.В. О перспективах использования пульсационного горения / А.В. Кочергин, В.С. Северянин, Г.И. Павлов. – Казань: КФВАУ, 2000.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Оборудование для утилизации шин

Данная линия по переработке изношенных шин может быть изготовлена, по желанию заказчика, производительностью от 300 до 10000 кг/ч



Двухвальный шредер измельчает покрышки до фракции, пригодной для дальнейшего вторичного измельчения.



Отделитель стального корда предназначен для вторичного измельчения материала после первичной дефрагментации покрышки в двухвальном шредере. Материал измельчается до состояния фракции размером 8 – 15 мм. На этом этапе происходит отделение стального корда от резины.





Магнитный сепаратор производит вторичное отделение включений стального корда от частиц измельченной резины (чипсов).



Вибросито предназначено для начального отделения текстильного корда от общей измельченной массы.

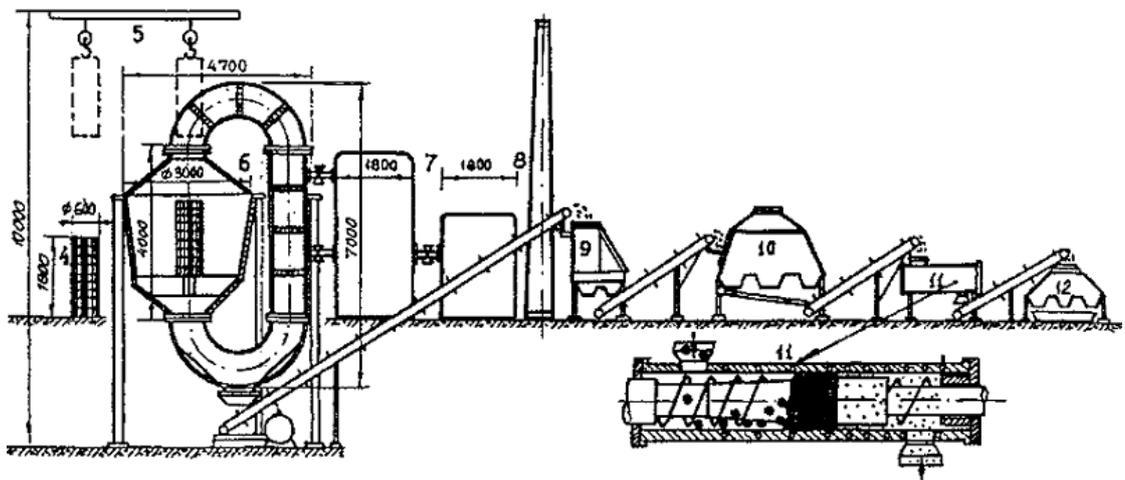


Гранулятор-дробилка предназначена для измельчения резины после обработки вторичным измельчителем – отделителем стального корда до состояния фракции размером 2 – 4 мм.

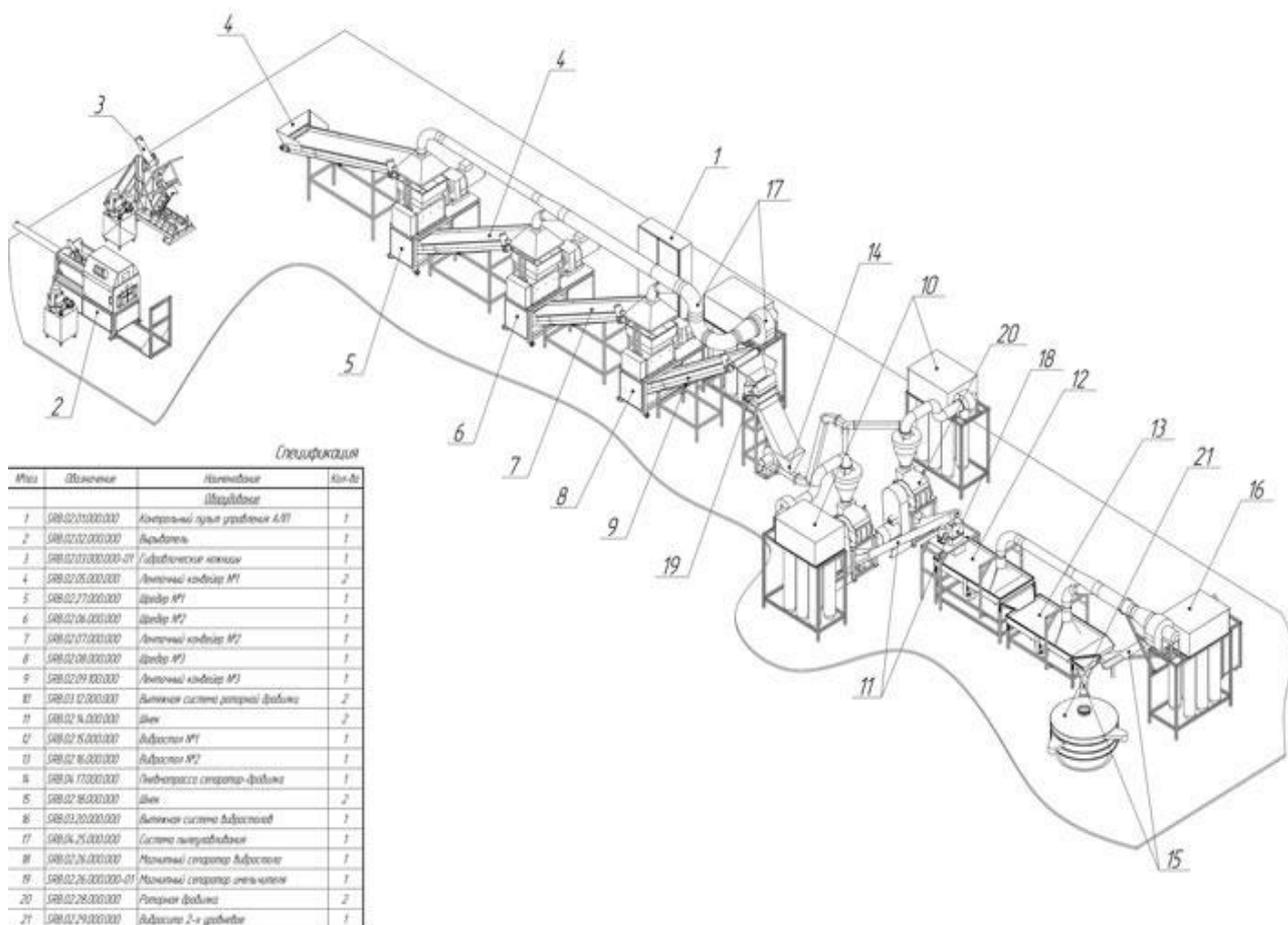


Мельницы мелкого помола (дисковые дробилки) имеют небольшие размеры и обладают низким потреблением электроэнергии. На этом этапе происходит измельчение материала до размера фракции 0.5 – 0.18 мм.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2



### ПРИЛОЖЕНИЕ 3



## ПРИЛОЖЕНИЕ 5





## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

