

УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН МЕХАНИЧЕСКИМ СКОРОСТНЫМ СПОСОБОМ

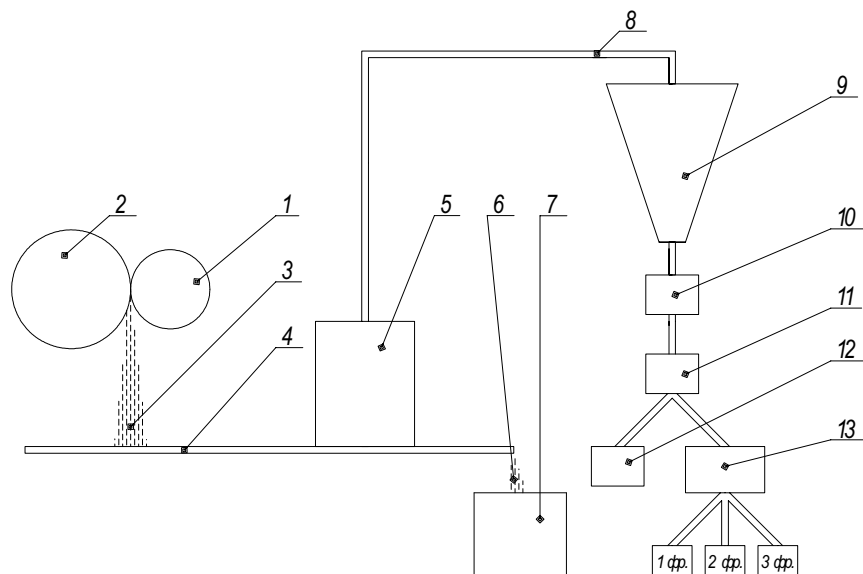
Статья посвящена проблеме утилизации изношенных автошин. Выбран механический способ переработки, разработана конструкция установки по измельчению изношенных автошин в резиновый порошок.

В настоящее время во всем мире ежегодно образуется большое количество отходов, а перерабатывается и используется в качестве вторичного продукта лишь 30% от их общего количества. Поэтому важнейшим направлением в снижении загрязнения окружающей среды является утилизация и повторное использование различных отходов, и в первую очередь органического происхождения. Изношенные автомобильные шины относятся к категории сложных видов отходов промышленного производства. В настоящее время нерациональное использование природных ресурсов привело не только к их истощению, но и к значительному загрязнению окружающей среды. Экологическая и экономическая целесообразность и необходимость повторного использования природных ресурсов путем вовлечения части отходов производства и потребления в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья доказана многолетней практикой во многих странах мира. В связи с этим перед человеком встают две задачи: научиться тщательней и бережливей извлекать то, что еще осталось, и по возможности готовить исчезающим или дорогим сырьевым продуктам заменители. Изношенная шина представляет собой ценное вторичное сырье, содержащее 65-70% резины (каучук), 15-25% технического углерода, 10-15% металла, поэтому будет просто преступно выбрасывать «изношенную автопокрышку» в утиль, шины необходимо перерабатывать и вовлекать полученный продукт, резиновую крошку, в экономический и хозяйственный оборот.

В мире используется значительное количество различных технологий по переработке изношенных автомобильных шин: восстановление, захоронение, использование цельных шин, сжигание в цементных печах для получения энергии, переработка в крошку

(любым способом – криогенным, с помощью озона, взрывоциркулярным, механическим и т.д.), пиролиз. Несмотря на существование множества технологий переработки шин и использования продуктов их утилизации, объем переработки изношенных автомобильных шин в настоящее время не превышает 15%, а в России подвергается утилизации около 3% отработанных шин. В основном это связано с материальными затратами, организацией дополнительных производств и недостаточной экономической эффективностью известных процессов [1].

С экологических позиций наиболее благоприятными считаются механические технологии переработки изношенных шин, так как при использовании данных технологий не происходит выброса канцерогенов и вредных веществ в окружающую среду, как в случае их сжигания и пиролиза, не используются в отличие от озонного, бародеструкционного и криогенного способов высокотоксичные и взрывоопасные материалы, обусловленные технологическим процессом. С точки зрения материальных затрат механические технологии также привлекательны. Используемое оборудование требует меньших капиталовложений по сравнению со спецоборудованием применяемым в других технологиях. Исходя из анализа сложившейся ситуации на рынке утилизации изношенных автопокрышек и руководствуясь принципами экологичности и экономичности, было принято решение разработать технологию механического измельчения изношенных шин, которая не имела бы описанных недостатков. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи: разработать новую технологию переработки изношенных шин; разработать и изготовить установку переработки изношенных автомобильных шин.



1 – автошина; 2 – иглофреза; 3 – резиновая крошка; 4 – транспортер; 5 – инерционная ловушка; 6 – металлокорд; 7 – емкость для металлокорда; 8 – воздуховоды; 9 – циклоны; 10 – шлюзовой затвор; 11 – магнитный сепаратор; 12 – емкость для металла; 13 – вибросито.

Рисунок 1. Технологическая схема утилизации изношенных шин.

Из литературных источников известно, что в зависимости от скорости обработки резины она может вести себя либо как эластомер, либо как твердое, хрупкое тело [2, 3]. При определенных скоростях воздействия на резину износ резины протекает по релаксационному механизму [4, 5, 6]. Сущность релаксационного механизма износа состоит в том, что при увеличении частоты воздействия на поверхность, высокоэластическая деформация резины не успевает развиться и материал ведет себя как твердое тело. Релаксационный механизм разрушения возможен в том случае, если время воздействия будет меньше времени релаксации напряжения в резине. В этом случае сила возрастает, и соответственно увеличиваются потери энергии при ударе. Кроме того, скачкообразное изменение механического нагружения твердого тела передается соседним зонам и обычно сопровождается колебаниями и волновыми процессами [7]. Наиболее опасными скоростями будут критические и за критические скорости, при которых возможно разрушение поверхности резины по релаксационному механизму. При небольших скоростях контакта (порядка 1-30

м/с) резина может конкурировать по износостойкости с любыми сортами стали или чугуна. Износ резины при таких скоростях контакта может протекать по усталостному или абразивному механизму. При больших скоростях обработки (порядка 30 м/с и выше) происходит катастрофическое разрушение резины, протекающее по релаксационному механизму. Следовательно, для разрушения резины необходимо и достаточно преодолеть критические скорости, при превышении которых материал разрушается. Известно, что для резины $a_n = 40+1570$ м/с, причем нижний предел относится к низко модульной (мягкой) резине, а верхний – к твердой резине (30% серы) – эбониту.

Для установления критических и за критических скоростей обработки, при которых изношенные шины разрушаются по релаксационному принципу и ведут себя как твердое тело, нами была разработана установка, позволяющая варьировать скорость обработки и величину подачи. Проведенные нами серии экспериментов показали, что скорость обработки 50 м/с и более для изношенных автомобильных шин является критической. При достижении скорости обработки 55 м/с

обрабатываемость резины улучшается, не происходит перегрева в зоне резания, наблюдается стабилизация получаемой крошки, разбитость поверхности крошки возрастает.

Для получения резиновой крошки из изношенных автомобильных шин необходимо разработать технологию переработки шин в резиновую крошку. Технологический процесс (см. рис. 1) заключается в следующем: обработка пакета шин 1 осуществляется вращающейся иглофрезой 2, при этом снимается очень тонкий слой резины. Для улавливания резинового порошка 3 к зоне резания непосредственно под иглофрезу подведен транспортер 4 и заборник пневмосистемы. По транспортеру резиновая крошка вместе с металлокордом подается в инерционную ловушку 5, представляющую собой металлический короб. В инерционной ловушке происходит разделение металлокорда и резинового порошка. Металлокорд 6 вместе с крупными кусками протектора удаляется из ловушки и далее по транспортеру попадает в емкость для металлокорда 7. Резиновая крошка по воздухопроводу 8 из инерционной ловушки поступает в циклон 9, где происходит очистка воздуха от частиц под действием центробежных сил.

Из циклона резиновый порошок через шлюзовую затвор 10 попадает в магнитный сепаратор 11, где улавливаются пылеобразные частицы металлокорда, которые поступают в специальную емкость для металла 12, а резиновый порошок – на вибросито 13, где происходит разделение порошка по фракциям.

На основании разработанной технологии нами была разработана конструкция установки по переработке изношенных автомобильных шин. Установка по переработке изношенных автомобильных шин [8] представляет собой мобильный передвижной комплекс, размещенный на шасси, который может работать стационарно (если оснащен дизель-станцией) либо подключен к электрической сети. Рабочее напряжение электросети для подключения установки составляет 380 В. Общий вид установки по переработке изношенных шин представлен на рисунке 2. Установка по переработке изношенных автомобильных шин состоит из следующих основных узлов и агрегатов:

– измельчающего блока, в который входят иглофреза 1, электродвигатель 4 и муфта;

– шиноизмельчительного блока 2, состоящего из шпиндельного узла, размещенного на подвижной тележке, в состав которого в свою очередь входят шпиндель, оправка, привод зажима и вращения автопокрышек, стойка и подводимая опора; привода перемещения, узла ручной, механической подачи и подвижного ограждения;

– транспортно-вентиляционного блока, состоящего из транспортера с инерционной ловушкой 3 и системы вентиляции 5, с помощью которых резиновый порошок выводится из зоны резания и осуществляется разделение металлокорда с порошком, после чего названные материалы поступают в емкость для металла 14 и систему вентиляции 5 соответственно; циклонов 6, где происходит оседание резиновой крошки, поступающей из воздухопроводов; шлюзового затвора 7, где происходит дозированная подача крошки, подающейся из циклонов, на магнитный сепаратор 8; вибробункера 9, где осуществляется разделение резиновой крошки по фракциям.

Все узлы и агрегаты размещены на общей раме, которая устанавливается на шасси. Шиноизмельчительный блок закрывается звукоизолирующим корпусом. Для механизации процесса подачи изношенных автопокрышек в шиноизмельчительный блок установка оснащена грузоподъемным устройством (рисунок 3).

Технологический процесс работы установки выглядит следующим образом: автошина 5 подается и устанавливается на оправку 2 с помощью грузоподъемного устройства 12 (см. рис. 2). На оправку устанавливается три или четыре автошины, в зависимости от ширины беговой части, общая ширина не должна превышать 500 мм. Производится предварительный зажим пакета автошин, путем нажатия кнопки «зажим» (при нажатии кнопки «зажим» происходит выдвигание зажимов, размещенных на оправке, и сжатие пакета покрышек), расположенной с правой стороны от шпинделя, на боковой стенке ограждения шиноизмельчительного узла. Устанавливается подводимая опора 3 под консоль с автошинами. После чего консоль закрепляется от-

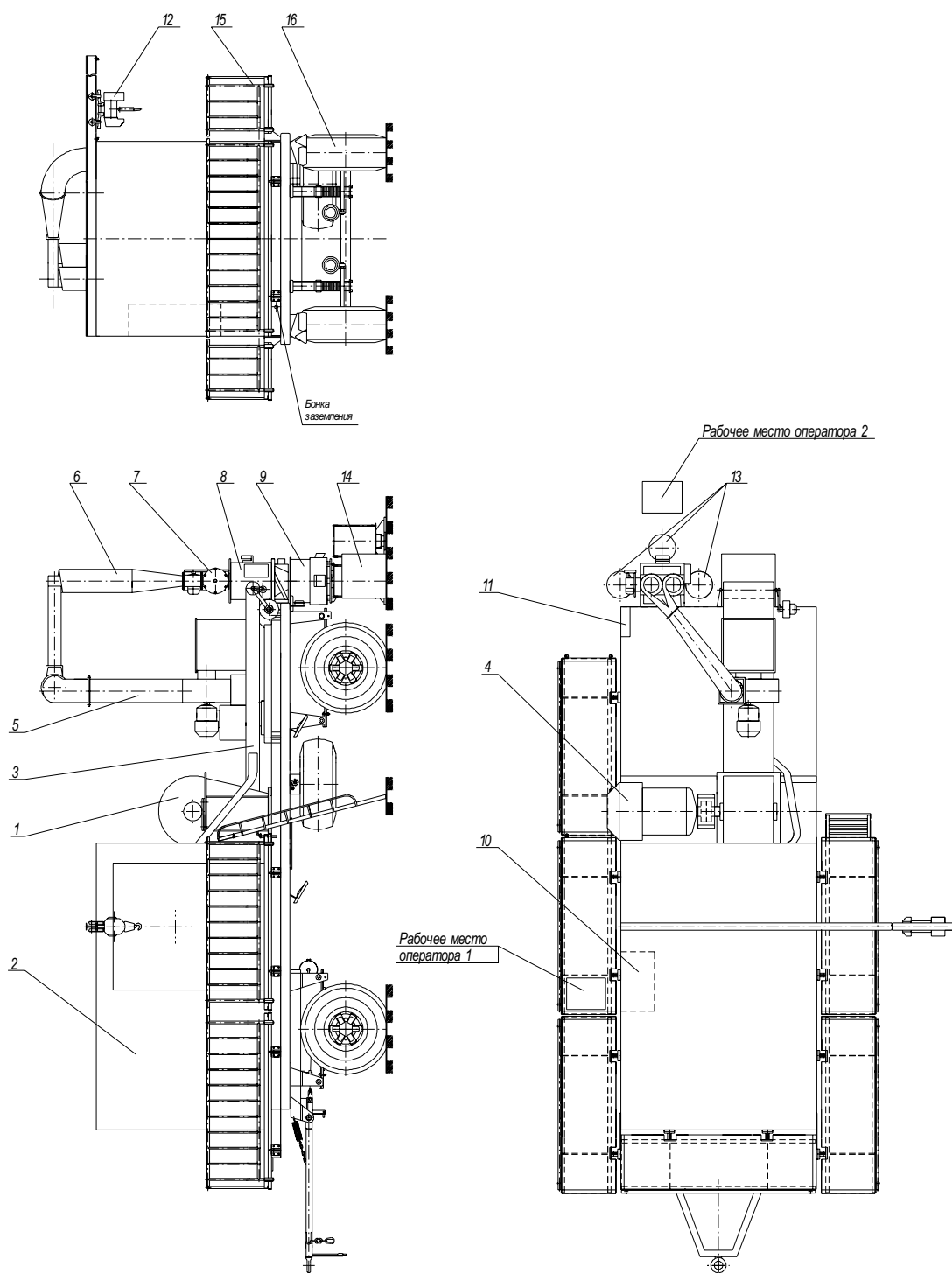


Рисунок 2. Общий вид мини-завода: 1 – иглофреза; 2 – шиноизмельчительный узел; 3 – транспортер с инерционной ловушкой; 4 – электродвигатель; 5 – вентиляция; 6 – циклоны; 7 – шлюзовой затвор; 8 – магнитный сепаратор; 9 – вибробункер; 10 – шкаф управления №1; 11 – шкаф управления №2; 12 – грузоподъемное устройство; 13 – стойки; 14 – емкость для сбора металла; 15 – ограждение; 16 – шасси.

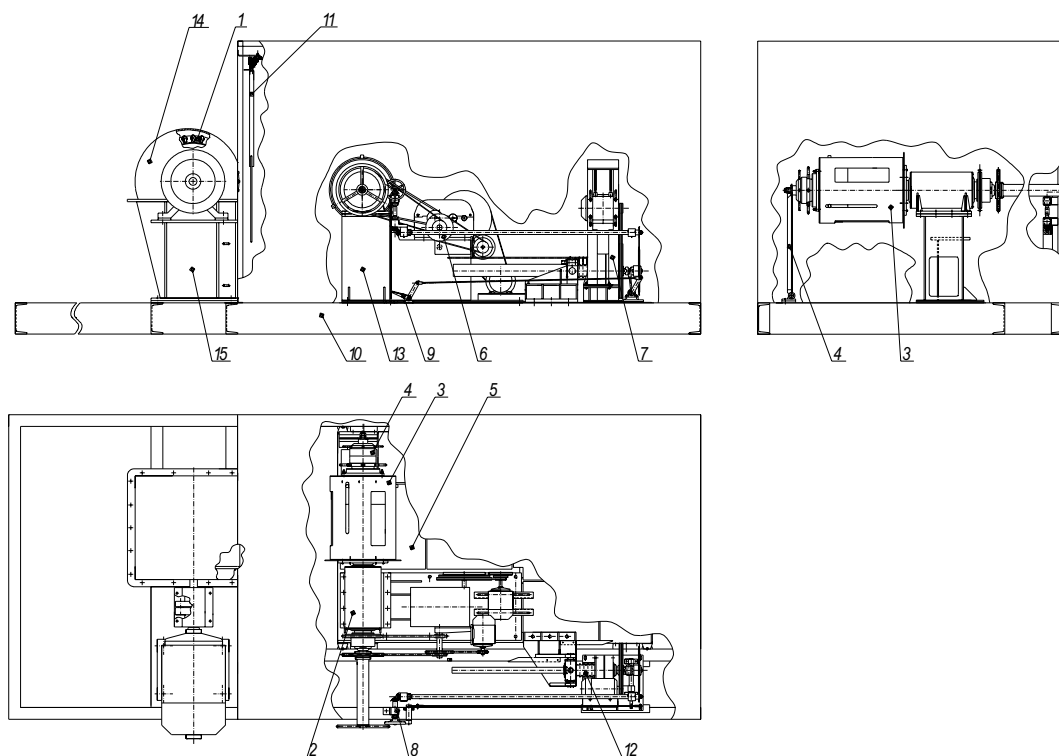


Рисунок 3. Шиноизмельчительный узел: 1 – иглофреза; 2 – узел шпиндельный; 3 – оправка; 4 – подводимая опора; 5 – тележка; 6 – привод механизма зажима покрышек; 7 – привод перемещения; 8 – узел ручной подачи; 9 – узел механической подачи; 10 – рама; 11 – ограждение подвижное; 12 – ограждение ходового винта; 13 – стойка; 14 – кожух; 15 – станина.

кидной гайкой (входящая в конструкцию подводимой опоры). Для осуществления процесса резания необходимо привести иглофрезу 9 во вращение путем запуска главного электродвигателя 8 и запустить привод вращения автопокрышек. Далее пакет автошин, установленный в узле зажима и размещенный на тележке 6, подается в зону резания к фрезе при помощи привода перемещения 7. Посредством узла ручной подачи пакет автошин подается в зону резания иглофрезы. Осуществляется процесс измельчения автошины иглофрезой в мелкий порошок, который вместе с металлокордом попадает на транспортер 10, размещенный непосредственно под фрезой. Далее резиновый порошок с металлокордом по транспортеру подается в инерционную ловушку 14, где происходит разделение резинового порошка и металлокорда, который выводится через гасящий барабан 12 в емкость 13. Резиновый порошок захватывается потоком воздуха, далее уходит по воздуховоду 14 в циклон 15. Резиновый порошок, осажден-

ный в циклоне, шлюзовым затвором 16 дозированно подается на магнитный сепаратор 17, где происходит отделение оставшихся частичек металла от резинового порошка. Порошок и частички металла выводятся через патрубки 18 и попадают в узел расфасовки и упаковки резинового порошка и емкость для металла соответственно.

Основные технические характеристики установки по переработке изношенных автомобильных шин приведены в таблице 1.

Порядок работы установки по переработке изношенных автомобильных шин скоростным способом включает выполнение следующих операций:

3.2.1 Открыть дверь шиноизмельчительного узла (автоматически включается свет, бронеплита закрывает фрезу).

3.2.2 Снять откидную гайку 4 (рис. 3), опустить подводимую опору 3.

3.2.3 Установить сменный диск 5 соответствующего типоразмера. Маркировка типоразмеров шин указана на диске.

Таблица 1. Технические характеристики установки по переработке изношенных шин

Наименование	Параметры (характеристика)	Значение	Размерность
1. Производительность	Резинового порошка	140-160	кг/ч
2. Утилизируемые автошины	Общая масса не более	500	кг
	Общая ширина не более	500	мм
	Наружный диаметр не более	1800	мм
3. Электрооборудование:	Общее количество электродвигателей	8	шт.
	Потребляемая мощность: всего	122,1	кВт
4. Общая масса, не более	-	10	т
5. Габаритные размеры	длина	9600	мм
	ширина	4810	мм
	высота	4100	мм
6. Занимаемая площадь	-	30	м ²

3.2.4 Подать автошину к оправке с помощью грузоподъемного механизма.

3.2.5 На оправку установить (рис. 3) две или три автошины (в зависимости от ширины беговой части).

3.2.6 Установить второй диск, равный первому.

3.2.7 Произвести предварительный зажим, путем нажатия кнопки (при нажатии кнопки «зажим» происходит выдвигание зажимов и сжатие пакета шин).

3.2.8 Установить подводимую опору 3 под консоль с автошинами, закрепить откидную гайку 4.

3.2.9 Первому оператору выйти из шиноизмельчительного узла и закрыть дверь.

3.2.10 Подать сигнал или команду второму оператору «Приготовиться».

3.2.11 Первому оператору перейти на рабочее место №1 около электрического шкафа к окошку блока зажима автошин с наружной стороны.

3.2.12 Включить главный двигатель 8 и вентилятор.

3.2.13 В это время второму оператору занять рабочее место №2 в зоне сбора резинового порошка. После запуска фрезы и входа ее в контакт с шинами включить шлюзовой затвор 16, магнитный сепаратор и вибробункер.

3.2.14 Первому оператору произвести быстрый подвод автошины путем нажатия педали подачи и кнопки подачи автошины, не касаясь фрезы, далее подача автошины производится вручную (педаль подачи и кнопка отпускаются).

3.2.15 Второму оператору тем временем произвести расфасовку резинового порошка. Резиновый порошок, осажденный в циклоне, подается шлюзовым затвором на магнитный сепаратор. Металл попадает в емкость, а порошок поступает на вибробункер, на котором происходит разделение порошка по фракциям, далее резиновый порошок попадает в мешки.

3.2.16 По окончании работы остановить главный двигатель, остальные механизмы работают.

3.2.17 Выключить вентилятор, шлюзовой затвор, транспортер, вибробункер. После чего снять электропитание с мини-завода.

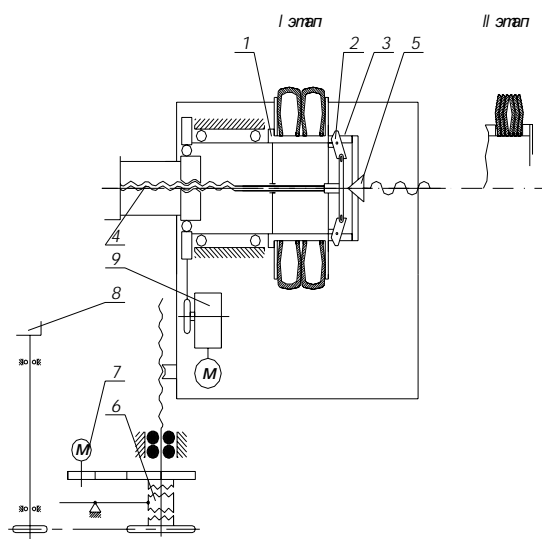


Рисунок 4. Кинематическая схема узла подачи и зажима: 1 – оправка; 2 – съемные диски; 3 – кулачок; 4 – штурвал; 5 – подводимая опора; 6 – муфта; 7 – электропривод; 8 – штурвал; 9 – привод.

Таблица 2. Зависимость скорости вращения автошины от диаметра

Диаметр, мм	Скорость вращения автошины, об/мин
330-381	15
406-457	10
508	5

Таблица 3. Значение подачи при различных показаниях амперметра

Показания амперметра, А	Подача, мм/об
100÷110	1
120÷130	2
140÷150	3
160-170	4

Процесс измельчения изношенных шин на установке по переработке изношенных шин скоростным способом происходит в два этапа и включает выполнение следующих операций:

1. Оператор с помощью муфты 6 и привода 7 (рис. 4) может быстро подвести автошины к фрезе на минимальное расстояние не менее 100 мм. Обработка ведется на ручной подаче с помощью штурвала 8.

2. Включается привод вращения автошин. В зависимости от диаметра автошины скорость вращения должна быть 5÷15 (см. табл. 2). Оператор вручную начинает вводить автошину в контакт с фрезой и производит врезание. Контроль глубины врезания (подачи) ведется по амперметру (табл. 3), расположенному на шкафу управления (величина тока не должна превышать номинальную величину для главного двигателя – при 90 кВт – 165 А).

3. На первом этапе снимается беговая часть автошины. С помощью штурвала 4 винтового зажима (рис. 4) автошины сжимаются вдоль оси таким образом, чтобы беговая часть автошины приняла тороидальную форму.

4. Размер получаемой резиновой крошки зависит от глубины врезания. Стабилизация размеров получаемого порошка контролируется по амперметру.

5. После полного прорезания внутренней поверхности автошины производится дополнительная подача, до срабатывания беговой дорожки полностью.

6. Автошины с помощью муфты 6 и электропривода 7 (рис. 4) быстро отводятся в исходное положение.

7. Бортовые части автошины снимаются с оправки для дальнейшей переработки, и процесс повторяется несколько раз для обеспечения раздела бортовых частей автошин. Главный двигатель не отключается.

8. На втором этапе ведется переработка бортовых частей автошин. Для этого на оправку устанавливаются только бортовые части автошин, полученные после снятия беговой дорожки, и вместо дисков 2 большого диаметра используют диски, зажимающие только бортовые кольца.

9. Сам процесс ничем не отличается от первого, только количеством бортовых частей (от 6 до 12). Срабатывание бортовых частей производится до бортовых колец.

В результате переработки изношенных автомобильных шин скоростным механическим методом получается резиновый мелкодисперсный порошок, с дисперсностью 0,1-2,5 мм, с высокоразвитой удельной поверхностью. Скоростной способ переработки является полностью механическим, без применения криогенных технологий, что позволяет избежать вредных выбросов в окружающую среду и сохранить высокоразвитую и активную поверхность измельченного резинового порошка. Кроме этого, в разработанной установке предусмотрено отделение резины от металлического корда с последующим разделением резинового порошка по фракциям. Установка по переработке изно-

шенных автопокрышек представляет собой мобильный передвижной комплекс, размещенный на шасси, который может работать стационарно, что выгодно отличает данную разработку от существующих на сегодняшний день.

Таким образом, на основании анализа технического уровня и экологических требований к методам утилизации отходов и анализа недостатков существующих технологических процессов утилизации изношенных шин разработана оригинальная технология механической переработки изношенных шин скоростным методом обработки с последующим разделением

продукта по фракциям. Разработана мобильная передвижная установка по переработке изношенных автомобильных шин, работающая как стационарно от электрической сети, так и от дизель-генератора установки.

Оренбургская область является регионом, где остро стоит проблема экологической опасности разливов нефти, поэтому в данной области обходимо иметь эффективные нефтяные сорбенты для прекращения возможных разливов нефти. В связи с этим авторами предлагается использовать полученный резиновый порошок в качестве нефтяного сорбента.

Список использованной литературы:

1. Демина Л.А. «Вулкан на обочине» // Энергия: экономика, техника, экология, №1, 2002, с. 42-45.
2. Вафин Р.К., Поеровский А.М. Основные параметры и критерии механики разрушения. М.: Изд-во МГТУ, 1998. – 48 с.
3. Пенкин Н.С. Гуммированные детали машин / Н.С. Пенкин. – М.: Машиностроение, 1977. – 198 с.
4. Бартьев Г.М., Трение и износ полимеров / Г.М. Бартьев, В.В. Лавреньев. – М.: Химия, 1972. – 239 с.
5. Каргин В.А., Слонинский Г.Л. Краткие очерки по физико-химии полимеров / Каргин В.А., Слонинский Г.Л. – М.: Химия, 1967. – 232 с.
6. Пенкин Н.С. Влияние упругих свойств материалов на процесс изнашивания потоков абразивных частиц / Пенкин Н.С. – М.-Л.: Транспорт, 1965. Вып. 86. – С. 43-50.
7. Тадмор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия, 1984. – 632 с.
8. Заявка 2004107831 Российская федерация, В 29 В 17/00//В 29 К 21:00 Установка для измельчения изношенных покрышек / Клищенко В.П., Чапалда Д.И., Романцов В.Н. № 2004107831/12; заявл. 16.03.2004; опубл. 10.11.2005 Бюл. № 31. – 3 с.

Статья рекомендована к публикации