

С. В. Ярмолик, ассистент; А. Э. Левданский, доцент;  
Д. И. Чиркун, ассистент; Э. И. Левданский, профессор

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ОТХОДОВ АБС + ПВХ ПЛЕНКИ С ВКЛЮЧЕНИЯМИ ППУ НА КОМПОНЕНТЫ

In this paper development materials of the technological circuit for division of two-component weight of the waste products consisting from mix of composition ABS + PVC and foamed polyurethane, into separate components are submitted with the purpose of their repeated processing. The analysis of a problem of a reuse of production wastes above the specified polymeric materials is lead. The expediency of application of separation for division of a mix of polymers into separate components is proved. The disperse structure of components is established and aerodynamic characteristics of particles of polymers on the basis of what it is offered to use preliminary processing of waste on a drum-type roar are calculated, and final division to carry out in a new design the gravitational separator. Results of experimental researches on division of a mix of polymers on models of the separator are resulted, its optimum operating modes are certain.

**Введение.** Развитие современного общества сопровождается непрерывным увеличением объемов производства различных полимерных материалов и композитов на их основе. Это, естественно, влечет за собой и рост количества отходов, которые необходимо утилизировать. С экологической точки зрения отходы производства полимерных материалов являются серьезным источником загрязнения окружающей среды, так как чрезвычайно медленно разлагаются в естественных условиях и содержат вредные химические соединения. Поэтому их повторное использование не только имеет важное экономическое значение, но и способствует решению ряда экологических проблем.

**Основная часть.** Одним из отходов, образующихся в ходе основного производства на Осиповичском заводе автомобильных агрегатов, являются некондиционные пластины. Указанные пластины представляют собой двухкомпонентную смесь, состоящую из пленки смесевой композиции акрилонитрилбутадиенстирола (АБС) с поливинилхлоридом (ПВХ) и слоя на ней пенополиуретана (ППУ). Совместная переработка этих полимеров не представляется возможной. Поэтому была поставлена задача разработать технологическую схему для разделения смеси на отдельные компоненты, что позволит повторно использовать пленку АБС + ПВХ для изготовления различных изделий и, естественно, снизить объем материала, идущего в отвал.

Для отделения пленки АБС + ПВХ от ППУ некондиционные пластины предварительно измельчают. Для этого наиболее часто используют ножевые мельницы [1]. Обработка отходов на таком измельчителе позволила получить частицы полимеров размером не более 6 мм.

После измельчения смесь пленки АБС + ПВХ с ППУ можно разделить на отдельные компоненты при помощи пневмо- или

гидроклассификации. С точки зрения энергозатрат пневмоклассификация предпочтительнее, так как при гидроклассификации продукты разделения имеют высокую влажность и здесь необходима дополнительная сушка.

Пневмоклассификация осуществляется обычно по крупности, плотности либо форме частиц [2]. Значительное различие в плотности частиц пленки АБС + ПВХ ( $1150 \text{ кг/м}^3$ ) и частиц ППУ ( $250\text{--}300 \text{ кг/м}^3$ ) создает предпосылки для эффективного проведения процесса разделения смеси полимеров таким способом.

Анализ проб отходов путем отсева на лабораторных ситах позволил определить дисперсный состав исходной смеси полимеров в целом, а также составляющих ее компонентов (рис. 1).

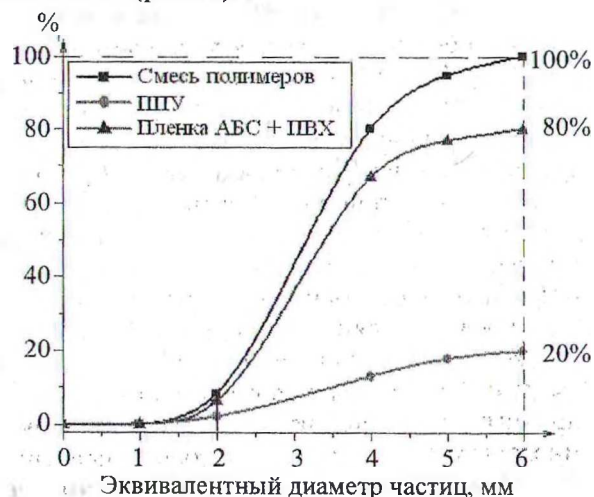


Рис. 1. Дисперсный состав смеси полимеров и ее компонентов

Из графиков видно, что содержание пленки АБС + ПВХ в исходной смеси достигает 80%, максимальный эквивалентный диаметр частиц полимеров составляет на более 6 мм, при этом основная масса частиц полимеров, около 75%, имеет эквивалентный диаметр от 2 до 4 мм.

Для разделения материалов с таким дисперсным составом достаточно эффективно можно использовать гравитационную классификацию, имеющую по сравнению с другими способами ряд преимуществ – низкие удельные энергозатраты, простота и дешевизна конструкции [3, 4].

Поэтому предварительно были проведены теоретические расчеты скорости витания частиц пленки АБС + ПВХ и ППУ, которая является одним из основных параметров при расчете или подборе типа и конструктивных особенностей гравитационного классификатора. Результаты расчетов приведены в виде графических зависимостей на рис. 2.

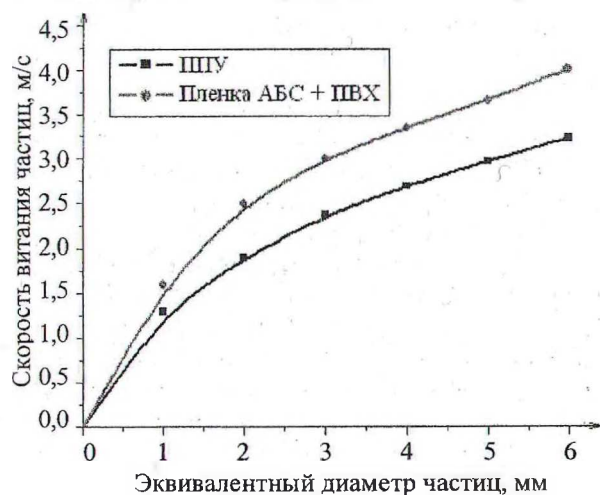


Рис. 2. Зависимость скорости витания частиц пленки АБС + ПВХ и ППУ от их размера

Расчеты показали, что скорости витания частиц АБС + ПВХ и ППУ достаточно близки между собой и отличаются в среднем лишь на 15–20%. Хотя частицы этих полимеров значительно отличаются по плотности, их форма также различна: АБС + ПВХ – пленка, а частицы ППУ имеют форму, близкую к кубической. Поэтому при одинаковом эквивалентном диаметре частицы этих полимеров имеют сопоставимые массу и миделево сечение, что и объясняет схожесть их аэродинамического поведения в восходящем воздушном потоке.

Это явление негативно сказалось на эффективности разделения смеси полимеров при пробных экспериментах в гравитационном многокаскадном классификаторе. Обеспечить четкое разделение частиц по плотности в таком широком диапазоне крупности оказалось весьма сложно. Кроме того, еще одной причиной низкой эффективности разделения смеси является наличие в ней частиц, представляющих собой сросстки пленки АБС + ПВХ с ППУ. Содержание их в исходной массе отходов составляет от 8 до 16%. Естественно, перед разделением смеси полимеров на отдельные компоненты эти сросшиеся частицы необходимо расслоить на составляющие.

С учетом вышесказанного для повышения эффективности классификации исходной массы отходов на компоненты были разработаны следующие технические решения:

1) предварительное разделение исходной смеси полимеров на две фракции – мелкую, с размером частиц до 4 мм, и крупную, с размером частиц от 4 до 6 мм, что позволяет для каждой из фракций установить определенную скорость восходящего потока в классификаторе, при которой частицы различных компонентов во всем диапазоне своих размеров будут двигаться в разные стороны и, таким образом, будет осуществляться процесс разделения смеси полимеров по плотности;

2) обработка каждой фракции в расслаивающей машине.

Следовательно, предварительными операциями перед классификацией в технологической схеме будут процесс разделения исходной смеси полимеров по крупности относительно граничного размера 4 мм и процесс расслаивания сросшихся из пленки АБС + ПВХ и ППУ частиц.

Наиболее предпочтительной конструкцией для сортировки исходной массы отходов относительно граничного размера 4 мм является барабанный грохот. Он представляет собой перфорированный цилиндр, установленный с небольшим наклоном к горизонту. Подлежащий разделению материал поступает через верхний загрузочный патрубок внутрь барабана. Вследствие наклона барабана при его вращении материал движется вниз в сторону загрузочного патрубка. При этом в зависимости от диаметра отверстий сита, равного в нашем случае 4 мм, происходит его разделение по крупности на фракции.

Для отделения сросшихся из пленки АБС + ПВХ и ППУ частиц можно использовать расслаивающую машину. Основными рабочими органами этой машины являются два горизонтальных рельефных диска, установленных с эксцентриситетом друг относительно друга. Верхний диск неподвижен, а нижний приводится во вращение от электродвигателя. При работе машины частицы материала перемещаются в пространстве между дисками под действием центробежных сил от центра к периферии и подвергаются расслоению за счет раздавливающего-истирающего воздействия рельефной поверхности дисков. Для изменения зазора между дисками предусматривается возможность перемещения в вертикальном направлении верхнего неподвижного диска.

После предварительных технологических операций приготовленную массу отходов можно уже достаточно эффективно классифицировать на компоненты. Для этого была использована новая конструкция гравитационного роторного классификатора, разработанная сотрудниками

БГТУ. Схематично устройство классификатора показано на рис. 3.

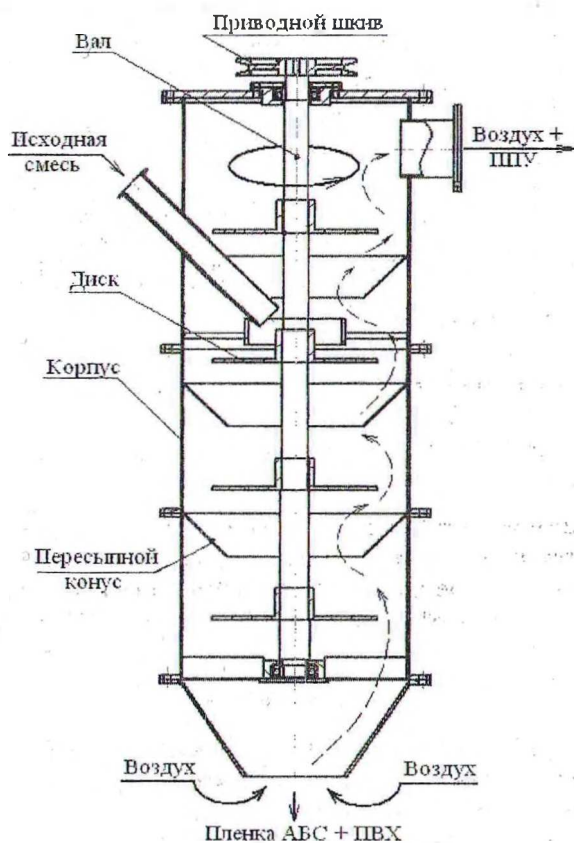


Рис. 3. Гравитационный роторный классификатор

Принцип действия классификатора основан на взаимодействии движущегося вверх воздушного потока со ссыпающимся вниз под действием силы тяжести материалом. При этом более легкие частицы, в нашем случае ППУ, подхватываются воздушным потоком и уносятся вверх, а более плотные и тяжелые частицы пленки АБС + ПВХ опускаются вниз. Так происходит разделение исходной смеси полимеров на отдельные компоненты. Движение материала организовано с пересыпанием по внутренним элементам аппарата – конусам и вращающимся дискам. Это позволяет многократно воздействовать воздушным потоком на разделяемый материал, что значительно повышает эффективность классификации [5].

Основным технологическим параметром, влияющим на качественные показатели процесса разделения в гравитационных классификаторах, является скорость восходящего потока воздуха, отнесенная к единице площади сечения аппарата. Экспериментальные исследования процесса разделения в классификаторе мелкой фракции отходов с размером частиц до 4 мм, проведенные при постоянной частоте вращения ротора 300 об/мин и производительности по исходной смеси 100 кг/ч, позволили установить зависимости выхода и содержания

пленки АБС + ПВХ в целевом продукте от скорости воздуха на сечение аппарата, представленные в виде графиков на рис. 4.

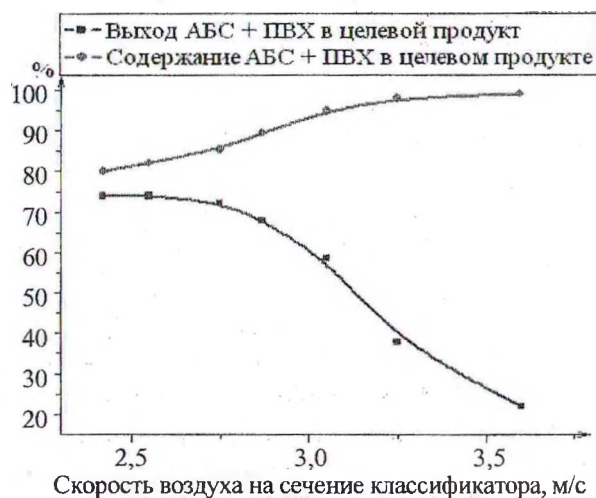


Рис. 4. Влияние скорости воздуха на выход и содержание пленки АБС + ПВХ в целевом продукте

Также было экспериментально изучено влияние частоты вращения распределительных дисков на процесс разделения. Результаты исследований представлены на рис. 5.

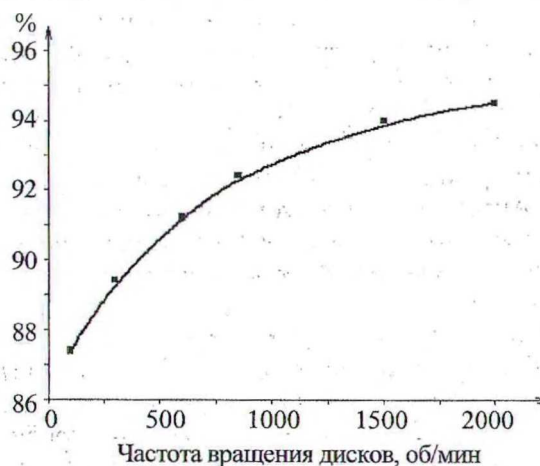


Рис. 5. Влияние частоты вращения дисков на содержание пленки АБС + ПВХ в целевом продукте

Опыты показали, что с увеличением скорости воздуха в классификаторе содержание пленки АБС + ПВХ в целевом продукте возрастает и приближается к 95–96%.

В тоже время выход пленки в целевой продукт, рассчитанный относительно массы исходной смеси полимеров, снижается, что объясняется уносом при высоких скоростях воздуха мелких частиц пленки в нецелевой продукт вместе с ППУ. Исследования, проведенные при постоянной производительности 100 кг/ч и скорости воздуха в классификаторе 3 м/с, показали, что с увеличением частоты вращения распределительных дисков содержание пленки в целевом продукте увеличивается.

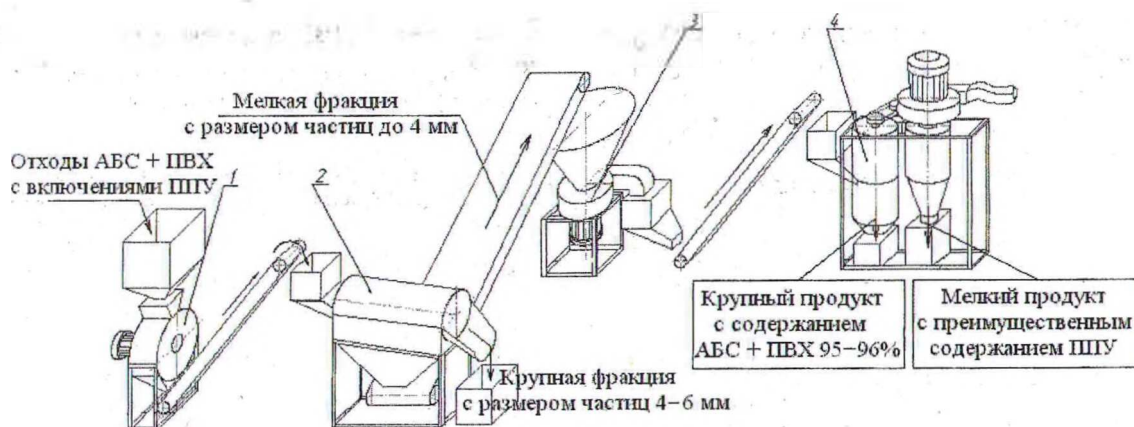


Рис. 6. Технологическая схема для разделения отходов АБС + ПВХ пленки с включениями ППУ на компоненты:

1 – ножевой измельчитель; 2 – барабанный грохот; 3 – расщлаивающая машина; 4 – классификатор

Рост эффективности разделения в этом случае связан с образованием при высоких частотах вращения дисков дополнительных циркуляционных потоков воздуха, способствующих более глубокому контакту воздушного потока с разделяемым материалом.

Проведенные эксперименты позволили установить оптимальную для разделения мелкой фракции отходов скорость воздуха в классификаторе, равную 3 м/с, и частоту вращения дисков, равную 1000 об/мин. При таких технологических параметрах классификатора содержание пленки АБС + ПВХ в целевом продукте достигает 95–96%, выход ее составляет 50–55%. Эти показатели удовлетворяют требованиям предприятия к качеству разделения.

Аналогично была установлена оптимальная скорость воздуха, равная 3,6 м/с, для осуществления качественной классификации крупной фракции отходов.

**Заключение.** В итоге с учетом выше предложенных технических решений и результатов исследований роторного гравитационного классификатора была разработана и апробирована на полупромышленном оборудовании технологическая схема для разделения отходов

АБС + ПВХ пленки с включениями ППУ на компоненты (рис. 6). Линия обеспечивает производительность по исходному материалу 100 кг/ч, содержание пленки АБС + ПВХ в целевом продукте 95–96% и выход ее не менее 50% от массы исходных отходов.

#### Литература

1. Шаповалов, В. М. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / В. М. Шаповалов, З. Л. Тартаковский. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2003. – 262 с.
2. Мизонов, В. Е. Аэродинамическая классификация порошков / В. Е. Мизонов, С. Г. Ушаков. – М.: Химия, 1989. – 158 с.
3. Барский, М. Д. Фракционирование порошков / М. Д. Барский. – М.: Недра, 1980. – 327 с.
4. Барский, М. Д. Гравитационная классификация зернистых материалов / М. Д. Барский, В. И. Ревнивцев, Ю. В. Соколкин. – М.: Недра, 1974. – 232 с.
5. Новоселов, А. М. Пневмокласификация сыпучих материалов в аппаратах с каскадными перфорированными элементами: автореф. дис. ... кан. техн. наук: 05.17.08 / А. М. Новоселов; Уральский политехн. ин-т. – Екатеринбург, 1992. – 18 с.