

Красноярская П.Ф. Науч. рук. Сидорская Н.В.

## **Совершенствование природоохранной деятельности на ООО «МИТРА»**

Предприятие ООО «МИТРА», г. Минск специализируется на производстве изделий из пластмасс: упаковке для косметической продукции, бытовой химии, а также медицины. Современная технология и переработка полимеров и композитов охватывает широкий круг производств и технологических процессов. Они включают в себя технологию пластических масс, технологию переработки пластмасс, технологию эластомеров, технологию производства резиновых изделий, технологию композиционных материалов.

Пластмассы – это ресурс, который заменяет при изготовлении множества различных изделий натуральный, обычно дорогостоящий материал (из истощаемых природных ресурсов) искусственным, обычно более дешевым (который может перерабатываться и вторично использоваться).

На предприятии технологический процесс изготовления изделий из пластмасс состоит из следующих этапов: приемки, хранения, транспортировки на участок литья, подготовки сырья, экструзии с раздувом, литья под давлением и сборки, инъекции с раздувом, дробления и загрузки, сбора отходов, дробления с получением вторичного сырья отходов в виде несоответствующей продукции, упаковки готовой продукции (ГП) и транспортировки на склад ящиков с ГП, вспомогательного производства (получения сжатого воздуха и ремонта, хранения и подготовки форм), хранения на складе ГП, отгрузки потребителю ящиков с ГП, хранения на складе

вторичного сырья и отгрузки потребителю мешков с вторичным сырьем и мешков с отходами, обращения с отходами производства.

Таким образом, на предприятии применяется три основных технологии получения изделий из пластмасс и пластиковой упаковки: экструзия с раздувом, литье под давлением и инъекция с раздувом; и следующие виды оборудования: экструзионно-выдувное оборудование, оборудование литья под давлением, установки для инъекции с раздувом.

Основными материалами при изготовлении изделий из пластмасс являются: полипропилен, полиэтилен, полистирол, сополимеры стирола, полиэтилентерефталатгликоль, полиолефин, полиэтилентерефталат. Схема материально-энергетических потоков предприятия ООО «МИТРА» представлена на рисунке 1.

Экологическими аспектами производства пластмасс являются негативное воздействие на атмосферу и охрана атмосферного воздуха, а также образование на предприятиях по производству пластиковой упаковки ряда отходов.

Основными отходами, образующимися в процессе производства изделий из пластмасс являются: полистирол, сополимеры стирола, остатки и смеси полимерных материалов, отходы полиэтилена высокого давления (слитки, обрезки, брак), полиэтилен низкого давления, отходы полипропилена, полиэтилентерефталат (лавсан) пленки, ПЭТ-бутылки, прочие отходы пластмасс затвердевшие (PETg) и др.

На предприятии основные отходы перерабатываются с помощью дробления и грануляции и снова используются в технологическом процессе как вторичное сырье.

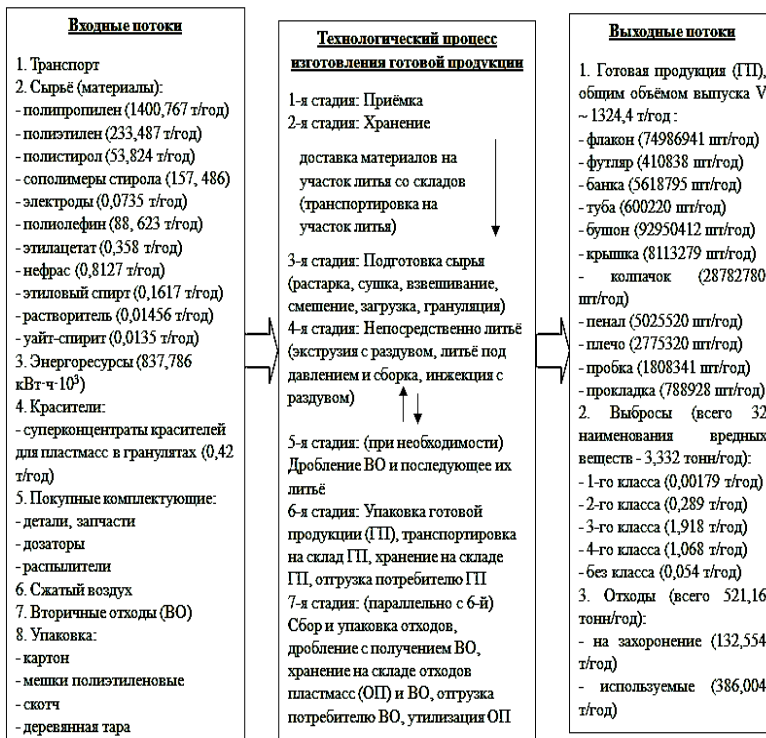


Рисунок 1 – Схема материально-энергетических потоков предприятия ООО «МИТРА»

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу в ходе технологического процесса изготовления пластиковой упаковки, являются: диоксид углерода (4 класс опасности), уксусная кислота (3 класс опасности), ацетальдегид (3 класс опасности), формальдегид (2 класс опасности), винилбензол (2 класс опасности). Диоксид углерода способствует возникновению парникового эффекта, что является глобальной экологической проблемой. Уксусная кислота, ацетальдегид и формальдегид являются взрывоопасными

веществами и вызывают ряд негативных воздействий на организм человека. Уксусная кислота в результате реакций взаимодействия с окислителями и основаниями также оказывает агрессивное действие на металлы с образованием горючего газа водорода, на некоторые виды пластиков, резины и других покрытий. Винилбензол является ядом общетоксического действия, обладает раздражающим мутагенным и канцерогенным эффектом и имеет неприятный запах; опасен для организма человека [2].

Для снижения негативного воздействия производства данного предприятия на окружающую среду необходимо совершенствование природоохранной деятельности.

Основными мероприятиями снижения негативного воздействия производства пластиковой упаковки на окружающую среду являются:

- санитарная очистка стиролсодержащих газов (способ каталитического окисления выбросов, адсорбционное извлечение стирола из загрязненного воздуха, пылеуловители);

- обезвреживание газовых выбросов, содержащих фенол, формальдегид и метанол методами абсорбции и адсорбции, хемосорбции, блочным методом, обесфеноливанием выбросов, путем окисления отработанных газов;

- применение каталитических, термических, термокаталитических методов очистки отходящих газов;

- применение методов дожигания углеводородов;

- применение плазмокаталитического метода очистки отходящих газов [1,4].

*Абсорбция* – это процесс поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями – абсорбентами. Различают физическую и химическую абсорбцию. При физической абсорбции молекулы

поглощаемого вещества (абсорбтива) не вступают с молекулами абсорбента в химическую реакцию. При этом над раствором существует определенное равновесное давление компонента. Процесс абсорбции проходит до тех пор, пока парциальное давление целевого компонента в газовой фазе выше равновесного давления над раствором. При химической абсорбции молекулы абсорбтива вступают в химическое взаимодействие с активными компонентами абсорбента, образуя новое химическое соединение. При этом равновесное давление компонента над раствором ничтожно мало по сравнению с физической абсорбцией и возможно полное его извлечение из газовой среды [1].

Процесс абсорбции является избирательным и обратимым. Избирательность – это поглощение конкретного целевого компонента (абсорбтива) из смеси с помощью абсорбента определенного типа. Процесс является обратимым, так как поглощенное вещество может быть снова извлечено из абсорбента (десорбция), а абсорбтив снова может быть использован в процессе.

Применяемые абсорбенты должны хорошо растворять извлекаемый газ, иметь минимальное давление паров, чтобы возможно меньше загрязнять очищаемый газ парами поглотителя, быть дешевыми, не вызывать коррозию аппаратуры [4].

Процесс абсорбции протекает на поверхности раздела фаз, поэтому абсорбер должен иметь возможно более развитую поверхность соприкосновения жидкости и газа. По способу образования этой поверхности абсорберы можно разделить на поверхностные, насадочные и барботажные.

Поверхностные абсорберы малопроизводительны и используются для поглощения только хорошо растворимых газов. Наиболее распространенными

универсальными видами являются насадочные абсорберы. Они имеют более развитую поверхность соприкосновения, просты по устройству, надежны [4].

Более компактными, но и более сложными по устройству являются барботажные абсорберы, в которых газ барботируется через слой абсорбента, размещенного в колонне на тарелках. Еще более совершенными являются пенные абсорберы. В этих аппаратах жидкость, взаимодействующая с газом, приводится в состояние пены, что обеспечивает большую поверхность контакта между абсорбентом и газом, а, следовательно, и высокую эффективность очистки [4].

В качестве абсорберов могут применяться любые массообменные аппараты, используемые в химической промышленности [4].

*Адсорбция* – основана на избирательном извлечении вредных компонентов из газа с помощью адсорбентов – твердых веществ с развитой поверхностью. Адсорбенты должны обладать высокой поглотительной способностью, избирательностью, термической и механической стойкостью, низким сопротивлением потоку газа, легкой отдачей адсорбированного вещества. В качестве адсорбентов применяют активированный уголь, силикагель, синтетические и природные цеолиты. Цеолиты (молекулярные сита) – это синтетические алюмосиликатные кристаллические вещества, обладающие большой поглотительной способностью и высокой избирательностью даже при весьма низком содержании определенного вещества (адсорбтива) в газе [1].

Адсорбцию осуществляют в основном в адсорберах периодического действия. Десорбцию ведут обычно острым паром, подаваемым снизу, который выносит из сорбента поглощенный им продукт (адсорбат) и поступает

в холодильник-конденсатор, где продукт отделяется от воды.

Адсорберы периодического действия отличаются простотой и надежностью. Недостатками их является периодичность процесса, низкая производительность и относительно небольшая эффективность.

Непрерывные процессы адсорбционной очистки газов осуществляются в кипящем слое адсорбента. Эти процессы дают возможность обрабатывать относительно небольшим количеством адсорбента большие объемы газов с низкой концентрацией веществ, подлежащих удалению, и достигать при этом высокой степени очистки [1,4].

*Метод каталитического обезвреживания* основан на каталитических реакциях, в результате которых находящиеся в газе вредные примеси окисляются и превращаются в другие соединения, безвредные или менее вредные, или же легко удаляющиеся из среды. Степень их конверсии может достигать 99,9 %.

Катализаторами служат платина, палладий, рутений, а также более дешевые, но менее эффективные никель, хром, железо, медь. В качестве восстановителей применяют метан, водород, оксид углерода, природный и нефтяной газы и другие. Любой из этих газов не должен содержать примесей сернистых соединений, вызывающих отравление катализатора. В качестве носителей для катализаторов используют оксид алюминия, силикагель, керамику другие материалы. При использовании в качестве катализатора платины, палладия или родия обеспечивается высокая степень конверсии: остаточное содержание оксидов азота не превышает 5 – 10 % при больших объемах перерабатываемого газа. При применении других, более дешевых катализаторов,

степень обезвреживания, а также скорость процесса оказываются меньшими [3].

*Термический метод обезвреживания* получил более широкое распространение, так как некоторые вредные примеси трудно или невозможно полностью нейтрализовать другими методами из-за сложности их состава, низкой концентрации, а также из-за отсутствия эффективных средств улавливания. Он заключается в том, что все органические вещества полностью окисляются кислородом воздуха при высокой температуре до нетоксичных соединений. В результате выделяются минеральные продукты: вода, диоксид углерода, а также теплота, которые требуют дальнейшей их утилизации [3].

Метод термического окисления (дожига) органических веществ, содержащихся в отходящих газах, относится к энергоемким. Для поддержания необходимой температуры обезвреживания отходящих газов (800 – 1200°C) используется высококалорийное топливо. К преимуществам термического метода обезвреживания отходящих газов относятся: отсутствие шламового хозяйства, небольшие габариты установок, простота обслуживания, высокая эффективность, возможность обезвреживания горючих выбросов сложного состава [3].

*Метод дожига углеводородов* получает все большее распространение. Накоплен опыт термического обезвреживания воздуха, содержащего примеси стирола, формальдегида, толуола, бутилацетата и других органических веществ. Степень окисления последних составляет 99 % [4].

С целью снижения затрат отходящие газы чаще всего сжигаются совместно с твердыми отходами, в результате чего упрощается проблема утилизации промышленных отходов в целом, а также резко снижаются энергетические и эксплуатационные затраты. С помощью современных



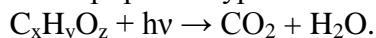
установок термодожига можно обеспечить полную безвредность и высокую производительность этого процесса.

В целях снижения температуры обезвреживания органических примесей применяют установки сжигания, где в качестве инициатора окисления используются различные катализаторы. Тем самым достигается снижение температуры обезвреживания более чем в два раза, и обеспечивается возможность нейтрализации газов с низким содержанием вредных примесей [3].

Особенность *метода термокаталитического обезвреживания* состоит в том, что затраты энергии необходимы только в момент пуска, то есть когда требуется подогреть газовый поток до начальной температуры каталитического окисления (300 – 400 °С). Затем процесс протекает самопроизвольно за счет теплоты реакции окисления [5].

Термокаталитическое дожигание органических веществ до диоксида углерода (IV) и воды применяют в тех случаях, когда отходящие газы представляют собой многокомпонентную смесь различных органических веществ. В настоящее время разработаны типовые схемы обезвреживания выбросов от сушильных камер путем сжигания паров растворителей на поверхности катализатора. Внедрение схем, предусматривающих последующую утилизацию теплоты, позволяет достичь сокращения расхода теплоносителей не менее чем на 20 % (при сжигании паров с низким содержанием горючего компонента) [5].

*Плазмокаталитический метод очистки газов* – довольно новый способ очистки, который использует два известных метода – плазмохимический и каталитический. Его можно проиллюстрировать уравнением реакции:



Установки, работающие на основе этого метода, состоят из двух ступеней. Первая – это плазмохимический реактор (озонатор), вторая – каталитический реактор. Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в безвредные соединения, вплоть до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Глубина конверсии (очистки) зависит от величины удельной энергии, выделяющейся в зоне реакции. После плазмохимического реактора воздух подвергается финишной тонкой очистке в каталитическом реакторе. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где сразу распадается на активный атомарный и молекулярный кислород. Остатки загрязняющих веществ, не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом [5].

Преимуществом этого метода являются использование каталитических реакций при температурах, более низких ( $40 - 100^\circ\text{C}$ ), чем при термокаталитическом методе, что приводит к увеличению срока службы катализаторов, а также к меньшим энергозатратам (при концентрациях вредных веществ до  $0,5 \text{ г/м}^3$ ).

Недостатками данного метода являются: большая зависимость от концентрации пыли, необходимость предварительной очистки до концентрации  $3 - 5 \text{ мг/м}^3$ ; при больших концентрациях вредных веществ (свыше  $1 \text{ г/м}^3$ ) стоимость оборудования и эксплуатационные расходы превышают соответствующие затраты в сравнении с термокаталитическим методом [5].

Для выбора оптимального эффективного метода очистки отходящих газов от ацетальдегида,

формальдегида, винилбензола и уксусной кислоты провели сравнительный анализ трех эффективных технологий очистки воздуха: сорбционнокаталитической, термокаталитической и плазмокаталитической [5,6]. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики технологий очистки воздуха

Технические характеристики	Технология очистки воздуха		
	Сорбционно-каталитическая	Термо-каталитическая	Плазмокаталитическая
Производительность по воздуху, м <sup>3</sup> /час	500	750	500-750
Степень очистки, %	80-90	95	93-95
Концентрация вредных веществ, мг/м <sup>3</sup>	До 10	500	До 100
Количество сорбента-катализатора, кг	27	11	10
Температура очищаемого воздуха, °С	20-30	500	От 20
Потребляемая мощность, кВт	55	65	10

Сравнительный анализ показал, что наиболее эффективным методом (способом) снижения негативного воздействия производства пластиковой упаковки на окружающую среду для ООО «МИТРА» является плазмокаталитический метод очистки отходящих газов.

Реализовать на предприятии плазмокаталитический метод можно через установку «ПЛАЗМОКАТ».

Достоинства данной установки заключаются в следующем:

- различная производительность в зависимости от концентраций вредных веществ в очищаемом воздухе;

- любые габаритные размеры;
- специально подобранный катализатор, не содержащий драгметаллы;
- высокая степень очистки отходящих газов от всего спектра органических веществ, выбрасываемых в атмосферу при производстве изделий из пластмасс предприятием ООО «МИТРА» (уксусной кислоты, ацетальдегида, формальдегида, стирола) [6].

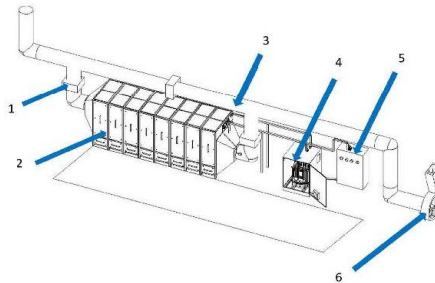
Единственным недостатком выбранной установки является зависимость от наличия посторонних примесей (пыли) в вытяжном воздухе.

Однако на участке литья изделий из пластмасс предприятия ООО «МИТРА», по данным акта инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, не образовывается пыли, так как оборудование полностью герметичное и работает автоматически, а загрязняющие вещества отходят в вентиляционную систему сразу непосредственно от оборудования. Поэтому первой ступени очистки отходящих газов (обеспыливания с помощью циклонов или пылеуловителей) перед установкой «ПЛАЗМОКАТ» не требуется.

Кроме того, данная установка по очистке отходящих газов дешевле других аналогичных систем очистки воздуха на 20 - 30% [6].

Схема плазмокаталитической очистки выбросов представлена на рисунке 3.

Таким образом, применение на предприятии ООО «МИТРА» плазмокаталитической установки «ПЛАЗМОКАТ» позволяет говорить не только о полном цикле очистки выбрасываемых газов (уксусная кислота, ацетальдегид, формальдегид, стирол) в атмосферу, но и об уменьшении экологических платежей за загрязнение окружающей среды.



1. Запирающие клапаны
2. Плазмокаталитический реактор
3. Байпас
4. Агрегат питания
5. Стойка управления
6. Вентилятор

Рисунок 3 – Схема плазмокаталитической очистки выбросов

Принципиальная схема установки «ПЛАЗМОКАТ» представлена на рисунке 4.

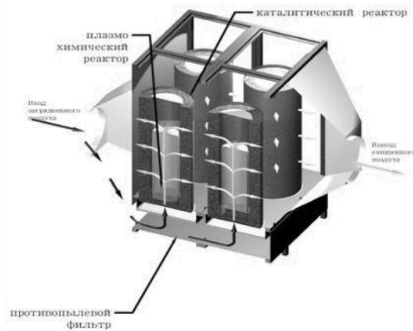


Рисунок 4 – Принципиальная схема установки «ПЛАЗМОКАТ»

Применение данного природоохранного мероприятия позволит увеличить экологическую безопасность технологического процесса ООО «МИТРА».

#### Библиографический список

1. Дорожко, С.В. Технические основы охраны окружающей среды / С.В. Дорожко, Н.Г. Малькевич, Г.И. Морзак, – Минск: БНТУ, 2012. –288 с.

2. Воздействие опасных веществ на ОС и организм человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/>. дата доступа: 10.10.16.

3. Основные мероприятия снижения негативного воздействия производства пластиковой упаковки на окружающую среду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecologyside.ru/ecosid-449.html/>. дата доступа: 10.03.17.

4. Челноков А.А. Инженерные методы охраны атмосферного воздуха: учебное пособие / А.А. Челноков, А.Ф. Мирончик, И.И. Жмыхов. – Минск: Выш. шк., 2016. – 397 с.

5. Описание существующих методов очистки воздуха от вредных газообразных примесей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.air-cleaning.ru/d\\_method\\_rev.php/](http://www.air-cleaning.ru/d_method_rev.php/). дата доступа: 10.10.16.

6. Независимый экологический портал INFO-ECOLOGY.RU [Электронный ресурс] // Плазмокаталитический воздухоочиститель ПЛАЗМОКАТ. – Режим доступа: <http://info-ecology.ru/ecotechnologies/dlya-ochistki-vozdukha/plazmokataliticheskiy-vozdukhoochistitel-plazmokat/>. дата доступа : 18.12.16.