

УДК 66.074.5, 502.3

М.А. ЧУДАКОВА, студент гр. ТБ-11М
 Научный руководитель: А.С. РЯБЫШЕНКОВ, д.т.н., профессор
 НИУ МИЭТ, г. Москва

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАИЛУЧШИХ
 ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ОХРАНЫ
 АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ПРЕДПРИЯТИИ
 МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Наилучшие доступные технологии применяются в целях обеспечения экологической безопасности. В настоящий момент последнее актуально для предприятий, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, в целях снижения оно, а также уменьшения воздействия на человека в настоящем и будущем. В данной работе исследуется негативное воздействие предприятия на атмосферный воздух и применяется ИТС 22–2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях». [1] Целью работы является оценка применения наилучших доступных технологий в области очистки выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на предприятии микроэлектроники.

Правовые инструменты для реализации принципов наилучших доступных технологий в данной сфере включают:

- установление нормативов качества атмосферного воздуха, а также нормативов выбросов и вредных физических воздействий;
- государственную регистрацию новых загрязняющих и потенциально опасных веществ;
- получение разрешения на выброс и оказание вредного физического воздействия. [1]

На исследуемом предприятии установлены нормативы выбросов, приведённые в таблице 1.

Таблица 1. Нормативы годовых выбросов

Наименование вещества	Норматив, т/год
Углерод оксид (CO)	0,488877
Фториды газообразные (F)	0,096502
Ортофосфорная кислота (H ₃ PO ₄)	0,036619
Диоксид азота (NO ₂)	0,033107
Кислота азотная (HNO ₃)	0,737386
Аммиак (NH ₃)	5,006655
Бор трифторид (BF ₃)	0,003932
Хлор (Cl)	0,150425

Силан (моносиан) (SiH ₄)	0,000796
Сера гексафторид (SF ₆)	9,861351
Трихлорэтилен (C ₂ HCl ₃)	0,000312
Тетрахлорметан (CCL ₄)	0,523566
Тетрафторметан (CF ₄)	3,814607
Бутан-1-ол (CH ₃ (CH ₂) ₃ OH)	0,003697
Пропан-2-ол (CH ₃ CH(OH)CH ₃)	0,017313
Этанол (CH ₃ CH ₂ OH)	0,012841
Соляная кислота (HCL)	1,667388
Серная кислота (H ₂ SO ₄)	1,685008
Натрия гидроксид (NaOH)	0,022810
Кремния диоксид (SiO ₂)	1,095153

В соответствии с Федеральным законом [2], в целях регулирования со стороны государства выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для стационарных источников устанавливаются следующие нормативы:

- а) предельно допустимые выбросы (ПДВ) и нормативы допустимых выбросов (НДВ) (для предприятий специально разрабатываются документы-проекты ПДВ и НДВ для выполнения природоохранного законодательства);
- б) технологические нормативы выбросов;
- в) предельно допустимые нормативы вредных физических воздействий на атмосферный воздух [3].

Кроме правовых инструментов, также используются и различные методы очистки выбросов. На исследуемом предприятии используются следующие методы очистки:

- газоразрядно-каталитическая очистка (газоконвекторы «Ятаган»);
- адсорбция (фильтры поглотители ФП-300);
- ионный обмен и абсорбция (рамочный ионообменный фильтр РИФ-10);
- тонкая фильтрация (фильтры НЕРА).

Газоочистные установки имеются на 10 источниках выбросов в атмосферный воздух в цехе изготовления интегральных схем.

В таблице 2 представлены очищаемые загрязняющие вещества, а также их концентрации на входе и на выходе из газоочистной установки.

Таблица 2. Концентрации на входе и выходе газоочистных установок

ИЗА	ЗВ	С _{вх} (мг/м ³)	С _{вых} (мг/м ³)	ПДК/ ОБУВ мг/м ³	Проектная эффективн ость, %
Газоконвертор	Этанол	0,682	0,05	5,0	90
Фильтр-поглотитель	Гидрохлорид	2	0,20	0,2	90
	Хлор	0,10	0,01	0,1	90
	Углерод оксид	67,64	4,87	5,0	90

Фильтр тонкой очистки НЕРА	Ортофосфорная кислота	0,10	0,03	0,02	95
Газоконвертор	Аммиак	0,10	0,02	0,20	90
Фильтр-поглотитель	Фтористые газообразные соединения	0,048	0,02	0,02	90
Рамочный ионнообменный фильтр	Аммиак	0,380	0,10	0,20	90
	Гидрохлорид	2	0,20	0,20	90
	Серная кислота	0,180	0,05	0,30	90
	Фтористые газообразные соединения	0,224	0,02	0,02	90
	Ортофосфорная кислота	0,053	0,02	0,02	90
Фильтр-поглотитель	Азота оксид	1,72	0,30	0,40	90
	Гидрохлорид	2,00	0,20	0,20	90
	Хлор	0,87	0,09	0,10	90
Газоконвертор	Аммиак	3,02	0,26	0,20	99
Рамочный ионнообменный фильтр	Натрий гидроксид	0,050	0,01	0,01	90
	Гидрохлорид	2	0,20	0,20	90
	Серная кислота	0,193	0,05	0,30	90
	Фтористые газообразные соединения	0,030	0,01	0,02	90
	Ортофосфорная кислота	0,033	0,01	0,02	90
	Аммиак	0,240	0,10	0,20	90
Газоконвертор	Этанол	4	1	5	90
	Пропан	20	2	50	90

Использование наилучших доступных технологий на предприятии обеспечивает высокий уровень экологической безопасности, предотвращая негативное воздействие на окружающую среду. Также для оценки эффективности внедрения наилучших доступных технологий нами был рассчитан предотвращенный экологический ущерб по формуле:

$$Y_{\text{пр,гнст}}^a = Y_{\text{удр}}^a \times \sum_{K=1}^K M_{\text{лкст}}^a \times K_{\text{Эр}}^a \quad (1),$$

где: $Y_{\text{пр,гнст}}^a$ — предотвращенный экологический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха выбросами от стационарных источников, тыс. руб.;

$Y_{\text{удр}}^a$ — показатель удельного ущерба атмосферному воздуху, наносимого выбросом единицы приведенной массы загрязняющих веществ;

$M_{\text{лкст}}^a$ — приведенная масса выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников выбросов, не поступивших в атмосферный воздух с n-го объекта, усл. тонн;

K — количество объектов (предприятий, производств, имеющих ГОУ);

$K_{\text{Эр}}^a$ — коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха.

Приведенная масса загрязняющих веществ рассчитывается по формуле:

$$M_{нк}^a = \sum_{i=1}^N m_i^a K_{zi}^a, \quad (2),$$

где m_i^a — фактическая масса n -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности, не поступивших в атмосферный воздух, тонн; K_{zi}^a — коэффициент относительной эколого-экономической опасности n -го загрязняющего вещества или группы веществ. [4]

В таблице 3 приведены результаты расчёта вычисленной массы по формуле (2).

Таблица 3. Результаты расчёта приведённой массы

Вещество	Коэффициент относительной эколого-экономической опасности n -го загрязняющего вещества или группы веществ	Фактическая масса ЗВ, т	Приведенная масса выброса, усл. т
Этанол	0,7	0,000046	0,000032
Гидрохлорид	20	0,002323	0,046
Оксид углерода	0,4	0,4889	0,196
Хлор	110	0,000267	0,0294
Ортофосфорная кислота	20	0,000156	0,00312
Аммиак	28,5	0,72595	20,7
Фториды газообразные	110	0,000248	0,02728
Серная кислота	20	0,00076	0,0152
Диоксид азота	16,5	0,0000048	0,00008
Гидроксид натрия	20	0,0000002	0,000004
Изопропанол	0,7	0,000141	0,0000987

Таким образом, предотвращённый экологический ущерб, рассчитанный по формуле (1), составляет:

$$U_{прр\text{нст}}^a = 74 * 21,017 * 1,9 * 10 = 29550 \text{ руб.}$$

В ходе расчётов следует также учесть инфляцию. Например, на 2021 год коэффициент инфляции составил 1,08; следовательно, домножив предотвращённый экологический ущерб на коэффициент инфляции, получим уточнённый предотвращённый экологический ущерб:

$$U_{прр\text{нст}}^{a'} = 29550 * 1,08 = 32\,346 \text{ руб}$$

Применение наилучших доступных технологий не только эффективно, но и приносит экономическую выгоду предприятию микроэлектроники. Установленные предельно-допустимые выбросы и газоочистные установки обеспечивают уровень концентраций

загрязняющих веществ, выбрасываемых источниками загрязнения атмосферы предприятием, ниже предельно-допустимых концентраций. Кроме этого, в результате расчёта предотвращённого экологического ущерба вследствие эксплуатации газоочистных установок нами была выявлена экономическая выгода от применения наилучших доступных технологий.

Список литературы:

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 22–2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2016 г. № 1880) – 212 с. Дата введения 2017-07-01.
2. Федеральный закон "Об охране атмосферного воздуха" от 04.05.1999 N 96-ФЗ (последняя редакция).
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 года N 2055 О предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на атмосферный воздух и разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.
4. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. г. Москва 1999