

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЭКОЛОГИЯ И КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Учебно-методическое пособие к практическим
занятиям по одноименной дисциплине для студентов
специальностей 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих
производств», 1-36 01 08 «Конструирование и производство
изделий из композиционных материалов»**

Минск 2009

УДК 502.175(076.5)
ББК 28.088я73
Э40

Составители:
доцент *В. Н. Марцуль*,
ассистент *В. П. Капориков*,
ассистент *А. М. Головач*

Рецензенты:
кафедра охраны труда и промышленной экологии ВГТУ
(заведующий кафедрой, доктор технических наук,
профессор *С. Г. Ковчур*);
заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности»
БГАТУ, доктор технических наук, профессор *Л. В. Мисун*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Э40 Экология и контроль состояния окружающей среды :
учеб.-метод. пособие к практическим занятиям по одноименной
дисциплине для студентов спец. 1-46 01 02 «Технология дерево-
обрабатывающих производств», 1-36 01 08 «Конструирование и
производство изделий из композиционных материалов» / сост.
В. Н. Марцуль, В. П. Капориков, А. М. Головач. – Минск : БГТУ,
2009. – 95 с.

ISBN 978-985-434-911-4.

Издание содержит материалы практических занятий и самостоятельной работы по освоению методик и закреплению практических навыков определения показателей воздействия на окружающую среду, обоснованию нормативов воздействия на окружающую среду и выбору очистного оборудования.

УДК 502.175(076.5)
ББК 28.088я73

ISBN 978-985-434-911-4

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решение экологических проблем, связанных с производственной деятельностью, невозможно без экологизации экономики и производства. Она осуществляется только в том случае, когда специалист способен организовать свою производственную деятельность и работу руководимого им подразделения с учетом экологических требований и ограничений. Изучение дисциплины «Экология и контроль состояния окружающей среды» способствует формированию у студентов общих универсальных принципов современного природопользования, которые помогут им на практике решать природоохранные и ресурсные проблемы. Дисциплина связана со специальными технологическими курсами, так как помогает оценить воздействие различных производств на окружающую среду и обосновать проектные решения, направленные на снижение этого воздействия.

Работа с методическим пособием будет способствовать освоению методик и закреплению практических навыков определения показателей воздействия на окружающую среду производственных объектов; пониманию взаимосвязи между параметрами технологического процесса и характеристиками выбросов, сбросов, отходов; освоению методик расчетов основного очистного оборудования, которое используется для уменьшения выбросов загрязняющих веществ на предприятиях отрасли. Все упомянутое является основой для осуществления эффективной деятельности специалиста в направлении охраны окружающей среды.

Содержание учебного пособия отражает современные требования, регламентирующие природоохранную деятельность на предприятии, новые подходы к определению качественных и количественных показателей, характеризующих состав выбросов, отходов, образующихся в процессе производственной деятельности. В пособии приведены методики расчета показателей, характеризующих уровень загрязнения окружающей среды. В соответствии с требованиями действующих технических кодексов установившейся практики изложен порядок определения качественного и количественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, показателей образования отходов производства, отражены методики определения количества отходов, подлежащих хранению и захоронению, порядок определения степени и класса опасности отходов производства.

По каждой теме вначале кратко излагается теоретический материал (методики, алгоритмы и др.), даются ссылки на нормативные

правовые акты (НПА) и технические нормативные правовые акты (ТНПА), с которыми должен ознакомиться студент перед выполнением практических заданий. Практические задания по основным темам приведены в виде задач с вариантами исходных данных, которые максимально приближены к реальным проблемам и базируются на конкретном материале предприятий отрасли. Основной справочный материал, необходимый для решения, приведен в условиях задач и приложениях.

Помимо приведенных в пособии вариантов исходных данных, для решения большинства задач могут использоваться материалы, полученные студентами во время производственной практики и при разработке технологической части дипломных проектов.

Решение задачи необходимо начинать с составления его алгоритма, уточнения исходных данных, анализа размерностей величин, используемых в расчетах. Ход решения, где это уместно, должен иллюстрироваться схемами, графиками. Принятые в расчетах справочные величины должны сопровождаться ссылками на источник.

Тексты НПА и ТНПА, которые устанавливают методики расчетов показателей воздействия на окружающую среду, содержат разнообразные удельные нормативы, в них используются различные термины для обозначения одних и тех же параметров (показателей). При составлении пособия придерживались терминологии, принятой в действующих НПА и ТНПА.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Уровень загрязнения окружающей среды оценивают с использованием в качестве критериев нормативы качества, которые установлены для компонентов окружающей среды. В качестве таких нормативов чаще всего выступают предельно допустимые концентрации (ПДК). Наиболее разработаны нормативы качества применительно к атмосферному воздуху и воде.

Нормативы качества атмосферного воздуха – нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе или ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и уровней вредных физических и иных воздействий на него, установленные в санитарных нормах и правилах.

ПДК – максимальные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, не оказывающие ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на организм человека, в том числе отдаленные последствия для настоящего и будущих поколений. Нормативы ПДК разработаны для различных периодов осреднения: 20–30 минут (максимально разовая ПДК), сутки (среднесуточная), год (среднегодовая). ОБУВ – временные ориентировочно безопасные концентрации веществ в атмосферном воздухе, установленные расчетным путем на основании известных токсикометрических параметров и физико-химических свойств.

Нормативы качества воды водного объекта – установленные общезначимые, биологические, химические показатели качества и ПДК веществ в воде водного объекта, в пределах которых обеспечиваются условия водопользования в соответствии с видом водного объекта (рыбохозяйственный, хозяйственно-питьевой). Нормативы ПДК загрязняющих веществ в воде водного объекта – установленные максимальные концентрации загрязняющих веществ в воде водного объекта определенного вида, выше которых вода непригодна для водопользования. При отсутствии ПДК на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности устанавливается временный норматив – ориентировочный допустимый уровень (ОДУ) воздействия химического вещества в воде водных объектов.

Так как в атмосферном воздухе, воде водных объектов одновременно присутствуют сразу несколько загрязняющих веществ, то для оценки уровня загрязнения используют комплексные показатели.

1.1. Расчет комплексного показателя загрязнения атмосферы P

Для гигиенической оценки степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких веществ применяют комплексный показатель загрязнения P [1]. Показатель P учитывает кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере, характер комбинированного действия веществ. Следует иметь в виду, что показатель P является условным вследствие того, что при длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм человека характер их комбинированного действия в большинстве случаев остается неизвестным, хотя такое количественное его выражение максимально приближено к возможному биологическому воздействию.

Расчет комплексного показателя P производится по формуле

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{k_i C_i}{\text{ПДК}_i}}, \quad (1.1)$$

где P – показатель, который учитывает кратность превышения ПДК; n – количество загрязняющих веществ; k_i – коэффициент изоэффективности, зависящий от класса опасности i -вещества: для 1 класса – 2,0, для 2 класса – 1,5, для 3 класса – 1,0, для 4 класса – 0,8; C_i – фактическая среднесуточная (среднегодовая) концентрация i -вещества, мг/м³; ПДК _{i} – среднесуточная (среднегодовая) ПДК i -вещества, мг/м³ (приложение А).

Показатель P имеет соответственно среднесуточную (среднегодовую) временную характеристику.

По значению суммарного показателя P устанавливается степень опасности загрязнения атмосферы в зависимости от количества вредных веществ и величины P (табл. 1.1).

Таблица 1.1

**Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха
комплексом вредных химических веществ**

Степень загрязнения атмосферного воздуха	Величина комплексного показателя P при числе загрязнителей атмосферы			
	2–3	4–9	10–20	20 и более
I	До 1,0	До 1,9	До 3,1	До 4,4
II	1,1–2,0	2,0–3,0	3,2–4,0	4,5–5,0
III	2,1–4,0	3,1–6,0	4,1–8,0	5,1–10,0
IV	4,1–8,0	6,1–12,0	8,1–16,0	10,1–20,0
V	8,1 и выше	12,1 и выше	16,1 и выше	20,1 и выше

Фактическое загрязнение атмосферного воздуха населенных мест оценивается в зависимости от величины показателя P по пяти степеням: I – допустимая, II – слабая, III – умеренная, IV – сильная, V – опасная.

Загрязнение I степени является безопасным для здоровья населения, при загрязнении II–V степени ожидаемые негативные эффекты возрастают с увеличением степени загрязнения атмосферы.

1.2. Расчет индекса загрязнения атмосферы

Степень суммарного загрязнения атмосферного воздуха рядом веществ может оцениваться по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА). Расчет ИЗА производится для приоритетных для данной территории загрязняющих веществ по формуле

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (1.2)$$

где α_i – безразмерный коэффициент, учитывающий опасность i -вещества, равный 1,5 для веществ 1-го класса опасности, 1,3 – 2-го класса, 1,0 – 3-го класса и с неустановленным классом, 0,85 – 4-го класса.

Уровень загрязнения атмосферы считается низким, если $\text{ИЗА} \leq 5$, повышенным – при $5 < \text{ИЗА} < 7$, высоким – при $7 \leq \text{ИЗА} < 14$ и очень высоким – при $\text{ИЗА} \geq 14$ [2].

Задача 1.1. Средние концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов приведены в табл. 1.2, значения ПДК – в приложении А.

Таблица 1.2

Средние концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси, мкг/м³

Вариант	Город	Твердые частицы	Оксид углерода	Диоксид азота	Серо-водород	Фенол	Аммиак	Формальдегид
1	Бобруйск	21	799	27	–	2,1	–	8,5
2	Брест	23	800	29	–	–	–	12,4
3	Витебск	97	1042	40	–	1,8	20	13,5
4	Гомель	61	436	20	–	1,5	18	11,1
5	Гродно	53	1672	33	–	–	27	5,7
6	Минск	19	586	33	–	0,4	36	7,8
7	Могилев	43	972	57	1,1	2,7	48	7,6
8	Новополоцк	21	875	37	1,7	0,7	5	5,5
9	Полоцк	31	682	43	1,6	0,7	25	6,6
10	Речица	175	665	33	–	2,1	21	8,5

Рассчитать ИЗА и комплексный показатель P , дать оценку степени загрязнения атмосферного воздуха населенного пункта. Определить вклад (в процентах) отдельных загрязняющих веществ в ИЗА.

1.3. Расчет индекса загрязненности вод

Важной характеристикой качества вод водного объекта является индекс загрязненности вод (ИЗВ). Расчет ИЗВ производится по среднегодовым концентрациям ингредиентов, вносящих наибольший вклад в загрязнение рассматриваемого водного объекта. Рассчитывается ИЗВ по формуле

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}}{n}, \quad (1.3)$$

где ПДК_i – ПДК i -вещества для вод водного объекта конкретного вида водопользования (рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового), мг/л.

В зависимости от величины ИЗВ определяют характеристику и класс качества воды по табл. 1.3 [3].

Таблица 1.3

Классификация качества поверхностных вод

Величина ИЗВ	Характеристика качества	Класс качества воды
менее или равно 0,3	чистая	I
более 0,3–1,0	относительно чистая	II
более 1,0–2,5	умеренно загрязненная	III
более 2,5–4,0	загрязненная	IV
более 4,0–6,0	грязная	V
более 6,0–10,0	очень грязная	VI
более 10,0	чрезвычайно грязная	VII

В Республике Беларусь при расчете ИЗВ обычно учитываются шесть следующих показателей: содержание растворенного кислорода, легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅), азота аммонийного, азота нитритного, фосфора фосфатов и нефтепродуктов.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

2.1. Материальный баланс, схема материальных потоков. Удельные показатели

Одним из наиболее информативных методов оценки величины воздействия производственного объекта на окружающую среду является метод, базирующийся на составлении материальных балансов. Он позволяет получить полную картину по эффективности использования сырья, технологического оборудования, систем очистки выбросов и сточных вод, размещения и обезвреживания отходов. Данные по составу материальных потоков, полученные при составлении материального баланса, используются при инвентаризации выбросов, сбросов, отходов, при создании систем управления окружающей средой.

Материальный баланс может составляться как для предприятия в целом, так и для отдельных подразделений, технологических процессов, участков, оборудования, по основному сырью, отдельным компонентам, веществам, элементам. Предметом пристального внимания при составлении материальных балансов должны быть опасные вещества, а также операции и процессы, где они производятся, используются или хранятся. Разновидностью материального баланса является балансовая схема водопотребления и водоотведения производственного объекта. Принципы составления материальных балансов базируются на фундаментальном законе сохранения массы.

Материальный баланс для отдельных подразделений, технологических процессов, участков, оборудования составляется на основании принятой технологии производства. Для определения качественного и количественного состава потоков загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, составляют схему (блок-схему), на которой должны быть отражены все стадии (операции) технологического процесса с указанием входящих и выходящих материальных потоков (в том числе выбросов, сбросов, отходов), образующихся на каждой стадии (рис. 2.1). Это позволит выбрать правильный алгоритм решения и найти искомые показатели. Расчет материального баланса ведут последовательно по каждой стадии, начиная с «начала» (исходного сырья) или «конца» (выходного потока) процесса.

Перед составлением материального баланса необходимо оценить полноту имеющихся данных в части возможности определения для каждой стадии количественных показателей входящих и выходящих потоков. При составлении материального баланса для действующего объекта необходимо собрать данные о входящих и выходящих потоках, которые содержатся в месячных, квартальных или годовых отчетах, журналах первичного учета; данные бухгалтерского учета, данные службы охраны окружающей среды предприятия; информацию об удельных расходах сырья, материалов, нормативах безвозвратных потерь.

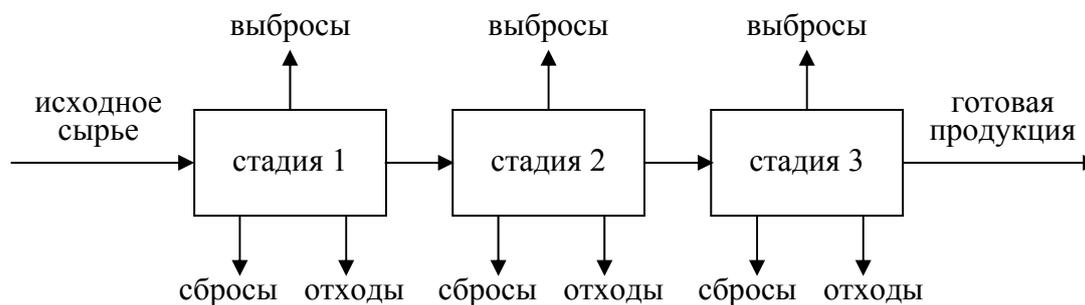


Рис. 1.1. Схема материальных потоков

Результаты расчета материального баланса оформляются в виде таблицы (приход-расход), диаграммы. В таблице в качестве статей расхода обязательно должны быть представлены продукция (полуфабрикаты), выбросы в атмосферу, сбросы со сточными водами и отходы (если они имеются). По данным материального баланса определяются удельные нормы (на единицу перерабатываемого сырья, выпускаемой продукции и т. п.) выбросов, сбросов, отходов.

Для технолога, прежде всего, важно определить выход готовой продукции из используемого сырья, материалов и полуфабрикатов. Однако при оценке воздействия на окружающую среду предметом пристального внимания должна быть «побочная продукция» в виде выбросов, сбросов и отходов.

Характеристика водопотребления и водоотведения предприятия с указанием расходов и качества потребляемой воды, объемов и категории отводимых сточных вод оформляется в виде водного баланса. В общем виде водный баланс предприятия может быть представлен в форме табл. 2.1.

Водный баланс при проектировании может быть составлен на основе удельных норм водопотребления и водоотведения. Удельные нормы

водопотребления и водоотведения – это установленное для определенного производства целесообразное количество потребляемой воды или отводимых сточных вод на единицу перерабатываемого сырья, производимой продукции, в единицу времени работы оборудования, одного работающего. Произведение удельной нормы на соответствующий показатель (объем выпуска продукции, количество работников, рабочих дней и др.) позволяет определить годовой объем водопотребления и водоотведения.

Таблица 2.1

Характеристика водопотребления и водоотведения предприятия

Водопотребление, м ³ /год, в том числе					Водоотведение, м ³ /год, в том числе			Безвозвратное потребление и потери воды, м ³ /год
на производственные нужды				на хозяйственно-питьевые нужды	производственные сточные воды		хозяйственно-бытовые сточные воды	
свежая вода			оборотное водоснабжение		загрязненные	нормативно-чистые		
техническая	питьевая	всего						

Безвозвратное потребление и потери воды определяются как разность между объемами водопотребления и водоотведения без учета количества воды в оборотной системе водоснабжения.

Расчеты с использованием удельных показателей (норм) являются самым простым методом определения количества выбросов, сбросов, отходов. Для некоторых процессов и операций это единственный метод, который используется при определении качественных и количественных характеристик материальных потоков, поступающих в объекты окружающей среды. Удельные нормы могут быть установлены на единицу используемого сырья (материалов), готовой продукции (полуфабрикатов), на показатели, характеризующие источник выделения загрязняющих веществ (размеры, производительность, время работы и др.). Для выполнения таких расчетов необходимо иметь обоснованные (принятые и утвержденные) удельные показатели (нормы), учитывающие особенности технологического процесса, расположение источников выделения вредных веществ, способ отведения выбрасываемых веществ (организованный, неорганизованный выбросы).

2.2. Определение качественного и количественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу

Для каждого источника выбросов и предприятия (природопользователя) могут устанавливаться величины массового и валового выброса.

Массовый выброс – масса загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух от источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в единицу времени, г/с, т/г.

Валовой выброс определяется как сумма годовых выбросов всех загрязняющих веществ, поступающих от всех источников выбросов природопользователя, находящихся в границах одной производственной площадки. Иногда в НПА и ТНПА под валовым выбросом понимают количество загрязняющего вещества в тоннах, поступающего в атмосферный воздух за определенный период времени (месяц, квартал, год). Наряду с массовым выбросом используют термин «максимальный выброс», который представляет собой количество загрязняющего вещества, г/с, поступающего в атмосферный воздух от источника выделения (выброса) при максимальной загрузке технологического оборудования.

2.2.1. Производство по изготовлению композиционных материалов и переработке пластмасс

В пунктах 2.2.1 и 2.2.3 используется следующее определение: валовой выброс загрязняющего вещества – это количество загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами за рассматриваемый период (месяц, квартал, год), тонн в период; а далее при расчете валовых выбросов используется размерность тонн в год, для вычисления выбросов за другой рассматриваемый период в формулы необходимо подставлять значения параметров за данный период.

При изготовлении изделий из пластмасс валовое выделение j -го загрязняющего вещества M^{js} , т/год, поступающего в атмосферный воздух от s -го источника выделения, рассчитывается по формулам [4]

$$M^{js} = 10^6 \sum_{i=1}^k q_i^j B_i, \quad (2.1)$$

$$M^{js} = 10^{-6} \sum_{0=1}^k q_0^j T, \quad (2.2)$$

где k – количество типов пластмассы, применяемой на отдельном источнике выделения в течение года; q_i^j – удельное количество j -го загрязняющего вещества, выделяющегося при переработке единицы

массы пластмассы i -го типа на отдельном источнике выделения, г/кг, определяется по табл. Б.1 и Б.2 (приложение Б); B_i – количество используемой в течение года пластмассы i -го типа на отдельном источнике выделения, кг/год; q_0^j – удельное количество j -го загрязняющего вещества, выделяющегося при переработке пластмассы в единицу времени на отдельном источнике выделения, г/ч, определяется по табл. Б.1 и Б.2 (приложение Б); T – время изготовления изделий из пластмасс на отдельном источнике выделения в течение года, ч/год.

При механической обработке изделий из пластмасс валовое выделение j -го загрязняющего вещества M^{js} , т/год, поступающего в атмосферный воздух от s -го источника выделения, рассчитывается по формулам (2.1) и (2.2), где k – количество типов изделий, обрабатываемых на отдельном источнике выделения в течение года; q_0^j – удельное количество j -го загрязняющего вещества, выделяющегося при механической обработке единицы массы изделий i -го типа на отдельном источнике выделения, г/кг, определяется по табл. В.1 (приложение В); B_i – количество изделий i -го типа, подвергающихся механической обработке в течение года на отдельном источнике выделения, кг/год; q_0^j – удельное количество j -го загрязняющего вещества, выделяющегося при механической обработке изделий в единицу времени на отдельном источнике выделения, г/ч, определяется по табл. В.1, В.2 (приложение В); T – время механической обработки изделий из пластмасс на отдельном источнике выделения в течение года, ч/год.

При переработке отходов пластмасс валовое выделение j -го загрязняющего вещества M^{js} , т/год, поступающего в атмосферный воздух от s -го источника выделения, рассчитывается по формулам (2.1) и (2.2), где k – количество типов отходов пластмасс, перерабатываемых на отдельном источнике выделения в течение года; q_i^j – удельное количество j -го загрязняющего вещества, выделяющегося при переработке единицы массы отходов пластмасс i -го типа на отдельном источнике выделения, г/кг, определяется по табл. Г.1 (приложение Г); B_i – количество отходов пластмасс i -го типа, перерабатываемых в течение года на отдельном источнике выделения, кг/год; q_0^j – удельное количество j -го загрязняющего вещества, выделяющегося при переработке отходов пластмасс в единицу времени на отдельном источнике выделения, г/ч, определяется по табл. Г.1 (приложение Г); T – время переработки отходов на отдельном источнике выделения в течение года, ч/год.

Валовой выброс j -го загрязняющего вещества M^j , т/год, поступающего в атмосферный воздух от отдельного источника выброса, рассчитывается по формуле

$$M^j = \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) \sum_{s=1}^m K^{js} M^{js}, \quad (2.3)$$

где η – степень очистки газовой смеси отдельного источника выброса, которая обеспечивается при использовании газоочистных и пылеулавливающих установок; m – количество отдельных источников выделения загрязняющих веществ, объединенных в один источник выброса; K^{js} – поправочный коэффициент, учитывающий условия выделения j -го загрязняющего вещества из s -го источника выделения и определяемый по приложению Д; M^{js} – валовое выделение j -го загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух от s -го источника выделения, т/год.

При изготовлении изделий (механической обработке, переработке отходов) из пластмасс максимальное выделение j -го загрязняющего вещества G^{js} , г/с, поступающего в атмосферный воздух от отдельного источника выделения, рассчитывается по формулам

$$G^{js} = \frac{q_i^j b_i t}{3600}, \quad (2.4)$$

$$G^{js} = \frac{q_0^j}{3600}, \quad (2.5)$$

где b_i – количество пластмассы (изделий; отходов) i -го типа, используемой (подвергающихся механической обработке; перерабатываемых) в течение одного рабочего часа на отдельном источнике выделения, кг/ч; t – коэффициент, учитывающий длительность работы оборудования и равный отношению продолжительности работы оборудования в течение одного рабочего часа, мин, к 60 мин.

Максимальный выброс j -го загрязняющего вещества G^j , г/с, поступающего в атмосферный воздух от отдельного источника выброса, рассчитывается по формуле

$$G^j = \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) \sum_{s=1}^m K^{js} G_{\max}^{js}, \quad (2.6)$$

где G_{\max}^{js} – наибольшее среди определяемых максимальных выделений j -го загрязняющего вещества G^{js} , г/с, поступающего в атмосферный воздух при использовании различных типов сырья на s -том источнике выделения.

Задача 2.1. Рассчитать валовой и максимальный выброс вредных веществ в атмосферу для технологических процессов, характеристики которых приведены в табл. 2.2. Количество отходов, образующихся при об-

работке изделий (бракованные изделия, облой, литники), принять равным 10% от массы сырья. Степень очистки воздухоочистного оборудования для пылей – 95%, газообразных загрязняющих веществ – 0%.

Таблица 2.2

Исходные данные и варианты задачи 2.1

Вариант	Наименование технологических процессов	Перерабатываемый материал	Количество перерабатываемого сырья, т/год
1	Изготовление полых изделий экструзией, переработка отходов на измельчителях ИПР-150М в течение 1600 ч/год	Полипропилен	200
2	Производство упаковки	Пенополистирол	100
3	Литье под давлением в машинах с объемом впрыска 180 см ³ , переработка отходов на линии гранулирования ЛГТВ-90-200 в течение 1000 ч/год, сушка полученного при этом сырья	Полистирол марки ПСМ 115	1000
4	Изготовление изделий таблетированием пресс-порошков на гидравлических автоматах (2000 ч/год) с последующей обработкой на фрезерных (880 ч/год) и сверлильных (1200 ч/год) станках	Прессматериал К-81-39	–
5	Изготовление изделий массой до 0,1 кг в установках ТВЧ с последующей обработкой на фрезерных, токарных, сверлильных станках, а также станках шлифовально-полировальной группы	Фенопласт на основе СФ342	300
6	Изготовление полых изделий экструзией, переработка отходов на смесительных машинах в течение 1200 ч/год	Поливинилхлорид	120
7	Литье под давлением в машинах с объемом впрыска 400 см ³ в течение 4200 ч/год, переработка отходов на линии гранулирования ЛГТВ-90-200 (950 ч/год), сушка полученного при этом сырья	Сополимер стирола марки МСН-Л	100 (сырье получено при переработке отходов)
8	Изготовление изделий таблетированием пресс-порошков на ротационных машинах МТР-10 с последующей обработкой на фрезерных (700 ч/год) и сверлильных (1000 ч/год) станках	Пресс-порошок марки 03-010-02	700
9	Изготовление изделий прессованием с усилием 1100 кН массой до 1,3 кг с последующей обработкой на фрезерных, токарных, сверлильных станках и станках шлифовально-полировальной группы	Прессматериал К-81-39	400
10	Раскрой стеклоткани на ленточном станке (1800 ч/год), нагрев композиции в установках ТВЧ (700 ч/год)	Фенопласт на основе СФ010	–

2.2.2. Деревообрабатывающее производство

Методика расчета выбросов загрязняющих веществ и количества образующихся отходов от деревообрабатывающего оборудования приведена в [5].

Количество отходов деревообработки Q , т/год, рассчитывается по формуле

$$Q = V\gamma K 10^{-2}, \quad (2.7)$$

где V – объем перерабатываемого материала, м³/год; γ – плотность материала, т/м³; K – удельное образование отходов, % от массы поступившего сырья (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Удельное образование отходов по мебельному производству

Вид производства, продукция	Вид сырья	Удельное образование отходов K , % от массы использованного сырья		
		кусковые	стружки	опилки
Черновые мебельные заготовки	Пиломатериалы хвойных пород	25,0	–	9,0
	Пиломатериалы лиственных пород	41,0	–	7,0
Чистые мебельные заготовки (ЧМЗ)	Пиломатериалы хвойных пород	28,5	15,0	9,5
	Пиломатериалы лиственных пород	46,5	15,0	7,5
	ЧМЗ хвойных пород	8,2	22,0	0,6
	ЧМЗ лиственных пород	10,5	28,8	1,2
Детали и заготовки	Древесные плиты, фанера	15,0	–	1,5

Валовой выброс M_v , т/год, максимально разовый выброс M_{mp} , г/с, для одного типа технологического оборудования рассчитываются по формулам

$$M_v = 0,9Q_{отх}K_p(1 - \eta)10^{-2}. \quad (2.8)$$

$$M_{mp} = 0,9B_i n(1 - \eta), \quad (2.9)$$

где 0,9 – коэффициент эффективности местных отсосов; $Q_{отх}$ – количество опилок и стружек (без учета кусковых отходов), выделяющихся при механической обработке древесного сырья, т/год; K_p – коэффициент содержания пыли в отходах (см. ниже), %; η – степень очистки пылеочистного оборудования, доли единицы; B_i – максимально возможный выход пыли, г/с; n – количество единиц технологического оборудования.

Содержание пыли (частицы размером менее 200 мкм) в отходах для различных способов механической обработки древесного сырья в среднем составляет, %: пиление – 36; строгание и фугование – 12,5;

фрезерование – 12,0; шлифование – 90. В случае сочетания на предприятии различных способов механической обработки коэффициент содержания пыли в отходах K_n определяется как средневзвешенная величина для всех групп деревообрабатывающих станков с учетом их количества и производительности.

Задача 2.2. В течение года на предприятие по производству мебели поступают пиломатериалы, древесные плиты, фанера в количестве, указанном в табл. 2.4. В этой же табл. приведены технологическое оборудование, на котором производится механическая обработка сырья, и вид получаемой продукции. Плотность древесного сырья, т/м³: пиломатериалы хвойных пород – 0,45; лиственных – 0,65; древесные плиты и фанера – 0,8.

Таблица 2.4

Исходные данные и варианты задачи 2.2

Вариант	Перерабатываемое сырье	Объем перерабатываемого сырья, м ³ /год	Применяемые станки и их количество
1	Доски хвойных пород	400	круглопильн. – 4; фрезерн. – 5; строгальн. – 5; фуговальн. – 1; шлифовальн. – 1
	Плита древесная	800	
	Фанера	400	
2	Доски лиственных пород	500	круглопильн. – 5; фрезерн. – 5; строгальн. – 7; фуговальн. – 2; шлифовальн. – 2
	Плита древесная	1000	
	Фанера	500	
3	Доски хвойных пород	400	круглопильн. – 5; фрезерн. – 6; строгальн. – 8; фуговальн. – 3; шлифовальн. – 2
	Плита древесная	1200	
	Фанера	500	
4	Доски лиственных пород	1000	круглопильн. – 8; фрезерн. – 8; строгальн. – 10; фуговальн. – 4; шлифовальн. – 3
	Плита древесная	1500	
	Фанера	700	
5	Доски хвойных пород	1500	круглопильн. – 9; фрезерн. – 9; строгальн. – 10; фуговальн. – 5; шлифовальн. – 5
	Плита древесная	2000	
	Фанера	1200	
6	Доски лиственных пород	1200	круглопильн. – 9; фрезерн. – 9; строгальн. – 9; фуговальн. – 5; шлифовальн. – 4
	Плита древесная	1500	
	Фанера	1000	
7	Доски хвойных пород	700	круглопильн. – 6; фрезерн. – 9; строгальн. – 7; фуговальн. – 4; шлифовальн. – 2
	Плита древесная	1200	
	Фанера	800	
8	Доски лиственных пород	800	круглопильн. – 6; фрезерн. – 9; строгальн. – 10; фуговальн. – 4; шлифовальн. – 3
	Плита древесная	1000	
	Фанера	1000	
9	Доски хвойных пород	900	круглопильн. – 7; фрезерн. – 8; строгальн. – 9; фуговальн. – 3; шлифовальн. – 3
	Плита древесная	1400	
	Фанера	1200	
10	Доски лиственных пород	1100	круглопильн. – 8; фрезерн. – 7; строгальн. – 9; фуговальн. – 3; шлифовальн. – 3
	Плита древесная	1600	
	Фанера	900	

Рассчитать валовой выброс вредных веществ в атмосферу и количество образующихся отходов деревообработки. Степень очистки запыленного воздуха принять равной 90%. Коэффициент содержания пыли в отходах $K_{\text{п}}$ определить как средневзвешенную величину с учетом количества деревообрабатывающих станков каждой группы.

2.2.3. Сжигание твердого топлива в котельных установках

Методика расчета выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котельных установках теплопроизводительностью до 25 МВт приведена в [6].

Максимальное количество оксидов азота M_{NO_x} , г/с, выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{NO}_x} = B_s Q^r K_{\text{NO}_x}^T \beta_p, \quad (2.10)$$

где B_s – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с; Q^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг; $K_{\text{NO}_x}^T$ – удельный выброс оксидов азота при сжигании твердого топлива, г/МДж; β_p – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование оксидов азота.

Расчетный расход топлива B_s , кг/с, рассчитывается по формуле

$$B_s = \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) B, \quad (2.11)$$

где q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимается по табл. 2.5); B – фактический расход топлива на работу котла на максимальном режиме горения, кг/с, определяется по показаниям прибора, по обратному тепловому балансу (при проведении режимно-наладочных испытаний котла).

Фактический расход топлива B , кг/с, на расчетной нагрузке может рассчитываться по формуле

$$B = \frac{100N}{Q^r \eta}, \quad (2.12)$$

где N – расчетная нагрузка котла, МВт; η – коэффициент полезного действия «брутто» котла на расчетной нагрузке, %.

Таблица 2.5

Значения q_4 , α_{ab} , q_{ab} для различных топок и топлив

Вид топок	Топливо	q_4 , %	α_{ab}	q_{ab}
Топки шахтные, шахтно-цепные, скоростного горения	Щепа, кородревесные остатки	4,0	0,15	2,5
	Дрова		0,2	1,0
	Древесные отходы, обрезки	1,2		
	Опилки, стружки	0,7		
	Костра, солома	2,0	0,25	0,5
	Лигнинные брикеты	6,0	0,10	2,5
	Лигнин исправленный	7,0	0,15	
Слоевые топки бытовых теплогенераторов	Дрова	2,5	0,025	0,2
Газогенераторы	Биомасса		0,05	0,5
Котлы с кипящим слоем		2,0	0,06	

Низшая рабочая теплота сгорания топлива Q^r , МДж/кг, пересчитанная на фактические влажность и зольность, определяется по формуле

$$Q^r = (Q_i^r + 0,102W_1) \frac{100 - W_2 - A_2}{100 - W_1 - A_1} - 0,102W_2, \quad (2.13)$$

где Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг, указанная для данного вида топлива в табл. Е.1 (приложение Е); W_1 и A_1 – соответственно влажность и зольность, которые указаны для данного вида топлива в табл. Е.1 (приложение Е); W_2 и A_2 – фактические влажность и зольность, указанные в паспортах, сертификатах качества, протоколах испытаний топлива.

Удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива $K_{NO_x}^T$, г/МДж, рассчитывается по формуле

$$K_{NO_x}^T = 10^{-3} H_T \alpha_T \sqrt{B_s (Q^r)^3}, \quad (2.14)$$

где H_T – характеристика топлива, при сжигании различных топлив равна: лигнин, торф – 15,4, опилки, стружки, дрова – 14,3, отходы древесные – 13,2, костра, солома, сланцы – 12,1; α_T – коэффициент избытка воздуха в топке, принимаемый для котлов мощностью: до 0,3 МВт включительно – 3,0; свыше 0,3 до 2 МВт включительно – 2,5; свыше 2 до 10 МВт включительно – 2,0; свыше 10 до 25 МВт включительно – 1,5; B_s – расчетный расход топлива на работу котла, кг/с, при расчете максимальных выбросов определяется на максимальной нагрузке в соответствии с формулой (2.11), при расчете валовых выбросов рассчитывается по формуле (2.15); Q^r – определяется по формуле (2.13).

$$B_s = \frac{B_s^t}{3,6T}, \quad (2.15)$$

где B_s^t – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (2.11), т/год, при B – фактическом расходе топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год; T – общее количество часов работы котла за год (рассматриваемый период) на данном виде топлива;

Значения коэффициента β_p при сжигании твердых топлив рассчитывается по формуле

$$\beta_p = 1 - 0,075\sqrt{\gamma}, \quad (2.16)$$

где γ – степень рециркуляции дымовых газов, %.

Валовой выброс оксидов азота $M_{NO_x}^{te}$, т/год, поступающих в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{NO_x}^{te} = 10^{-3} B_s Q^r K_{NO_x}^T \beta_p, \quad (2.17)$$

где B_s – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (2.11), т/год; Q^r – определяется по формуле (2.13); β_p – определяется по формуле (2.16).

Суммарные выбросы оксидов азота следует разделять на составляющие с учетом их трансформации в атмосферном воздухе. Выбросы оксида азота и диоксида азота вычисляются по формулам

$$M_{NO_2} = 0,8M_{NO_x}, \quad (2.18)$$

$$M_{NO} = (1 - 0,8)M_{NO_x} \frac{\mu_{NO}}{\mu_{NO_2}} = 0,13M_{NO_x}, \quad (2.19)$$

где M_{NO_2} – выброс диоксида азота, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, г/с (т/год); M_{NO} – выброс оксида азота, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, г/с (т/год); M_{NO_x} – выброс оксидов азота, поступающих в атмосферный воздух с дымовыми газами, г/с (т/год); μ_{NO} и μ_{NO_2} – молекулярные массы NO и NO₂, равные 30 и 46 соответственно.

Максимальное количество диоксида серы M_{SO_2} , г/с, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02BS^r(1 - \eta_{s1})(1 - \eta_{s2})10^3, \quad (2.20)$$

где B – фактический расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с; S^r – максимальное содержание серы в рабочей массе топлива, %; η_{s1} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле (значения η_{s1} при сжигании различных видов топлива приведены в приложении Ж); η_{s2} – доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц. Доля оксидов серы η_{s2} , улавливаемых в сухих золоуловителях, принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях эта доля зависит от общей щелочности орошающей воды и от приведенной сернистости топлива S^g . При характерных для эксплуатации удельных расходах воды на орошение золоуловителей $0,1-0,15 \text{ дм}^3/\text{м}^3$ η_{s2} определяется по рис. Ж.1 (приложение Ж).

Валовой выброс диоксида серы $M_{\text{SO}_2}^{\text{те}}$, т/год, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{SO}_2}^{\text{те}} = 0,02BS^r(1 - \eta_{s1})(1 - \eta_{s2}), \quad (2.21)$$

где B – фактический расход топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемый на перспективу расход топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год; S^r – среднее содержание серы в рабочей массе топлива, %.

Максимальное количество оксида углерода M_{CO} , г/с, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{CO}} = B_s C_{\text{CO}}, \quad (2.22)$$

где B_s – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с (формула (2.11)); C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг.

Выход оксида углерода C_{CO} , г/кг, рассчитывается по формуле

$$C_{\text{CO}} = q_3 R Q^r, \quad (2.23)$$

где q_3 – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %; при сжигании твердого топлива и номинальной тепловой мощности котла до 0,3 МВт включительно – 0,9; свыше 0,3 до 2 МВт – 0,7; свыше 2 до 10 МВт – 0,5; свыше 10 до 25 МВт – 0,3; R – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода (для твердого топлива – 1,0); Q^r – определяется по формуле (2.13).

Валовой выброс оксида углерода M_{CO}^{te} , т/год, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{CO}^{te} = 10^{-3} B_s C_{CO}, \quad (2.24)$$

где B_s – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (2.11), т/год, при B – фактическом расходе топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год; C_{CO} – определяется по формуле (2.23).

Максимальная концентрация j -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах c_j , мг/м³, рассчитывается по формуле

$$c_j = \frac{M_j}{V_{dry}} 10^3, \quad (2.25)$$

где M_j – максимальное количество загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами, г/с; V_{dry} – объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании топлива, м³/с, определяемый по формуле

$$V_{dry} = B_s V_{dry}^{1,4}, \quad (2.26)$$

где B_s – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (2.11), кг/с; $V_{dry}^{1,4}$ – теоретический объем сухих дымовых газов, приведенный к условному коэффициенту избытка воздуха $\alpha_0 = 1,4$ и нормальным условиям, определяемый в соответствии с табл. Е.1 (приложение Е).

При использовании топлива с отличными от указанных в табл. Е.1 характеристиками (влажность и (или) зольность) производится пересчет объема $V_{dry}^{1,4}$ с влажности W_1 и зольности A_1 на влажность W_2 и зольность A_2 путем умножения на отношение

$$\frac{100 - W_2 - A_2}{100 - W_1 - A_1}. \quad (2.27)$$

Максимальное количество твердых частиц M_{PM} , г/с, выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{PM} = 0,01B(1 - \eta_c) \left(\alpha_{ab} A^r + q_{ab} \frac{Q^r}{32,68} \right) 10^3, \quad (2.28)$$

где B – фактический расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с; η_c – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях (в расчете не учитывается влияние сероулавливающих установок); α_{ab} – доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе), принимается по табл. 2.5; A^r – максимальная зольность топлива на рабочую массу, %; q_{ab} – потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %, принимаются по табл. 2.5; Q^r – определяется по формуле (2.13).

Валовой выброс твердых частиц M_{PM}^{te} , т/год, поступающих в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{PM}^{te} = 0,01B(1 - \eta_c) \left(\alpha_{ab}A^r + q_{ab} \frac{Q^r}{32,68} \right) 10^3, \quad (2.29)$$

где B – фактический расход топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемый на перспективу расход топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год; A^r – фактическая зольность топлива на рабочую массу, %; Q^r – определяется по формуле (2.13).

Максимальное количество бенз(а)пирена M_{bp} , г/с, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами при слоевом сжигании твердых топлив, рассчитывается по формуле

$$M_{bp} = c_{bp}V_{dry}10^{-3}, \quad (2.30)$$

где c_{bp} – максимальная концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, мг/м³, при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях рассчитывается по формуле (2.32); V_{dry} – объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании топлива, м³/с, определяемый по формуле (2.26).

$$c_{bp} = 10^{-6} \left(\frac{H_T(Q^r)^2 - P}{e^{0,12(\alpha-1)} t_H} \right) \frac{\alpha}{1,4} K_n K_d, \quad (2.31)$$

где H_T – характеристика топлива из формулы (2.14); Q^r – определяется по формуле (2.13); P – коэффициент, характеризующий температурный уровень экранов: для $t_H \geq 350^\circ\text{C}$ равен 450, для t_H от 105 до 350 равен 350, для $t_H < 105^\circ\text{C}$ равен 290; t_H – температура насыщения пара при давлении в барабане паровых котлов или воды на выходе из котла для водогрейных котлов или температура уходящих газов на выходе из жарового канала

для газогенераторов; α – коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы; K_n – коэффициент, учитывающий нагрузку котла; K_d – коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителем.

Коэффициент, учитывающий нагрузку котла K_n , рассчитывается по формуле

$$K_n = \left(\frac{D_n}{D_f} \right)^{1,2} \quad \text{или} \quad K_n = \left(\frac{Q_n}{Q_f} \right)^{1,2}, \quad (2.32)$$

где D_n, D_f – номинальная и фактическая паропроизводительность котла соответственно, т/ч; Q_n, Q_f – номинальная и фактическая теплопроизводительность котла соответственно, Гкал/ч.

Коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителем K_d , рассчитывается по формуле

$$K_d = 1 - \frac{\eta_d Z}{100}, \quad (2.33)$$

где η_d – степень очистки газов в золоуловителе по золе, %; Z – коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности золоуловителем бенз(а)пирена.

При температуре газов перед золоуловителем t_d больше 185°C Z равен 0,8 – для сухих золоуловителей; 0,9 – для мокрых золоуловителей. При температуре газов перед золоуловителем t_d меньше 185°C Z равен 0,7 – для сухих золоуловителей; 0,8 – для мокрых золоуловителей.

Валовой выброс бенз(а)пирена M_{BP}^{te} , т/год, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{BP}^{te} = c_{bp}^i V_{dry} 10^{-6}, \quad (2.34)$$

где c_{bp}^i – средневзвешенное значение концентраций бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, мг/м³; V_{dry} – объем сухих дымовых газов, рассчитанный по формуле (2.26), тыс. м³/год; B_s – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (2.11), т/год, при B – фактическом расходе топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год.

Задача 2.3. Паровой котел номинальной мощностью 650 кВт работает на местных видах топлива.

За январь месяц на котельную поступило 325 насыпных м³ щепы древесной, предельная зольность 3,0%, предельная сернистость 0,25%,

фактическая зольность 2,1%, фактическая сернистость 0,2%, фактическая влажность 47%. Щепа произведена из малоплотной древесины.

За февраль месяц 160 складочных м³ древесины дровяной, предельная зольность 1,5%, предельная сернистость 0,1%, фактическая зольность 0,4%, фактическая сернистость 0,08%, фактическая влажность 51%. Партия содержала дрова смешанные, круглые, средние длиной от 1,0 до 2,0 м.

Максимальная нагрузка котла – 600 кВт; КПД «брутто» котла – 92,3%; количество часов работы на щепе – 301, на дровах – 276.

Рассчитать валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу за расчетный период и их максимальные концентрации в отходящих дымовых газах в соответствии с вариантом задачи (табл. 2.6). Пересчет твердых видов топлива из складочных или насыпных метров кубических в килограммы выполнить в соответствии с приложением 3. Средневзвешенное значение концентраций бенз(а)пирена в сухих дымовых газах принять равным $0,8c_{bp}$, температуру насыщения пара воды на выходе из котла – 102°C, коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы – 1,6, коэффициент, учитывающий нагрузку котла, – 1,71.

Таблица 2.6

Исходные данные и варианты задачи 2.3

Показатель	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Загрязняющее вещество	Оксиды азота		Оксид углерода		Диоксид серы		Твердые частицы		Бенз(а)пирен		
Расчетный период	Январь	Февраль	Январь-февраль	Январь	Февраль	Январь-февраль	Январь	Февраль	Январь-февраль	Январь	
Характеристика газоочистных систем	–	–	–	–	Щелочность орошающей воды, мг-экв/дм ³	10	5	Степень очистки, %			
	90	95	93	98							
			сухой	мокрый							

Сравнить полученные значения максимальных концентраций загрязняющих веществ с предельными концентрациями, установленными для парового котла.

2.3. Определение расхода сточных вод

Сброс сточных вод – важный экологический аспект производственной деятельности любого предприятия. Деревообрабатывающие предприятия и производство изделий из пластмасс и композиционных материалов не относятся к водоемким. Вода в основном используется на охлаждение, промывку оборудования, приготовление химикатов. Среди производств, которые представлены на деревообрабатывающих предприятиях, к водоемким относится производство древесноволокнистых плит, сбрасывающее от 30 до 75 м³ сточных вод на 1000 м² ДВП. Вместе со сточными водами этого производства сбрасывается до 8–10% древесного сырья, связующих и гидрофобизирующих добавок. Вода используется и в виде водяного пара, также при гидротермической обработке древесины.

Сточные воды, отводимые с площадки предприятия, характеризуются по категориям – хозяйственно-бытовые, производственные и поверхностные (дождевые).

Расход сточных вод устанавливается в соответствии с нормативами водоотведения, которые определяются для хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод.

Расчетные суточные $Q_{сут}$, м³/сут, часовые $Q_{макс.ч}$, м³/ч, и секундные $q_{макс.с}$, л/с расходы бытовых сточных вод на промышленных предприятиях определяются по смене с максимальным количеством работающих людей с учетом количества рабочих часов в смену по следующим формулам:

$$Q_{сут} = \frac{25n_1 + 45n_2}{1000}; \quad (2.35)$$

$$Q_{макс.ч} = \frac{25n_3K_1 + 45n_4K_2}{T \cdot 1000}; \quad (2.36)$$

$$q_{макс.с} = \frac{25n_3K_1 + 45n_4K_2}{T \cdot 3600}, \quad (2.37)$$

где n_1 и n_2 – количество работающих в сутки в цехах при нормах водоотведения соответственно 25 и 45 л на одного человека (холодные и горячие цехи); n_3 и n_4 – максимальное количество работающих в смену при тех же нормах водоотведения; K_1 и K_2 – коэффициенты часовой неравномерности, соответствующие тем же нормам водоотведения и равные 3 и 2,5; T – количество рабочих часов в смену.

Расходы сточных вод от душевых установок в бытовых помещениях промышленных предприятий вычисляют в зависимости от числа душевых сеток m_d , которое определяется в зависимости от характера процесса, санитарной его характеристики; числа работающих, пользующихся душем, в наиболее многочисленную смену и расчетного количества человек на одну душевую сетку.

Количество рабочих, пользующихся душем, зависит от санитарных условий технологического процесса производства и устанавливается в процентах от общего числа работающих на производстве. Ориентировочно количество рабочих, пользующихся душем, в машиностроительной отрасли составляет 25%, целлюлозно-бумажной – 40%. Расчетное количество людей на одну душевую сетку зависит от категории производства и составляет для механосборочных, инструментальных, деревообрабатывающих предприятий – 15 чел.

Расход воды на одну душевую сетку составляет 500 л/ч при коэффициенте неравномерности $K_q = 1$. Расход душевых вод принимается в первый час последующей смены в объеме 100% сменного расхода предыдущей смены, при этом продолжительность пользования душем равна 45 мин.

Расчетные расходы душевых сточных вод определяются по следующим формулам:

$$Q_{\text{макс.см}} = \frac{500m_d \cdot 45}{1000 \cdot 60} = 0,375m_d; \quad (2.38)$$

$$q_{\text{макс.с}} = \frac{500m_d}{3600} = 0,139m_d, \quad (2.39)$$

где $Q_{\text{макс.см}}$ – расход душевых вод в смену с максимальным количеством рабочих, м³/ч; $q_{\text{макс.с}}$ – максимальный расход душевых вод, л/с.

Суточный расход душевых вод зависит от расходов воды по сменам, а также от числа смен.

Количественный и качественный состав хозяйственно-бытовых сточных вод определяется по удельным нормам сброса загрязняющих веществ и удельному водоотведению на одного жителя (работника), которые принимаются по рекомендациям, изложенным в СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» и СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

Расчетные среднесуточные расходы производственных сточных вод и коэффициенты неравномерности их притока определяются на основе технологических данных, данных о водопотреблении с учетом

безвозвратных потерь. Количественный и качественный состав производственных сточных вод зависит от вида сырья и вырабатываемой продукции, производственной мощности предприятия, норм водопотребления, удельного расхода свежей воды на единицу продукции, совершенства технологического процесса, полноты утилизации отходов производства, от вида и типа применяемого оборудования, оснащённости процесса контрольно-измерительными приборами и т. д.

Для расчета водоотведения могут использоваться технологические нормативы (отраслевые и индивидуальные), разработка которых регламентируется «Положением о порядке разработки и согласования технологических нормативов водопотребления и водоотведения», утвержденным постановлением Минприроды от 21 мая 2008 г. № 48.

Расчет объемов водоотведения по технологическим нормативам производится по формуле

$$W_{\text{техн}} = W_0 + N_1\Pi_1 + N_2\Pi_2 + N_3\Pi_3 + \dots + N_n\Pi_n \quad (2.40)$$

где W_0 – нормативный среднегодовой объем образуемых сточных вод, не зависящий от производства продукции и обусловленный технологическими нуждами, м^3 ; $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ – норматив водоотведения для соответствующего вида основной производимой продукции, $\text{м}^3/\text{ед. продукции}$; $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots, \Pi_n$ – количество (объем) произведенной продукции, ед./год .

Нормативы водоотведения в некоторых случаях могут устанавливаться на единицу перерабатываемого сырья. В этом случае в расчете вместо количества произведенной продукции будет применяться количество используемого сырья.

Расчетные расходы производственных сточных вод, поступающих на очистные сооружения, $Q_{\text{сут}}$, $\text{м}^3/\text{сут}$ и $q_{\text{макс}}$, л/с , определяются по следующим формулам

$$Q_{\text{сут}} = N\Pi \quad (2.41)$$

$$q_{\text{макс}} = \frac{N\Pi_{\text{макс}}}{T \cdot 3,6} K_{\text{ч}}, \quad (2.42)$$

где N – норматив водоотведения на единицу продукции или перерабатываемого сырья с учетом водооборота, $\text{м}^3/\text{ед. продукции}$; Π и $\Pi_{\text{макс}}$ – число единиц продукции или перерабатываемого сырья при максимальной выработке соответственно в сутки и смену; T – количество рабочих часов в смену; $K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности.

Для поверхностных сточных вод не представляется возможным определить нормы водоотведения, что связано с вероятностным

характером выпадения осадков. Поэтому при проектировании системы водоотведения расход поверхностных сточных вод рассчитывают с помощью показателей выпадения осадков, определенных по результатам многолетних наблюдений. Для поверхностных сточных вод устанавливают объем отводимых вод за теплый и холодный периоды года и максимальный секундный расход для теплого периода года.

Объем отводимых сточных вод за теплый период года W_d , м³:

$$W_d = 10 h_d k_d F, \quad (2.43)$$

где h_d – среднегодовое количество осадков за теплый период года, мм; k_d – коэффициент стока дождевых вод, равный средневзвешенной величине для всей площади водосбора с учетом средних значений коэффициентов стока для различного рода поверхностей; F – площадь водосбора, га.

Объем отводимых сточных вод за холодный период года W_T , м³, рассчитывается по формуле

$$W_T = 10 h_T k_T F, \quad (2.44)$$

где h_T – среднегодовое количество осадков за холодный период года, мм; k_T – коэффициент стока талых вод, для расчетов принимается равным 0,6.

Значения h_d и h_T , а также данные для расчета k_d приведены в приложении И.1 и И.2. Максимальный секундный расход поверхностного стока в теплый период года рассчитывается по формуле

$$g_d = 2,8 \cdot 10^{-3} h_d F k_d / (T + t). \quad (2.45)$$

Максимальный секундный расход поверхностного стока в период снеготаяния рассчитывается по формуле

$$g_T = 2,8 \cdot 10^{-3} h_{вп} F k_T / T, \quad (2.46)$$

где $h_{вп}$ – среднее количество осадков в весеннее половодье, мм.

Задача 2.4. Рассчитать объем поверхностного стока (суммарное количество дождевых и талых сточных вод), отводимого с территории промплощадки, расположенной в городе N (табл. 2.7), характеристики которой представлены в табл. 2.8. Данные для расчета принять в соответствии с приложениями И.1 и И.2.

Таблица 2.7

Варианты задачи 2.4

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Город N	Минск	Брест	Витебск	Добруш	Гродно	Могилев	Борисов	Полоцк	Волковыск	Мозырь
№ промплощадки	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Таблица 2.8

Характеристика промплощадки

Номер промплощадки	Общая площадь, га	Отведение земель, га		
		под здания, сооружения	твердые покрытия территории	газоны, озеленение
1	13,4	5,7	3,3	4,4
2	6,7	2,4	2,4	1,9
3	20,5	7,8	3,5	9,2
4	22,4	12,5	4,8	5,1
5	38,2	15,1	7,2	15,9

Задача 2.5. Для проектирования очистных сооружений (см. данные задачи 2.4) рассчитать максимальный секундный расход поверхностного стока с площадки предприятия. Продолжительность протекания поверхностного стока от крайней точки водосборного бассейна до приемной камеры очистных сооружений равна t (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Варианты задачи 2.5

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Время t , ч	0,35	0,25	0,39	0,44	0,49	0,32	0,20	0,42	0,46	0,51

Задача 2.6. Определить годовой, суточный и часовой расходы производственных и бытовых сточных вод, отводимых с территории деревообрабатывающего предприятия. Количество работающих в сутки составляет 400 человек, максимальное количество работающих в смену – 180 человек. Эффективный фонд рабочего времени составляет 4000 ч. Продолжительность смены 8 ч. Предприятие изготавливает древесностружечные плиты (P_1 , тыс m^3 /год), фанеру (P_2 , тыс. m^3 /год), имеет в своем составе участок для изготовления изделий из древесных композиционных материалов (P_3 , т/год по пресскомпозиции). Нормативы водоотведения для соответствующего вида основной производимой продукции составляют 0,5 m^3/m^3 ДСтП, 0,4 m^3/m^3 фанеры, 0,8 m^3/t пресскомпозиции. Нормативный среднегодовой объем образуемых сточных вод, не зависящий от производства продукции и обусловленный технологическими нуждами W_0 , тыс. m^3 /год. Исходные данные для решения задачи принять по табл. 2.10.

Варианты задачи 2.6

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , тыс. м ³ /год	50	65	70	90	100	110	95	130	60	55
P_2 , тыс. м ³ /год	10	11	15	12	13	14	20	25	22	21
P_3 , т/год по пресскомпозиции	50	60	70	80	110	90	95	100	105	85
W_0 , тыс. м ³ /год	5	6	7	8	12	14	15	20	9	8

С учетом полученных результатов предложить варианты уменьшения водопотребления и сброса сточных вод.

2.4. Установление степени и класса опасности отходов производства

Для всех отходов, которые образуются в процессе производства, должен быть установлен код согласно Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь, *степень опасности* (опасные, неопасные) и *класс опасности*, если отходы относятся к опасным.

Степень и класс опасности опасных отходов производства учитывается при организации безопасного обращения с опасными отходами (хранения, захоронения, использования, обезвреживания и транспортировки).

Производители опасных отходов производства обеспечивают установление их степени и класса опасности, если эти показатели не указаны в Классификаторе отходов, образующихся в Республике Беларусь (далее Классификатор). Для определения степени и класса опасности опасных отходов руководствуются Инструкцией о порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства (утв. Минприроды и МинЧС 17.01.2008 № 3/13/2).

Опасные для окружающей среды, здоровья граждан, имущества свойства отходов определяются в соответствии с рекомендациями приложения 1 упомянутой Инструкции. Для определения опасных свойств отхода необходимо по Классификатору определить блок, группу и код отхода производства.

К опасным свойствам отходов относятся *экоотоксичность* (способность отходов в случае попадания в окружающую среду представлять немедленно или со временем угрозу для окружающей среды в результате биоаккумуляции и (или) оказывать токсичное

воздействие на биотические системы), *токсичность* (способность отходов при попадании внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или кожу вызывать серьезные, затяжные или хронические заболевания, в том числе рак), *взрывоопасность* (способность отходов либо смеси отходов к химической реакции с выделением газов такой температуры и давления и с такой скоростью, которые вызывают повреждение окружающих предметов), *пожароопасность* (способность отходов самовозгораться, легко загораться либо вызывать или усиливать пожар при трении; самопроизвольно нагреваться при нормальных условиях или нагреваться при соприкосновении с воздухом, а затем способных самовоспламеняться), *токсичность продуктов горения* (способность отходов при горении выделять токсичные вещества, которые при попадании внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или кожу способны вызывать серьезные, затяжные или хронические заболевания, в том числе рак), *реакционная способность* (характеристика химической активности отходов), *инфекционность* (способность отходов, содержащих живые микроорганизмы или токсины, вызывать заболевание у животных и людей).

Для определения степени и класса опасности опасных отходов производства проводятся специальные исследования в лабораториях, аккредитованных в системе аккредитации Республики Беларусь и состоящих на учете в Минприроды.

По результатам определения опасных свойств отходов степень и класс опасности опасных отходов производства устанавливаются исходя из значения опасных свойств отходов согласно приложению 3 к Инструкции.

При изучении двух и более опасных свойств отходов класс опасности опасных отходов производства устанавливается исходя из наиболее высокого класса опасности, определенного по результатам исследования опасных свойств отходов.

При смешивании опасных отходов с неопасными, опасных отходов разных классов опасности класс опасности полученной смеси отходов устанавливается по наиболее высокому классу опасности опасного отхода, входящего в смесь, либо на основании лабораторных исследований, проведенных в порядке, установленном Инструкцией.

Задача 2.7. Для отходов производства, образующихся на предприятии (табл. 2.11), определить степень и класс опасности (при наличии информации). Определить перечень опасных свойств, которые подлежат исследованию в специализированных лабораториях.

Варианты задачи 2.7

Наименование отхода	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Старые лаки и краски, засохшие остатки в бочках	+		+		+		+		+	
Карбамидоформальдегидные смолы		+		+		+		+		+
Отвердевший карбамидоформальдегидный клей	+	+		+		+		+		+
Отходы полиэфирных смол с наполнителем			+		+		+	+	+	
Отходы клея эпоксидного	+		+		+		+		+	
Отходы лакокрасочные смешанные		+		+		+		+		+
Пенополиуретан (облой, полосы, брак)	+		+		+		+		+	
Термометры ртутные испорченные	+		+	+		+	+		+	+
Пыль шлифовальная при производстве паркетных изделий	+				+	+	+		+	
Бумага, загрязненная смолами	+		+	+		+	+	+		
Зола от сжигания древесины		+			+		+	+	+	+
Пресс-материал на основе эпоксидной смолы	+		+	+		+		+	+	
Изношенные шины с металлокордом	+	+	+					+	+	+
Изношенные шины с текстильным кордом				+	+	+	+			
Растворители красок и эмалей	+	+		+	+	+	+		+	

При решении задачи использовать Инструкцию о порядке установления степени и класса опасности опасных отходов производства и Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь.

3. ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Одной из основных задач, которую решает контроль в области окружающей среды всех уровней (государственный, ведомственный, производственный), является проверка соблюдения хозяйствующими субъектами установленных нормативов допустимых выбросов (НДВ), допустимых сбросов (НДС), образования отходов.

НДС для предприятий устанавливаются в том случае, если они сбрасывают сточные воды непосредственно в водный объект. К ним относятся городские очистные сооружения и предприятия – крупные водопотребители. НДВ устанавливаются для каждого источника по всем загрязняющим веществам, которые поступают в атмосферу. Если источник сброса сточных вод предприятия в водный объект (выпусков) обычно один, гораздо реже – несколько, то источников загрязнения атмосферы даже на среднем по масштабам производства предприятии – сотни.

При большом количестве источников загрязнения, расположенных на площадке предприятия, их постоянный контроль требует значительных материальных и трудовых затрат. Поэтому все источники ранжируются по степени влияния на окружающую среду. Периодичность контроля источников загрязнения атмосферы устанавливается в зависимости от вклада каждого источника в загрязнение атмосферы.

3.1. Нормативы допустимых выбросов

Для каждого действующего реконструируемого, строящегося или проектируемого стационарного источника (за исключением источников, определенных постановлением Минприроды) загрязнения окружающей среды, устанавливаются НДВ химических и иных веществ в атмосферный воздух по каждому загрязняющему веществу, выбрасываемому в атмосферу.

НДВ – нормативы, которые установлены для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную или иную деятельность, в соответствии с показателями массы химических и иных веществ для поступления в окружающую среду от стационарных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды [7].

Технологический норматив – НДВ веществ и микроорганизмов, который устанавливается для стационарных источников, технологических

процессов, оборудования и отражает допустимую массу выбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции.

Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух производится путем установления НДВ как количества загрязняющих веществ, которое не разрешается превышать при выбросе в атмосферный воздух. Устанавливаются следующие типы НДВ: массовый выброс, т/год и г/с; предельное значение концентрации выброса, мг/н. куб. м.

НДВ устанавливаются при условии, что выбросы загрязняющих веществ от данного источника выбросов и от совокупности источников выбросов природопользователя, природопользователей города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития производств и рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не создадут приземную концентрацию, превышающую ПДК или ОБУВ.

При невозможности соблюдения природопользователем НДВ территориальные органы Минприроды могут установить по загрязняющему веществу и для отдельных источников выбросов норматив временно допустимых выбросов и условия поэтапного сокращения выбросов загрязняющих веществ до значений, обеспечивающих соблюдение НДВ, и (или) требований по предотвращению и сокращению загрязнения атмосферного воздуха.

НДВ и нормативы временно допустимых выбросов устанавливаются и вводятся в действие территориальными органами Минприроды в разрешении на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

НДВ для промышленных предприятий устанавливается с учетом обеспечения выполнения следующего условия:

$$C_{и}^i + C_{ф}^i \leq \text{ПДК}_{\text{мр}}^i, \quad (3.1)$$

где $C_{и}^i$ – максимальная приземная концентрация i -вещества (без учета фона), создаваемая в совокупности всеми источниками выбросов рассматриваемого объекта (предприятия) в контрольных точках (на границе санитарно защитной зоны), мг/м³; $C_{ф}^i$ – фоновая концентрация i -вещества, мг/м³; $\text{ПДК}_{\text{мр}}^i$ – максимальная разовая ПДК i -вещества, мг/м³.

Данное условие должно выполняться как для индивидуальных веществ, так и для групп веществ, обладающих эффектом суммирования вредного воздействия. В случае содержания в атмосферном воздухе веществ, обладающих эффектом суммирования вредного воздействия, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу:

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_i / \text{ПДК}_i \leq 1. \quad (3.2)$$

Основой для обоснования НДВ является прогноз ожидаемых концентраций вредных веществ в контрольных точках приземного слоя атмосферы, создаваемых источником выброса, с учетом фоновых концентраций. Указанный прогноз осуществляется на основе расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [8]. Рассеивание примесей в атмосфере – явление, сопутствующее любому выбросу загрязняющих веществ в атмосферу.

Рассеиванию подлежат очищенные и обезвреженные газовые выбросы. Примесь, выброшенная в атмосферу из источника, рассеивается и переносится в воздухе постоянно существующими вихрями разных масштабов. Интенсивность рассеивания в разных погодных условиях различна и определяется главным образом двумя факторами: направлением и силой ветра, температурой воздуха и ее изменением по высоте. Разность температур между слоями воздуха определяется степенью нагретости поверхности земли. Чем сильнее нагрета эта поверхность, тем интенсивнее вертикальное перемещение воздуха. Кроме состояния атмосферы существенное влияние на рассеивание оказывают параметры источника выбросов и особенности рельефа местности.

Все источники выбросов в атмосферу делятся на организованные – специальные технические устройства (труба, аэрационный фонарь, дыхательный и вентиляционный патрубки, вентиляционная шахта и другое), предназначенные для локализации поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, задания скорости и направления выхода газоздушнoй смеси, отходящей от источника выделения; и неорганизованные – не оснащенные специальными техническими устройствами источники выброса в результате погрузочно-разгрузочных работ, эксплуатации сооружений очистки сточных вод, открытого хранения сырья, материалов и отходов (пруды-отстойники и накопители, нефтеловушки, шлако- и хвостохранилища и другое), неплотности технологического оборудования, газоотводов, работы вне помещений (передвижные сварочные посты, окраска и другое) или в производственных помещениях, не оснащенных вентиляционными установками.

Организованные источники в зависимости от размеров делятся на точечные (труба) и линейные (аэрационный фонарь). Источники могут быть подвижными и неподвижными. Основными параметрами источников, которые влияют на рассеивание выбросов, являются высота над поверхностью земли, размеры выходного отверстия. Чем больше

высота трубы, тем больше территория, на которой рассеиваются выбросы. Труба высотой 100 м позволяет рассеивать вещества в круге радиусом до 20 км, а труба высотой 250 м – в радиусе до 75 км.

Характеристиками выбросов, учитываемыми при рассеивании, являются температура выброса, скорость выхода газовой струи, содержание и физические свойства примеси. С увеличением разности температур между окружающим воздухом и выбрасываемым газовым потоком улучшаются условия рассеивания. Рельеф местности может оказывать существенное влияние на характер рассеивания и распределения примесей вблизи поверхности земли.

Наихудшие условия рассеивания создаются при так называемых неблагоприятных метеорологических условиях. К ним относятся скорость ветра, превышающая определенное значение (опасная скорость ветра), и застойные явления, связанные с безветрием (штиль), туманом, нарушением характера изменения температуры воздуха по высоте (температурная инверсия). При неблагоприятных метеорологических условиях возникает опасность значительного увеличения приземных концентраций загрязняющих веществ, возникновения смога и т. д.

Численные решения уравнения атмосферной диффузии с различными граничными условиями положены в основу математической модели, которая приведена в действующем в республике нормативном документе ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий». Расчет по модели производится с использованием компьютерных программ («Эколог», «Гарант», «Призма» и др.) с перебором скоростей и направлений ветра так, что в каждом узле расчетной сетки (точках территории, прилегающей к источникам выбросов) определяется «максимальная» приземная концентрация загрязняющего вещества с учетом фоновых концентраций и без них, наличия в выбросах веществ, обладающих эффектом суммирования вредного воздействия.

В каждой точке пространства концентрации по загрязняющему веществу, создаваемые отдельными источниками выбросов, суммируются.

Эта модель широко используется на практике, в том числе, как уже упоминалось, при обосновании НДВ в атмосфере.

Рассмотрим особенности применения методики относительно расчета загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_m , мг/м³ при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных

метеорологических условиях на расстоянии x_m , м, от источника и определяется по формуле

$$C_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (3.3)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (массовый выброс), г/с; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; m , n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$; H – высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м), м; V_1 – расход газовой смеси, м³/с; ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b (принимают равной средней максимальной температуре наиболее жаркого месяца), °С.

Расход газовой смеси V_1 , м³/с, определяют по формуле

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (3.4)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м; ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при котором концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, для Беларуси принимается равным 160.

Значения коэффициента F для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) $F = 1$; для крупнодисперсных аэрозолей при степени очистки не менее 90% $F = 2$, при степени очистки 75–90% $F = 2,5$, при степени очистки менее 75% и при отсутствии очистки $F = 3$.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f , v_m , v'_m и f_e :

$$f = (10^3 \omega_0^2 D) / (H^2 \Delta T), \quad (3.5)$$

$$v_m = 0,65 (V_1 \Delta T / H)^{1/3}, \quad (3.6)$$

$$v'_m = 1,3\omega_0 D/H, \quad (3.7)$$

$$f_e = 800(v'_m)^3. \quad (3.8)$$

Коэффициент m определяется в зависимости от f по рис. 3.1.

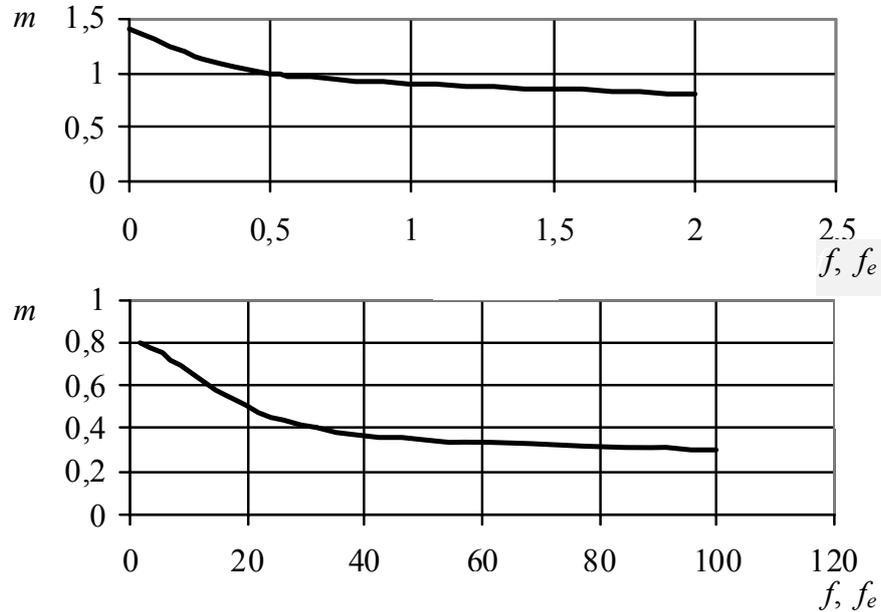


Рис. 3.1. Коэффициент m

Для $f_e < f < 100$ значение коэффициента m вычисляется при $f = f_e$.

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от v_m (рис. 3.2).

Для $f \geq 100$ (или $\Delta T \approx 0$) и $v'_m \geq 0,5$ (холодные выбросы) при расчете C_m вместо формулы (3.3) используется формула

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^{4/3}} \frac{D}{8V_1}, \quad (3.9)$$

где n определяется по рис. 3.2 при $v_m = v'_m$.

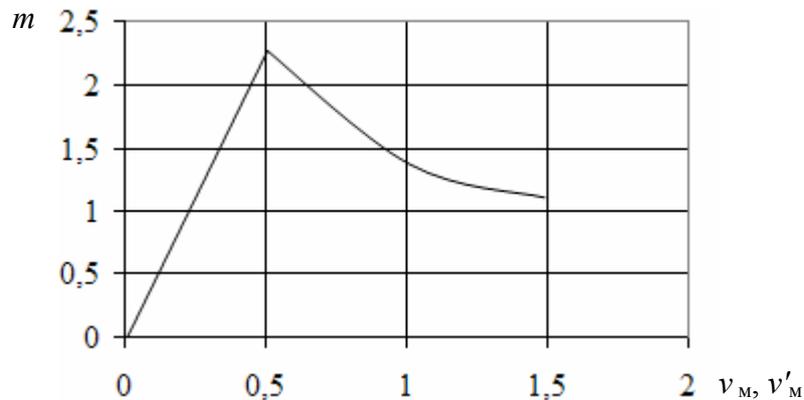


Рис. 3.2. Коэффициент n

Расстояние x_m , м, от источника выбросов, на котором приземная концентрация C , мг/м³, при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_m , определяется по следующей формуле:

$$x_m = (5 - F)dH/4, \quad (3.10)$$

где безразмерный коэффициент d при $f < 100$ находится по формулам

$$d = 2,48(1 + 0,28f_e^{1/3}) \text{ при } v_m \leq 0,5, \quad (3.11)$$

$$d = 4,95v_m(1 + 0,28f_e^{1/3}) \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2, \quad (3.12)$$

$$d = 7v_m^{1/2}(1 + 0,28f_e^{1/3}) \text{ при } v_m > 2. \quad (3.13)$$

При $f \geq 100$ или $\Delta T \approx 0$ значение d находится по формулам

$$d = 5,7 \text{ при } v'_m \leq 0,5, \quad (3.14)$$

$$d = 11,4v'_m \text{ при } 0,5 < v'_m \leq 2, \quad (3.15)$$

$$d = 16v'_m^{1/2} \text{ при } v'_m > 2. \quad (3.16)$$

Значения опасной скорости u_m , м/с, на уровне флюгера (10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ C_m , в случае $f < 100$ определяется по формулам

$$u_m = 0,5 \text{ при } v_m \leq 0,5, \quad (3.17)$$

$$u_m = v_m \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2, \quad (3.18)$$

$$u_m = v_m(1 + 0,12f^{1/2}) \text{ при } v_m > 2. \quad (3.19)$$

При $f \geq 100$ или $\Delta T \approx 0$ значение u_m вычисляется по формулам

$$u_m = 0,5 \text{ при } v'_m \leq 0,5, \quad (3.20)$$

$$u_m = v'_m \text{ при } 0,5 < v'_m \leq 2, \quad (3.21)$$

$$u_m = 2,2v'_m \text{ при } v'_m > 2. \quad (3.22)$$

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_{mi} , мг/м³, при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра u , м/с, отличающейся от опасной скорости ветра u_m , м/с, определяется по формуле

$$C_{mi} = rC_m, \quad (3.23)$$

где r – безразмерная величина, определяемая в зависимости от отношения u/u_m по рис. 3.3.

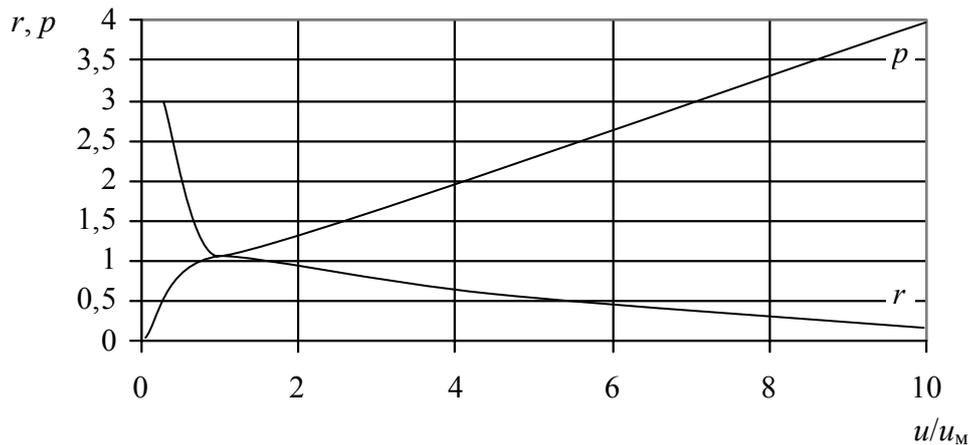


Рис. 3.3. Коэффициенты r, p

Расстояние от источника выбросов $x_{ми}$, м, на котором при скорости ветра u и неблагоприятных метеорологических условиях приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения $C_{ми}$, мг/м³, определяется по формуле

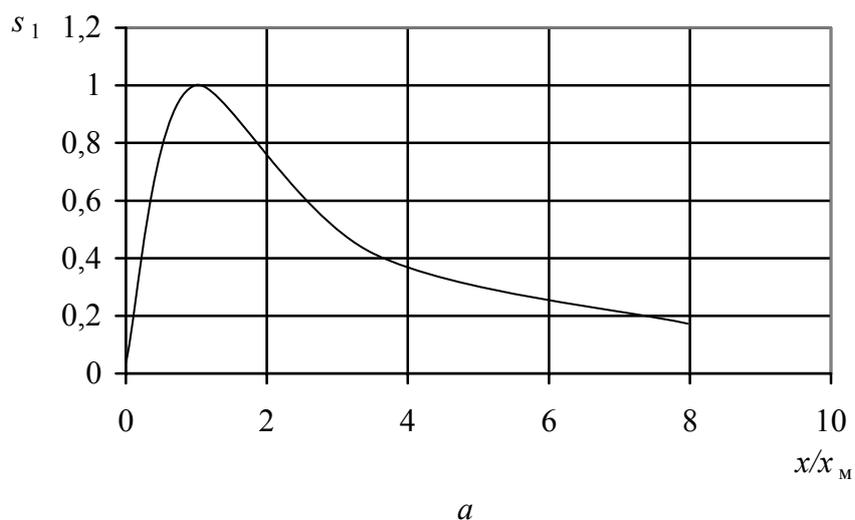
$$x_{ми} = px_M, \quad (3.24)$$

где p – безразмерная величина, определяемая в зависимости от отношения u/u_M по рис. 3.3.

При опасной скорости ветра u_M приземная концентрация вредных веществ C , мг/м³, в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях x , м, от источника выброса определяется по формуле

$$C = s_1 C_M, \quad (3.25)$$

где s_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения x/x_M по рис. 3.4 (легкая примесь – при $F \leq 1,5$).



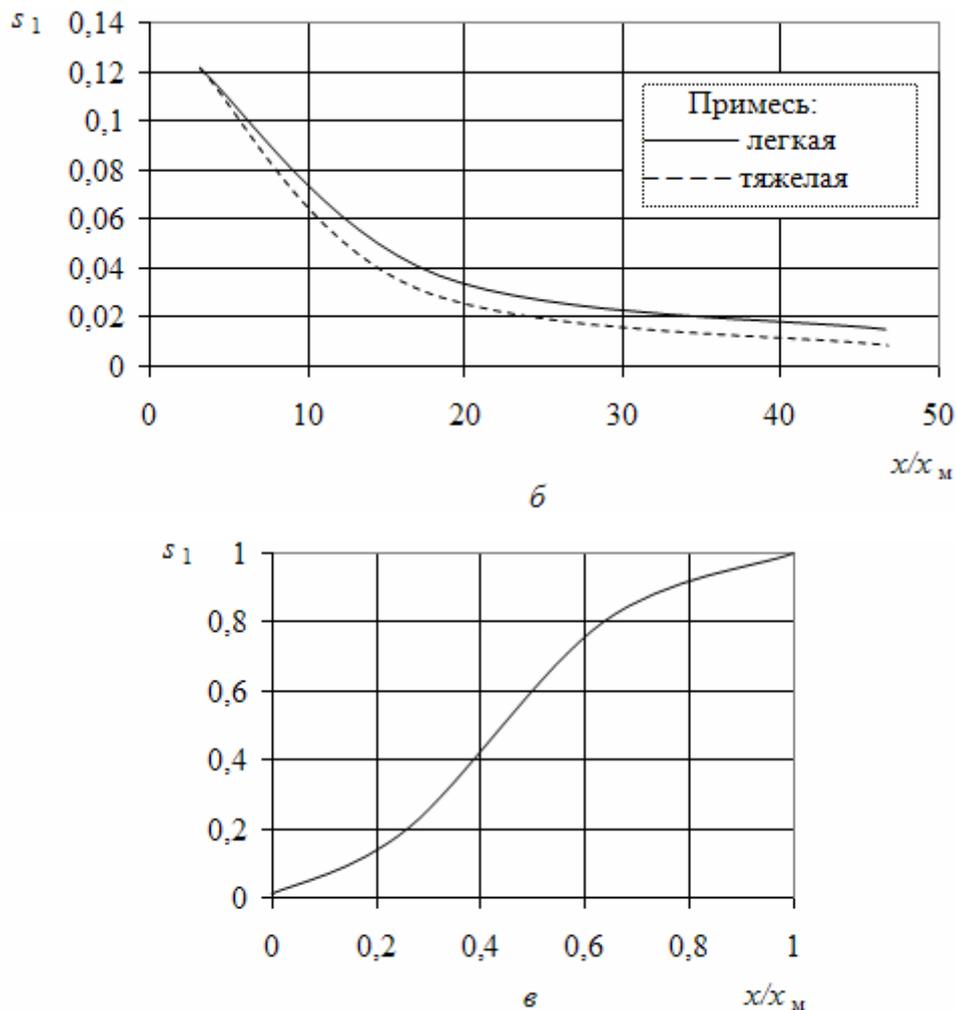


Рис. 3.4. Коэффициент s_1 в зависимости от значения отношения x/x_v

Аналогично определяется значение концентрации вредных веществ на различных расстояниях по оси факела при других значениях скоростей ветра и в неблагоприятных метеорологических условиях. По формулам (3.23)–(3.24) определяются значения величин C_{mi} и x_{mi} . В зависимости от отношения x/x_{mi} определяется значение s_1 по рис. 3.4. Искомое значение концентрации вредного вещества определяется путем умножения C_{mi} на s_1 .

Для обоснования НДВ расчетным путем устанавливается такое значение M , г/с, при котором соблюдается условие формулы (3.1) на расстоянии, ограниченном санитарно-защитной зоной и расположением ближайших жилых домов, природоохранных объектов и др.

Величина НДВ устанавливается для конкретного источника и вещества. На основании величины НДВ может быть определена необходимая степень очистки отходящих от источника выделения газовойдушных потоков по i -му веществу перед выбросом в атмосферу:

$$\eta_o = (M_i - \text{НДВ}_i) / M_i, \quad (3.26)$$

где M_i – максимальное выделение загрязняющего вещества из источника, г/с.

Если для источника выделения по загрязняющим веществам установлены предельные значения концентрации выброса, как например для котельных установок, работающих на газообразном, жидком и твердом топливе (СТБ 1626.1-2006), или котельных установок, работающих на биомассе (СТБ 1626.2-2006), то степень очистки может быть определена по формуле

$$\eta_o = (C_i - C_{\text{пк}i}) / C_i, \quad (3.27)$$

где C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества в газовоздушном потоке, отходящем от источника выделения, мг/м³; $C_{\text{пк}i}$ – предельное значение концентрации выброса i -го загрязняющего вещества (норма выброса) по ТНПА.

Концентрации загрязняющего вещества должны быть приведены к нормальным условиям (температура 0°C, давление 101,3 кПа, для котельных дополнительно содержание кислорода 6% и влажность 0%).

Задача 3.1а. Определить, соблюдается ли условие, на основании которого для точечного одиночного источника выброса устанавливается НДВ, если граница санитарно защитной зоны находится на расстоянии 100 м от источника. Характеристики источника выброса приведены в табл. 3.1. Значения коэффициента A , характеризующего климатические и метеорологические условия, принять равным 160; коэффициента η , зависящего от рельефа местности, – 1,0; фоновой концентрации загрязняющего вещества – 0,4 ПДК_{мр}.

Таблица 3.1

Варианты задачи 3.1а

Характеристика	Вариант исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Твердые частицы	SO ₂	NO ₂	Пыль древесная	СО	Формальдегид	Пыль поливинилхлорида	Фенол	NH ₃	Пыль полистирола
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Массовый выброс, г/с	5	15	8	0,03	25	0,082	0,02	0,01	0,05	0,2
ПДК _{мр} , ОБУВ, мг/м ³	0,3	0,5	0,25	0,4	5	0,03	0,1	0,01	0,2	0,35
Степень очистки, %	85	–	–	95	–	–	89	–	–	90
Высота источника, м	40	40	35	9	60	18	12	15	10	22
Диаметр устья источника, м	1,1	1,1	1	0,35	1,4	0,3	0,25	0,3	0,4	0,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Скорость выхода газовой смеси, м/с	6	6	8,4	8,8	5,2	6,2	12	4,8	3,9	5,1
Температура окружающего воздуха, °С	20	20	12	21	22	23	24	23	22	23
Температура газовой смеси, °С	60	60	52	22	80	32	25	42	25	24

При использовании для решения задачи компьютерной программы расчета рассеивания руководствоваться указаниями для пользователя программы.

Задача 3.1б. Разработчиком проекта НДВ для промышленного объекта на экспертизу представлены результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ, согласно которым на границе санитарно-защитной зоны прогнозируются максимальные приземные концентрации $C_{и}$ (без учета фона). Фоновые концентрации, которые приняты при обосновании НДВ для объекта, составляют $C_{ф}$. Приземные и фоновые концентрации по загрязняющим веществам приведены в табл. 3.2. Определить, правильно ли установлены нормативы для указанных веществ.

Таблица 3.2

Варианты задачи 3.1б

Вещество	$C_{ф,3}$ мг/м ³	$C_{и}$, мг/м ³									
		Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Азота диоксид	0,04	0,12	0,18	0,21	0,2	0,16	0,2	0,12	0,22	0,14	0,28
Аммиак	0,02	0,08	0,1	0,17	0,17	0,09	0,19	0,04	0,18	0,09	0,15
Сероводород	0,002	0,002	0,003	0,006	0,085	0,006	0,003	0,004	0,005	0,004	0,095
Серы диоксид	0,005	0,25	0,2	0,4	0,35	0,45	0,75	0,45	0,4	0,3	0,25
Углерода оксид	1,5	3,1	2,5	3,5	2,4	3,3	1,8	3,1	3,5	3,4	4,5
Фенол	0,001	0,005	0,007	0,008	0,025	0,006	0,004	0,009	0,025	0,008	0,009
Формальдегид	0,004	0,02	0,03	0,03	0,008	0,025	0,015	0,025	0,045	0,03	0,055

При проверке необходимо учесть группы веществ, обладающих эффектом суммирования вредного воздействия.

3.2. Нормирование сбросов загрязняющих веществ

Нормирование сбросов загрязняющих веществ с отводимыми сточными водами производится в зависимости от того, куда отводятся сточные воды – непосредственно в водный объект или коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию населенного пункта.

Для объектов, проектирующих самостоятельные выпуски сточных вод в водные объекты, устанавливаются НДС. В городах это чаще всего городские очистные сооружения, которые являются подразделениями местных «Водоканалов» или управлений жилищно-коммунального хозяйства (водопроводно-канализационное хозяйство – ВКХ). Предприятий, которые отводят очищенные воды непосредственно в водный объект, в республике мало. Как правило, деревообрабатывающие и машиностроительные предприятия сбрасывают сточные воды в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию населенного пункта.

3.2.1. Расчет нормативов допустимого сброса и допустимой концентрации загрязняющих веществ в отводимых водах

НДС – это масса загрязняющего вещества в сточных водах, максимально допустимая к сбросу в установленном режиме в единицу времени с целью обеспечения нормативов качества воды в контрольном створе. НДС устанавливаются с учетом ПДК в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

При сбросе загрязняющих веществ в составе отводимых вод в хозяйственно-питьевые и культурно-бытовые водотоки нормативы качества водотоков должны обеспечиваться в контрольном створе, расположенном на расстоянии одного километра выше ближайшего по течению водозабора для питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения, мест купания, организованного отдыха или территории населенного пункта.

При сбросе загрязняющих веществ в рыбохозяйственные водотоки нормативы качества воды водотоков должны обеспечиваться на протяжении всего водного объекта или его участка от контрольного створа, расположенного на расстоянии не далее 500 м ниже выпуска отводимых вод.

Исходными данными для расчета НДС и временных нормативов допустимых сбросов являются характеристики:

– водного объекта в районе выпуска отводимых вод; отводимых вод (расход, объем, показатели качества и концентрации загрязняющих веществ в отводимых водах, режим водоотведения);

– действующих очистных сооружений (состав сооружений по проекту и фактически действующих, их техническое состояние, степень очистки и др.).

Величина НДС i -го загрязняющего вещества в составе отводимых вод в водный объект (за исключением поверхностного стока) определяется по формуле

$$ДС_i = C_{дci}q, \quad (3.28)$$

где $ДС_i$ – НДС i -го вещества, кг/ч, т/сут, т/год; q – максимальный часовой, средний суточный расход сточных вод, годовой объем отводимых вод, м³/ч, м³/сут, м³/год; $C_{дci}$ – допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в сбрасываемых сточных водах, мг/дм³.

НДС i -го загрязняющего вещества в составе поверхностного стока, отводимого в водный объект, определяется по формуле

$$ДС_{пi} = C_{дci}^Д W_д + C_{дci}^Т W_т, \quad (3.29)$$

где $ДС_{пi}$ – НДС i -го вещества в составе отводимых вод, т/год; $W_д$ и $W_т$ – объем отводимых вод за теплый и холодный период года соответственно, м³; $C_{дci}^Т$ и $C_{дci}^Д$ – допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в отводимых водах в теплый и холодный периоды года соответственно, мг/дм³.

Допустимая концентрация для веществ, не поддающихся биодegradации (консервативных) рассчитывается по формуле

$$C_{дci} = n (0,8C_{пдki} - C_{фи}) + C_{фи}, \quad (3.30)$$

где n – кратность разбавления отводимых вод в водотоке, служащем приемником отводимых сточных вод; $C_{пдki}$ – норматив ПДК i -го вещества в воде водотока, мг/дм³; $C_{фи}$ – фоновая концентрация i -го вещества в воде водотока выше выпуска отводимых вод, мг/дм³.

Для неконсервативных веществ при определении допустимой концентрации учитывается скорость биодegradации и время перемещения отводимых вод к контрольному створу.

Допустимая концентрация загрязняющих веществ, которые нормируются по допустимому приращению к фоновой концентрации, рассчитывается по формуле

$$C_{дci} = C_{ф} + C_{доп} (1 + k_{см} Q / q), \quad (3.31)$$

где $C_{дci}$ – допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества, которое нормируется по допустимому приращению к фоновой концентрации, мг/дм³; $C_{доп}$ – допустимое увеличение содержания i -го загрязняющего вещества в воде водотока после сброса i -го загрязняющего вещества в составе отводимых вод, мг/дм³; Q – расход воды в водотоке, м³/с; q – расход отводимых вод, м³/с; $k_{см}$ – коэффициент смешения отводимых вод с водой водотока.

В случае присутствия в воде культурно-бытового и хозяйственно-питьевого водного объекта двух и более веществ I и II классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия (одним лимитирующим признаком вредности), сумма отношений концентраций каждого из них в контрольном створе $C_{кci}$ к соответствующим ПДК не должна превышать единицу:

$$C_{кc1} / \text{ПДК}_1 + C_{кc2} / \text{ПДК}_2 + \dots + C_{кci} / \text{ПДК}_i \leq 1. \quad (3.32)$$

Кратность разбавления отводимых вод в воде водотока для соотношения расходов воды в водотоке и отводимых сточных вод $Q/q = 10\text{--}400$ определяется по формуле

$$n = (q + k_{см}Q)/q. \quad (3.33)$$

Коэффициент смешения показывает, какая часть речного расхода водотока смешивается с отводимыми водами и зависит от гидравлических условий в водотоке, расстояния от выпуска отводимых вод до контрольного створа, расходов отводимых вод и водотока. При этом в случае если величина отношения расхода водотока к расходу отводимых вод более 400, кратность разбавления принимается равной 0,5; а в случае если величина отношения расхода водотока к расходу отводимых вод менее 10, допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества принимается равной нормативу ПДК загрязняющего вещества в воде водотока с коэффициентом 0,8.

3.2.2. Допустимые концентрации в сточных водах при сбросе в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию

При отведении сточных вод в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию организация ВКХ устанавливает (согласует) место(-а) присоединения к коммунальной хозяйственно-фекальной канализации; нормативы водоотведения (разрешаемый объем, состав и режим сброса сточных вод); требования к устройствам для отбора проб и учета объемов сточных вод; требования по сокращению сброса сточных вод и загрязняющих веществ.

Ниже для примера приведены допустимые концентрации в сточных водах при сбросе в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию г. Минска для предприятий химической и деревообрабатывающей промышленности (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Допустимые концентрации в сточных водах при сбросе в канализацию

Наименование загрязняющего вещества		Единица измерения	Допустимая концентрация
Водородный показатель		единицы рН	в пределах 6,0–9,0
ХПК		мг/дм ³	500,0
Взвешенные вещества			300,0
Азот аммонийный			10,0
Фосфаты			5,0
Хлориды			350,0
Сульфаты			500,0
Сухой остаток			1000,0
СПАВ			4,0
Хром	(+6)		0,1
	(+3)		0,4
Медь			1,0
Фенолы			0,002
Цинк			2,0
Никель			1,0
Свинец			0,5
Кадмий			0,5
Кобальт			0,1
Нефтепродукты			0,9
Железо		2,0	

Требования к составу сточных вод, поступающих в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию, разрабатываются ВКХ исходя из условий приема сточных вод в городские канализационные сети и утверждаются местными исполнительными и распорядительными органами (городскими исполнительными комитетами). Эти требования к пользователям канализационных сетей могут быть дифференцированными с учетом их вклада в общее поступление загрязняющих веществ на городские очистные сооружения и возможности соблюдения установленных для городских очистных сооружений НДС.

3.3. Нормативы образования отходов, определение количества отходов, подлежащих хранению и захоронению

Нормативы образования отходов производства могут устанавливаться ведомственными НПА, которые согласованы с Минприроды РБ. Показатели образования отходов производства некоторых технологических процессов приведены в приложениях к Постановлению Минприроды «О некоторых вопросах разработки нормативов образования отходов производства, порядка их согласования утверждения» от 22 ноября 2007 г. № 89. Если в указанных документах нормативы образования отходов, которые возникают в процессе производства, отсутствуют, то они должны быть разработаны предприятием самостоятельно и согласованы с Минприроды. Нормативы образования отдельных отходов приведены в приложении К.

Нормативы образования отходов производства разрабатываются на основе сведений, полученных при инвентаризации отходов производства, а также технологических регламентов, удельных норм расходов сырья и материалов, материально-сырьевого баланса и иной нормативно-технической и технологической документации, регламентирующей производство продукции, тепловой и (или) электрической энергии, выполнение работ или оказание услуг. Нормативы образования отходов производства применяются для определения количественных показателей образования отходов производства в целях учета отходов производства; для расчета количества отходов, подлежащих хранению и (или) захоронению при получении разрешений на хранение и (или) на захоронение отходов производства, при установлении лимитов хранения и захоронения отходов производства.

Из перечня отходов, которые образуются на предприятии, не используемые на месте образования должны передаваться для переработки и(или) обезвреживания предприятиям и(или) организациям, которые имеют лицензию на данный вид деятельности. Отходы, для которых отсутствуют апробированные и реализованные на практике технологии переработки и обезвреживания, подлежат захоронению на объектах захоронения отходов (полигонах) и (или) хранению на объектах хранения отходов (в том числе на площадке предприятия). Для таких отходов в первую очередь разрабатываются нормативы образования отходов производства. Перечень предприятий и организаций, которые занимаются использованием и обезвреживанием отходов, ведется РУП «БелНИЦ ЭКОЛОГИЯ».

Задача 3.2а. На предприятии производят изделия из стеклопластика в количестве 500 т/год и прессованные изделия из фенолоформальдегидных пресс-порошков в количестве 20 т/год. По результатам инвентаризации установлено, что за истекший год образовалось 23,4 т отходов стеклопластика и 1,5 т пресс-отходов. Соблюдаются ли на предприятии утвержденные для данных производственных процессов нормативы образования отходов?

Задача 3.2б. На деревообрабатывающем предприятии в производстве древесностружечных плит и мебели используется карбамидоформальдегидные смолы в количестве 12 500 т/год. По результатам инвентаризации установлено, что за истекший год образовалось 20,3 т отвердевших карбамидоформальдегидных клеев. Соблюдаются ли на предприятии утвержденные для данных производственных процессов нормативы образования отходов?

3.4. Разрешения, лимиты допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод, хранения и захоронения отходов

Разработанные на основании требований НПА и ТНПА проекты нормативов допустимого воздействия на окружающую среду (НДВ, нормативы допустимых сбросов, нормативы образования отходов) являются основанием для получения природопользователем (предприятием) разрешения на выброс загрязняющих веществ, разрешения на специальное водопользование, разрешения на хранение и (или) на захоронение отходов производства. Такие разрешения в установленном порядке выдают подразделения Минприроды. Выдавая разрешение, подразделения Минприроды подтверждают соответствие представленных проектов нормативов допустимого воздействия установленным требованиям. Разрешения выдаются на пять лет. Выброс загрязняющих веществ в атмосферу, сброс сточных вод в водные объекты, хранение и захоронение отходов не допускается.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду используются в качестве экологического обоснования для установления лимитов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, допустимых сбросов сточных вод, лимитов хранения и захоронения отходов.

Лимиты допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, допустимых сбросов сточных вод по областям и г. Минску устанавливает Совет Министров. Лимиты по районам и городам (за

исключением г. Минска) устанавливаются облисполкомы. Лимиты допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, допустимых сбросов сточных вод, лимиты хранения и захоронения отходов для предприятий устанавливаются местными исполнительными и распорядительными органами, Минский горисполком. Все перечисленные лимиты в обязательном порядке подлежат согласованию в подразделениях Минприроды. Лимиты устанавливаются на год и являются основанием для определения размеров платежей за использование природных ресурсов.

Отнесение платежей осуществляется для организаций – в себестоимость продукции, товаров (работ, услуг) и в затраты по производству и реализации продукции, товаров (работ, услуг).

Для индивидуальных предпринимателей – в расходы при исчислении подоходного налога с физических лиц с доходов от предпринимательской деятельности.

Если установленные лимиты превышены, то платежи сверх установленных лимитов производятся за счет средств, остающихся в распоряжении плательщиков.

Платежи сверх установленных лимитов или без установленных лимитов, если их установление предусматривается законодательством, производятся в 10-тикратном размере ставки налога за использование (изъятие, добычу) природных ресурсов и в 15-тикратном размере ставки налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросы сточных вод, хранение и захоронение отходов производства.

Расчет экологического налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод в водные объекты, хранение и захоронение отходов производится по формуле

$$H = (CV_{л} + 15CV_{сл})K, \quad (3.34)$$

где H – налог на выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод в водные объекты, хранение и захоронение отходов, руб.; C – ставки налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод в водные объекты, хранение и захоронение отходов, руб. за 1 т (m^3); $V_{л}$ – фактически выброшено загрязняющих веществ в атмосферу, сброшено сточных вод в водные объекты, размещено для хранения и захоронения отходов в пределах лимита, 1 т (m^3); $V_{сл}$ – фактически выброшено загрязняющих веществ в атмосферу, сброшено сточных вод в водные объекты, размещено для хранения и захоронения отходов сверх

лимита, 1 т (м³); K – коэффициент к ставке налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод в водные объекты, хранение и захоронение отходов (если устанавливается на текущий год).

Ставки налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (руб. за 1 т) по веществам I класса опасности составляют 34 663 800, II класса опасности – 1 037 700, III класса опасности – 343 050, IV класса опасности – 170 460. Ставки налога за размещение отходов производства (руб. за 1 т) составляют для неопасных отходов – 6 390, для опасных I класса опасности – 1 619 900, II класса опасности – 485 970, III класса опасности – 162 460, IV класса опасности – 81 000.

В качестве мер экономического стимулирования природопользования в ряде случаев применяются льготы по экологическому налогу: нулевые ставки налога, сниженные ставки налога, использование коэффициентов к ставкам налога (понижающих, повышающих), уменьшение причитающихся к уплате сумм налога. В частности за выбросы загрязняющих веществ, образующихся при сжигании биогаза и биотоплива (торф, топливные брикеты, древесное топливо и др.) при получении тепловой и (или) электрической энергии применяется коэффициент 0,5.

Нормативы платы за превышение допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах при сбросе в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию, как правило, устанавливаются в зависимости от уровня превышения допустимой концентрации.

При превышении допустимых концентраций по нескольким загрязняющим веществам нормативы платы суммируются. В табл. 3.4 приведены в качестве примера нормативы платы за превышение допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах при сбросе в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию, установленные в г. Минске.

Шестикратный тариф при определении платы за сброс сточных вод устанавливается при сбросе сточных вод, содержащих кислоты, горючие примеси, токсичные и растворимые газообразные вещества, способные образовывать в канализационных сетях токсичные газы и взрывоопасные смеси, нерастворимые масла, смолы, мазут, жиры, строительный мусор, концентрированные маточные и кубовые растворы. Такой же тариф устанавливается в случае залповых сбросов производственных сточных вод.

Таблица 3.4

**Нормативы платы за превышение
допустимых концентраций загрязняющих веществ**

Уровень превышения допустимой концентрации, %	Отклонение фактического значения величины рН от установленной единицы рН	Норматив платы за 1 м ³ сбрасываемых сточных вод, кратность тарифа
До 50	±0,5	двукратный
От 51 до 100	±1,0	трехкратный
От 101 до 150	±1,5	четырёхкратный
От 151 до 200	±2,0	пятикратный
Свыше 200	Свыше ±2,0	шестикратный

Повышенный норматив платы действителен до повторного отбора проб сточных вод, но не более шести месяцев со дня отбора.

Задача 3.3. Предприятию согласован и утвержден лимит допустимого выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух на 100 т/год. Из них формальдегида – 2 т/год, твердых частиц (суммарно) – 48 т/год, диоксида азота – 6 т/год, пыли древесной – 8 т/год, оксида углерода – 36 т/год. Фактически выброшено формальдегида – 2,2 т/год, твердых частиц (суммарно) – 48 т/год, диоксида азота – 6 т/год, пыли древесной – 8,8 т/год, оксида углерода – 36 т/год. Предприятие использует в качестве топлива природный газ. Рассчитать экологический налог за выброс загрязняющих веществ в атмосферу. Определить, как изменится размер экологического налога, если предприятие перейдет на использование древесного топлива. Выбросы твердых частиц (суммарно) при этом увеличатся на 40%, диоксида азота – на 10%, а оксида углерода – на 15%.

Задача 3.4. При анализе проб сточных вод предприятия, отобранных на выпуске в коммунальную канализацию города 2.04.2009 г. получены результаты, приведенные в табл. 3.5. Повторный отбор проб произведен 5.05.2009 г. Определить размер платежей за сброс сточных вод в канализацию, если норматив платы за сброс 1 м³ сточных вод 400 руб./м³. В месяц предприятие сбрасывает 6500 м³ сточных вод.

Таблица 3.5

Результаты анализа сточных вод

Наименование загрязняющего вещества	Единица измерения	Значение концентрации
1	2	3
Водородный показатель	единицы рН	5,5
ХПК	мг/дм ³	400
Взвешенные вещества		310

Окончание табл. 3.5

1	2	3
Азот аммонийный	мг/дм ³	10
Хлориды		250
Сульфаты		400
Сухой остаток		980
СПАВ		4,0
Нефтепродукты		0,6
Железо		1,5

Проанализировав условие задачи, предложите мероприятия по достижению установленных допустимых концентраций загрязняющих веществ в сбрасываемых предприятием сточных водах.

4. РАСЧЕТ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ

4.1. Расчет циклонов

Основными параметрами, влияющими на степень очистки от пыли являются скорость движения газа в циклоне, диаметр пылевых частиц, коэффициент гидравлического сопротивления. В табл. 4.1 приведены основные параметры, влияющие на степень очистки в циклонах различных типов.

Таблица 4.1

Параметры, определяющие эффективность циклонов

Параметры	Тип циклона					
	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СКЦН-34	ОЭКДМ	Гипродревпром (тип «Ц»)
$\omega_{оп}, м/с$	4,5	3,5	3,5	1,7	1,1	3,3
$d_{50}^T, мкм$	8,50	4,50	3,65	1,95	3,10	4,12
$lg\sigma_{\eta}^T$	0,308	0,352	0,352	0,308	0,250	0,340
ξ	80	163	250	1150	1300	210

Примечание: $\omega_{оп}$ – оптимальная скорость движения газа в циклоне, м/с; d_{50}^T – диаметр частиц улавливаемых с эффективностью 50%, мкм; σ_{η}^T – стандартное отклонение функции распределения фракционных степеней очистки; ξ – коэффициент гидравлического сопротивления, отнесенный к условной скорости газа в цилиндрической части циклона.

Расчет циклонов ведут методом последовательных приближений. Тип циклона выбирают с учетом того, чтобы частицы улавливаемой пыли эффективно задерживались в циклоне. Ориентировочно должно выполняться условие

$$d_m > 2d_{50}^T, \quad (4.1)$$

где d_m – медианный диаметр частиц (такой размер, при котором количество (масса) частиц крупнее d_m , равно количеству (массе) частиц мельче d_m), мкм.

Диаметр циклона вычисляется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\omega_{оп}}}, \quad (4.2)$$

где Q – объемный расход очищаемого газа, м³/с.

Полученное значение диаметра D округляется до ближайшего типового значения внутреннего диаметра циклона $D_{ц}$ (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Типовые значения внутреннего диаметра циклона

Тип циклона	Диаметр циклона $D_{ц}$, мм												
	375	450	550	600	675	800	950	1050	1150	1235	1320	140	
Ц													
ОЭКДМ	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	3000			
ЦН-11	400	500	630	800									
ЦН-15	300	400	450	500	600	700	750	800	900	1000	1200	1400	
ЦН-24	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2400
СК-ЦН-34	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2400

По выбранному диаметру циклона находится действительная скорость движения газа в циклоне, м/с:

$$\omega_p = \frac{4Q}{\pi D_{ц}^2}. \quad (4.3)$$

Действительная скорость в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более чем на 15%:

$$100 \left(\frac{\omega_p - \omega_{оп}}{\omega_{оп}} \right) \leq 15\%, \quad (4.4)$$

При отклонении более чем 15% выбирают другой тип или размер циклона.

Рассчитывают диаметр отсекаания d_{50} (диаметр частиц улавливаемых с эффективностью 50% при рабочих условиях) по формуле:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D_{ц} \rho_{чг} \mu \omega_T}{D_T \rho_{ч} \mu_T \omega_p}}, \quad (4.5)$$

где $\rho_{ч}$ – плотность частиц, кг/м³; μ – вязкость очищаемого газа, Па · с; стандартное значение d_{50}^T соответствует следующим параметрам работы циклона: $D_T = 0,6$ м; $\rho_{чг} = 1930$ кг/м³; $\mu_T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па · с; $\omega_T = 3,5$ м/с для циклонов ЦН НИИОГаз и $\omega_T = \omega_{оп}$ для циклонов ОЭКДМ и «Ц».

Полученное значение d_{50} должно быть меньше d_m (заданного). Если это не выполняется, то необходимо выбрать другой циклон с меньшим значением d_{50}^T .

Расчет параметра X ведут по формуле

$$X = \frac{\lg(d_m/d_{50})}{\sqrt{\lg^2 \sigma_\eta^T + \lg^2 \sigma_\sigma}}, \quad (4.6)$$

где σ_σ – стандартное отклонение функции распределения дисперсного состава пыли.

По величине параметра X определяют значение нормальной функции распределения $\Phi(X)$. $\Phi(X)$ – это полный коэффициент очистки газа η , выраженный в долях (приложение Л).

Полученное значение сопоставляют с требуемым. Если η окажется меньше требуемого, то необходимо выбрать другой тип циклона с меньшим значением $\omega_{оп}$ и d_{50}^f .

Расчет гидравлического сопротивления циклона ΔP , Па, производят по формуле

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \omega_p^2}{2}, \quad (4.7)$$

где ρ – плотность газа, кг/м³; ω_p – действительная скорость газа в циклоне, м/с; ξ – коэффициент гидравлического сопротивления циклона (табл. 4.1).

Расчет мощности привода вентилятора. Величина гидравлического сопротивления и объемный расход Q очищаемого газа определяют мощность N привода устройства для подачи газа к циклону:

$$N = \frac{K_3 \Delta P Q}{\eta_m \eta_v}, \quad (4.8)$$

где K_3 – коэффициент запаса мощности ($K_3 = 1,2$); η_m – КПД передачи мощности от электродвигателя к вентилятору (0,8); η_v – КПД вентилятора ($\eta_v = 0,6-0,8$).

Определение концентрации пыли на выходе из циклона $C_{вых}$, г/м³:

$$C_{вых} = C_{вх} (1 - \eta), \quad (4.9)$$

где $C_{вх}$ – концентрация пыли на входе в циклон, г/м³; η – коэффициент очистки газа, доли ед.

Задача 4.1. Найти степень очистки пылевых выбросов для циклона. Объемный расход очищаемого воздуха – V , м³/ч; плотность частиц ρ_σ , кг/м³; медианный диаметр частиц пыли d_m , мкм (табл. 4.3). Рассчитать потребляемую мощность на валу электродвигателя вентилятора, если общее гидравлическое сопротивление сети в 1,5 раза больше циклона; КПД вентилятора – 0,7; КПД передачи мощности от электродвигателя к вентилятору – 0,9.

Варианты задачи 4.1

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Тип циклона									
	ЦН-15	СК-ЦН-34	ОЭКД М	ЦН-11	Ц	ЦН-15	СК-ЦН-34	ОЭКД М	ЦН-24	Ц
$V, \text{ м}^3/\text{ч}$	4 000	3 900	5 050	2 500	7 200	5 180	1 650	6 850	1 650	12 800
$\rho_{\text{ч}}, \text{ кг}/\text{м}^3$	1 380	1 200	780	1 100	600	1 020	1 100	690	1 300	580
$d_{\text{м}}, \text{ мкм}$	15	18	22	12	27	22	24	42	16	35
$\sigma_{\text{ч}}$	2,0	3,0	2,0	1,8	2,0	2,05	2,35	3,00	2,05	2,30
$C_{\text{вх}}, \text{ мг}/\text{м}^3$	250	290	2 000	90	1 150	430	350	4 000	180	1 000
$V_{\text{б}}, \text{ м}^3$	0,33	0,5	4	0,21	2,5	0,47	0,38	5	0,17	4

Определить периодичность разгрузки бункера циклона объемом $V_{\text{б}}, \text{ м}^3$, с учетом максимальной степени его заполнения, равной $2/3$. Режим работы ГОУ – односменный (7 ч/сут). Запыленность воздуха на входе в циклон – $C_{\text{вх}}, \text{ мг}/\text{м}^3$. Насыпную плотность пыли принять вдвое меньше истинной плотности частиц $\rho_{\text{ч}}$. Вязкость и плотность очищаемого воздуха соответственно $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$ и $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$. Рассчитать концентрацию пыли в очищенном воздухе (на выходе из циклона).

4.2. Расчет тканевых фильтров

Расчет фильтров сводится к определению площади фильтровальной перегородки, гидравлического сопротивления фильтровальной перегородки и аппарата в целом, частоты и продолжительности циклов регенерации фильтровальных элементов и мощности электродвигателя вентилятора. Расчет ведут, ориентируясь на конкретную конструкцию (тип) фильтра и принятую систему регенерации ткани.

Площадь фильтрации тканевого фильтра может быть рассчитана по формуле (4.10). Общая площадь фильтрации многосекционной установки с отключением секций на регенерацию рассчитывается по формуле (4.11).

$$F = (V_1 + V_2) / (60Q), \quad (4.10)$$

$$F = F_{\text{ф}} + F_{\text{р}} = (V_1 + V_2) / (60Q) + F_{\text{р}}, \quad (4.11)$$

где F – площадь фильтрации фильтра (установки), м^2 ; $F_{\text{ф}}$ – площадь фильтрации в одновременно работающих секциях, м^2 ; $F_{\text{р}}$ – площадь ткани в регенерируемой секции, м^2 ; V_1 – объемный расход очищаемых газов с учетом подсоса воздуха в фильтр, $\text{м}^3/\text{ч}$; V_2 – объемный расход

воздуха, подаваемого на регенерацию, м³/ч; Q – удельная газовая нагрузка на ткань, м³/(м² · мин).

Удельная газовая нагрузка на фильтровальную перегородку колеблется для рукавных фильтров от 0,3 до 6 м³/(м² · мин). Внутри этого диапазона выбор оптимального значения зависит от многих факторов, к которым в первую очередь относятся свойства улавливаемой пыли, способ регенерации фильтровальных элементов, концентрация пыли в газе, структура фильтровального материала, температура очищаемых газов. С достаточной для практических расчетов точностью удельную газовую нагрузку в рукавных фильтрах определяют из следующего выражения:

$$Q = Q_n C_1 C_2 C_3 C_4 C_5, \quad (4.12)$$

где Q_n – нормативная удельная газовая нагрузка, м³/(м² · мин); C_1 – коэффициент, характеризующий систему регенерации фильтрующих элементов; C_2 – коэффициент, учитывающий влияние входной концентрации пыли на удельную газовую нагрузку; C_3 – коэффициент, учитывающий влияние дисперсного состава пыли в газе; C_4 – коэффициент, учитывающий влияние температуры очищаемого газа; C_5 – коэффициент, учитывающий требования к качеству очистки газа от пыли (при концентрации пыли в очищаемом газе до 30 мг/м³ равен 1, при концентрациях пыли, не превышающих 10 мг/м³, равен 0,95).

Значения Q_n и коэффициентов C_1 – C_4 принимаются в соответствии с приложением М, табл. М.1–М.5.

Величина подсоса воздуха для всасывающих фильтров может быть принята равной 10% от количества газов, поступающих на очистку. Объемный расход воздуха, м³/ч, подаваемого на регенерацию, определяется по соотношению

$$V_2 = (KV_1 n t_p) / 3600, \quad (4.13)$$

где K – коэффициент, учитывающий увеличение расхода (скорости) продувочного воздуха, принимается в пределах 1,5–2,0; n – количество регенераций фильтра в течение часа; t_p – продолжительность одной регенерации, с.

Количество регенераций фильтра в течение одного часа определяют по выражению

$$n = 3600 / (t + t_p), \quad (4.14)$$

где t – период работы фильтра между регенерациями, с.

Периоды работы фильтра между регенерацией встряхиванием или продувкой можно рассчитать по предельной пылеемкости фильтровальной ткани, $г/м^2$, или ориентировочно определить в зависимости от входной запыленности. Для входной запыленности $C_{вх}$ 5, 10, 20 $г/м^3$ период между регенерацией t составит соответственно 10–12, 8–9, 4–7 мин.

Продолжительность одной регенерации зависит от способа регенерации и может составлять от 2 до 15 с. При использовании аэродинамического встряхивания, обратной струйной продувки и некоторых других способов регенерации отключение фильтра (секции) на регенерацию не производится.

При расчете общей площади фильтрации F предварительно по формуле (4.10) определяют F_{ϕ} . Из принятого типоразмера фильтров выбирают имеющий общую поверхность фильтрования не менее F_{ϕ} . По его техническим характеристикам определяют число секций N_c и площадь одной секции F_c . Используя выбранные параметры, рассчитывают площадь ткани в регенерируемых секциях по формуле

$$F_p = (N_c F_c t_p n) / 3600, \quad (4.15)$$

Задача 4.2. Найти площадь фильтрования и произвести выбор рукавного фильтра для очистки выбросов от пыли. Концентрация пыли на входе в аппарат $C_{вх}$, на выходе из аппарата $C_{вых}$. Объемный расход загрязненного газа на входе в аппарат V . Медианный диаметр частиц пыли d_m . Температура очищаемого газа T_r . Исходные данные приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Варианты задачи 4.2

Характеристика	Варианты исходных данных									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V, м^3/мин$	120	160	200	220	280	320	360	400	450	600
$C_{вх}, г/м^3$	2	5	20	20	15	10	8	11	14	13
$C_{вых}, мг/м^3$	5	11	15	18	20	22	24	26	28	30
$d_m, мкм$	22	100	52	7	20	14	15	36	45	15
Тип пыли	мука	опилки	гипс	каолин	цемент	тальк	кокс	зола	резина	соль
$T_r, °C$	20	25	40	30	45	50	35	120	35	20
Способ регенерации ткани*	И	И	ОМ	И	И	ОМ	И	ОМ	ОМ	ОМ

* И – импульсная продувка; ОМ – обратная продувка и механическое встряхивание.

Число секций фильтра выбрать по техническим характеристикам аппарата.

4.3. Расчет мокрых пылеуловителей

Расчет мокрых пылеуловителей рассмотрим на примере аппаратов типа ПВМ. Исходными данными для расчета аппаратов ПВМ являются: информация о дисперсном составе пыли, плотность пыли, вязкость газа при рабочих параметрах, требуемая эффективность пылеулавливания, расход выбросов, подлежащих очистке. Информация о дисперсном составе пыли включает данные о фракционном составе, значение медианного диаметра частиц d_m и стандартное отклонение $\sigma_{\text{ч}}$ распределения частиц по размерам. Требуемая эффективность пылеулавливания может характеризоваться общей или фракционной степенью очистки. Для выбора аппарата ПВМ, обеспечивающего эффективную очистку от частиц пыли определенных размеров, поступают следующим образом. По приложению Н выбирают пылеуловитель, обеспечивающий требуемую производительность. Определяют удельную производительность аппарата D , тыс. м³/(м · ч) по соотношению

$$D = V/L, \quad (4.16)$$

где V – объемный расход выбросов, подлежащих очистке, тыс. м³/ч; L – длина пылеулавливающих перегородок аппарата (из технической характеристики), м.

Определяют величину δ – расстояние от верхнего уровня жидкости в аппарате до нижней кромки верхней перегородки (рис. 4.1), при котором обеспечивается требуемая эффективность очистки выбросов по частицам заданных размеров (фракционную степень очистки). По выбранному значению δ и удельной производительности определяют гидравлическое сопротивление (потери напора) ΔP аппарата с помощью рис. 4.2.

Для определения общей степени очистки выбранного аппарата рассчитывают значение d_{50} (диаметр частиц, улавливаемых с эффективностью 50%) по формуле

$$d_{50} = 188,32 K_{\text{ч}}^{-0,645}, \quad (4.17)$$

где $K_{\text{ч}}$ – энергетические затраты на осуществление очистки газов в мокром пылеуловителе, Дж/м³. Для пылеуловителя ПВМ значение $K_{\text{ч}}$ принимают численно равными гидравлическому сопротивлению аппарата, Па.

Полученное значение d_{50} корректируют с учетом реальных условий очистки, используя соотношение

$$d_{50}^* = d_{50}(18 \cdot 10^{-9} \cdot \rho_{\text{ч}}/\mu_{\text{г}}), \quad (4.18)$$

где $\rho_{\text{ч}}$ – плотность частиц пыли, кг/м³; $\mu_{\text{г}}$ – вязкость газа (воздуха) для условий работы аппарата, Па · с.

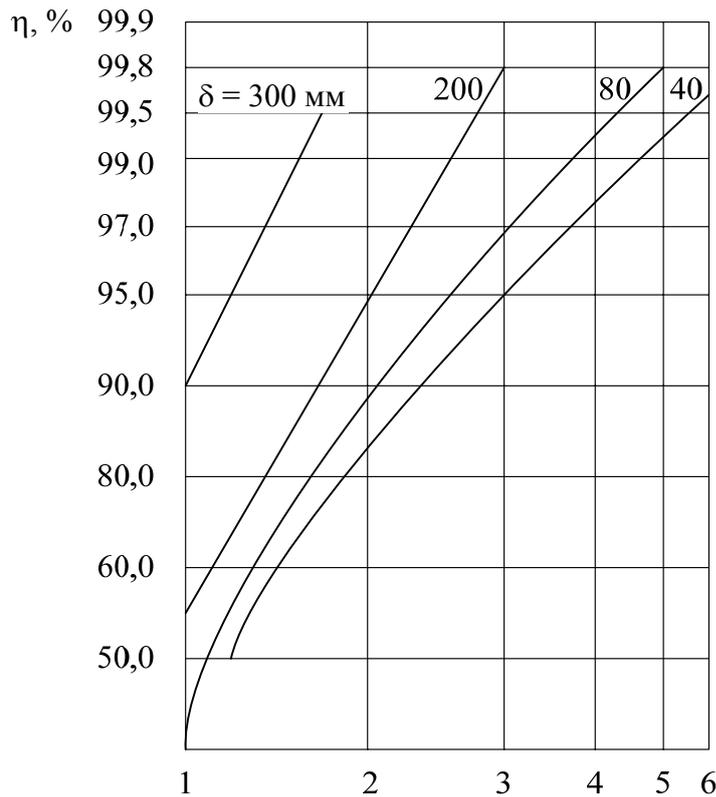


Рис. 4.1. График для определения δ пылеуловителя ПВМ

Рассчитывают выражение

$$X_0 = \lg(d_M/d_{50}^*) / (\lg^2 \sigma_{\text{ч}} + \lg^2 \sigma_{\eta})^{1/2}, \quad (4.19)$$

где $\lg \sigma_{\eta}$ – логарифм стандартного отклонения фракционной эффективности очистки, который для аппаратов рассматриваемого типа зависит от расстояние от верхнего уровня жидкости в аппарате до нижней кромки верхней перегородки (для 40, 80, 200 мм $\lg \sigma_{\eta}$ равен соответственно 0,30; 0,24; 0,17).

По найденному значению X_0 с помощью таблицы численных значений интеграла вероятности (приложение Л) определяют значение функции $\Phi(x)$, которое равно степени очистки.

Задача 4.3. Выбрать аппарат мокрой очистки ПВМ, обеспечивающий очистку выбросов от частиц пыли размером d с эффективностью η_d . Расход выбросов, подаваемых на очистку, V . Для выбранного аппарата рассчитать общую эффективность пылеулавливания, если известно, что медианный диаметр частиц равен d_M , а стандартное отклонение функции распределения частиц по размерам составляет $\sigma_{\text{ч}}$.

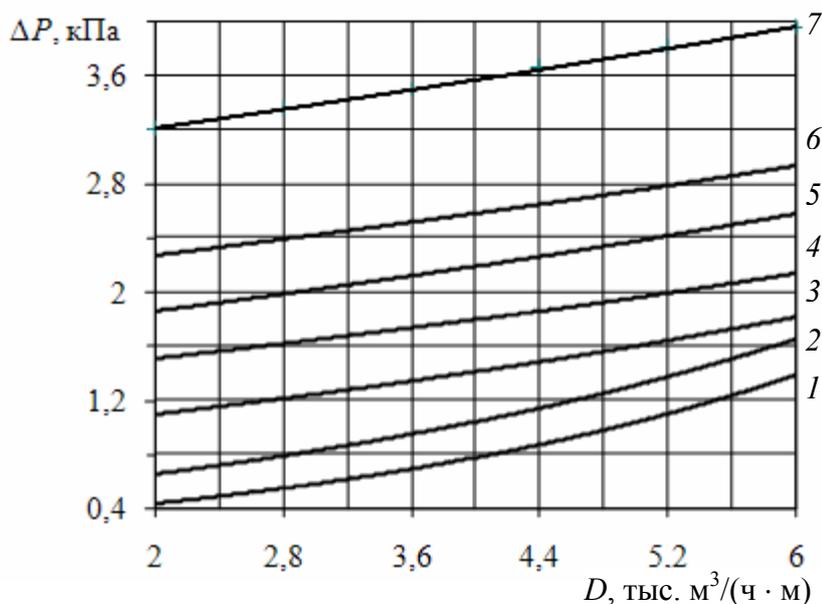


Рис. 4.2. График для определения ΔP пылеуловителя ПВМ:
 1 – $\delta = 0$ мм; 2 – $\delta = 40$ мм; 3 – $\delta = 80$ мм; 4 – $\delta = 120$ мм;
 5 – $\delta = 160$ мм; 6 – $\delta = 200$ мм; 7 – $\delta = 300$ мм

Варианты исходных данных к задаче приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Варианты задачи 4.3

Характеристика	Вариант исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V , тыс. м³/ч	3	3,9	5	4,5	8,5	8	18	15	3	35
Размер частиц d , мкм	1,5	1,8	4,2	3,2	3,5	3	2,5	2	1,7	1,2
Требуемая степень очистки по частицам размером d , η_d	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,85	0,92	0,88	0,87	0,91
d_m , мкм	3,0	3,4	3,6	3,9	4,2	4,0	5,0	4,5	2,9	3,0
$\sigma_{\text{ч}}$	2,5	2,8	4,0	3,5	3,1	2,8	3,4	2,8	1,87	2,9

Энергетические затраты на осуществление процесса очистки в мокром пылеуловителе принять численно равными гидравлическому сопротивлению аппарата, Па. Корректировку значения d_{50} на условия очистки не производить.

4.4. Расчет адсорберов

Исходными данными для технологического расчета адсорберов служат расход и состав выбросов; свойства сорбента; условия, при которых должны протекать стадии адсорбции и регенерации; максимальная допустимая концентрация загрязняющего вещества в очищенном газе.

В результате расчета определяют основные размеры адсорбера (диаметр и высота слоя сорбента), продолжительность стадий адсорбции и регенерации, число адсорберов, при котором может быть обеспечена циклично-непрерывная работа всей установки. Расчету предшествует выбор адсорбента.

Основные технические характеристики адсорбентов и адсорберов приведены в табл. 4.6, 4.7.

Таблица 4.6

Характеристики наиболее распространенных адсорбентов

Марка угля	Объем пор, см ³ /Г	Константы уравнения Дубинина				Насыпная плотность ρ _н , кг/м ³	Размер зерен d _э , мм
		W _{q1} , см ³ /Г	W _{q2} , см ³ /Г	B ₁ · 10 ⁶ , К ⁻²	B ₂ · 10 ⁶ , К ⁻²		
АГ-3	0,93	0,3	0	0,75	0	450	2
АР-3	0,70	0,19	0,18	0,74	3,42	550	3
АР-А	0,83	0,253	0,139	1,2	4,4	550	2
АР-Б	0,67	0,34	0	1	0	580	4
АР-В	0,46	0,23	0	0,7	0	600	4
СКТ-3	0,80	0,48	0	0,73	0	380	2

Диаметр вертикального адсорбера D_в, м, определяют по формуле

$$D_{в} = [4V/(\pi w)]^{1/2}, \quad (4.20)$$

где V – объемный расход очищаемого газа, м³/с; w – средняя скорость газа, рассчитанная на сечение аппарата, м/с.

Таблица 4.7

Основные характеристики и области применения адсорберов периодического действия системы ВТР

Вид адсорбера	Высота цилиндрической части, м	Высота слоя адсорбента, м	Высота слоя гравия, м	Диаметр корпуса аппарата, м	Толщина стенки корпуса, мм	Форма днища и крышки	Области применения
1	2	3	4	5	6	7	8
Вертикальный	2,2	0,5–1,2	0,1	2; 2,5; 3	8–10	коническая	рекуперационные установки произв. до 30 000 м ³ /ч

1	2	3	4	5	6	7	8
Горизонтальный	3–9	0,5–0,8	–	1,8; 2	8–10	сферическая	рекуперационные установки произв. свыше 30 000 м ³ /ч
Кольцевой	7	–	–	3	8–12	эллиптическая	То же

В первом приближении скорость газа в аппарате w , м/с, может быть рассчитана по формуле

$$w = (0,0167g\rho_{\text{нас}}d_3/\rho_r)^{1/2}, \quad (4.21)$$

где $\rho_{\text{нас}}$ – насыпная плотность адсорбента, кг/м³; d_3 – эквивалентный диаметр гранул адсорбента, м; ρ_r – плотность очищаемого газа (для воздуха при температуре 20°C $\rho_r = 1,2$ кг/м³).

Если полученное значение скорости больше указанной величины, то корректируют объемный расход газа, подаваемого на очистку. Ориентируясь на рассчитанное значение диаметра аппарата, по характеристикам типовых адсорберов принимают ближайшее рекомендуемое значение и уточняют действительную скорость газа в аппарате. Нормальные условия протекания адсорбции имеют место при $w < 0,4$ м/с.

Для горизонтального адсорбера рассчитывают площадь продольного сечения аппарата F , м², по формуле

$$F = V/w. \quad (4.22)$$

Выбрав диаметр аппарата D_r (см. табл. 4.7), определяют его длину

$$L = F/D_r. \quad (4.23)$$

По характеристике адсорберов выбирают высоту слоя адсорбента H . Равновесную концентрацию уловленного вещества в адсорбенте (поглотительную способность для условий работы аппарата) для активных углей можно определить по уравнению Дубинина

$$X = \left\{ \frac{W_{01}}{V} \exp[-B_1(T^2/\beta^2)(\lg P_s/P)^2] + \frac{W_{02}}{V} \exp[-B_2(T^2/\beta^2)(\lg P_s/P)^2] \right\} M, \quad (4.24)$$

где X – равновесная концентрация поглощаемого вещества в твердой фазе, г/г; W_{01} , B_1 , W_{02} , B_2 – константы, характеризующие адсорбент

(табл. 4.6); V – мольный объем поглощаемого компонента, см³/моль; β – коэффициент аффинности; P_s – давление насыщенного пара улавливаемого вещества, Па; P – парциальное давление паров улавливаемого вещества в газовой смеси, Па; M – молекулярная масса улавливаемого вещества.

Парциальное давление паров улавливаемого растворителя определяется из соотношения

$$P = C_n RT = 8,315 C_n (273 + t) / M, \quad (4.25)$$

где C_n – концентрация паров растворителя в очищаемых выбросах, г/м³; R – газовая постоянная, Дж/(кг · К); T – температура очищаемого газа, К; t – температура очищаемого газа, °С.

Давление насыщенного пара поглощаемого вещества для температуры очищаемого газа может быть рассчитано по формуле

$$\lg P_s = A - [B / (C + t)] + 2,12457. \quad (4.26)$$

Коэффициент аффинности рассчитывают по соотношению

$$\beta = V_2 / V_1, \quad (4.27)$$

где V_2 – мольный объем улавливаемого растворителя; V_1 – мольный объем бензола.

Мольный объем определяется по формуле

$$V = M / \rho, \quad (4.28)$$

где M – молярная масса поглощаемого вещества, г/моль; ρ – плотность поглощаемого вещества (для жидкости), г/см³.

Константы для расчета P_s , β приведены в приложении О. Так как концентрации паров растворителей в выбрасываемых газах, которые наблюдаются в выбросах большинства предприятий относительно невелики (не превышают 5 г/м³), то для расчета продолжительности адсорбции можно воспользоваться формулой

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\rho_n X H / (w C_n)} - \gamma \sqrt{X_n / (K_y C_n)}, \quad (4.29)$$

где ρ_n – насыпная плотность адсорбента, кг/м³; H – высота слоя адсорбента в аппарате, м; γ – коэффициент, учитывающий принятое содержание адсорбируемого вещества в газовом потоке, выходящем из аппарата (устанавливается разработчиком исходя из необходимости выполнения норматива НДВ), табл. 4.8; C_n – концентрация паров растворителя в очищаемых выбросах, кг/м³; K_y – коэффициент массопередачи, с⁻¹.

Таблица 4.8

Коэффициент, учитывающий содержание вещества в газовом потоке

$C_{\text{вых}}/C_{\text{вх}}$	0,005	0,01	0,03	0,05	0,1	0,2	0,3
γ	1,84	1,67	1,35	1,19	0,94	0,63	0,42

Продолжительность десорбции τ_d в рекуперационных установках при использовании в качестве десорбента острого пара может быть рассчитана по формуле

$$\tau_d = \rho_n \ln\left(\frac{X_d}{X_{\text{ост}}}\right) / (-9,85 + 12,47w_n - 0,564w_n^2), \quad (4.30)$$

где $X_{\text{ост}}$ – остаточное содержание уловленного вещества в адсорбенте (5–10% от начального); w_n – скорость потока десорбирующего агента, м/мин (для пара обычно составляет 1,8–6 м/мин).

Задача 4.4. Рассчитать адсорбер для очистки воздуха от паров органических растворителей с эффективностью η . Характеристика газоздушных выбросов, подаваемых на очистку: объемный расход V , температура t , концентрация загрязняющего вещества C_n приведены в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Варианты задачи 4.4

Характеристика	Вариант исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V, \text{ м}^3/\text{с}$	2	1,8	1,5	3	2,5	3	2,2	2,8	3	2
$C_n, \text{ г}/\text{м}^3$	6	5	4,5	4,8	6	2,5	3	3,5	5	5,5
$t, \text{ }^\circ\text{C}$	20	25	30	20	18	35	40	40	30	25
Вещество	ацетон	бензол	кси- лол	толу- ол	ацетон	метанол	эта- нол	кси- лол	стирол	толуол
Марка уг- ля	АР-А	АР-В	АР-З	АР-Б	АР-З	АГ-З	СКТ-З	АР-Б	АР-З	АР-А
η	0,90	0,92	0,95	0,80	0,85	0,75	0,80	0,83	0,90	0,98
Тип адсор- бера	верт.	гориз.	верт.	гориз.	верт.	гориз.	верт.	гориз.	верт.	гориз.

Значение коэффициента массопередачи K_y в расчетах принять равным 20 с^{-1} . Адсорбентом является активированный уголь. Определить продолжительность десорбции, если в качестве десорбирующего агента используется острый пар. Рассчитать массу угля, загружаемого в адсорбер.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [9]

Код	Наименование вещества	Класс опасности	Величина ПДК, мкг/м ³			ОБУВ, мкг/м ³
			максимальная разовая	среднесуточная	среднегодовая	
0301	Азота диоксид	2	250,0	100,0	40,0	–
0303	Аммиак	4	200,0	–	–	–
0333	Сероводород	2	8,0	–	–	–
2902	Твердые частицы суммарно	3	300,0	150,0	100,0	–
2936	Пыль древесная	3	–	–	–	400
2921	Пыль поливинилхлорида	–	–	–	–	100
2990	Пыль полистирола	–	–	–	–	350
2902	Твердые частицы суммарно	3	300,0	150,0	100,0	–
0337	Углерода оксид	4	5000,0	3000,0	500,0	–
1071	Фенол	2	10,0	7,0	3,0	–
1325	Формальдегид	2	30,0	12,0	3,0	–

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1

Удельные выделения загрязняющих веществ при изготовлении изделий из термопластов

Наименование технологических процессов и оборудования	Наименование выделяющегося загрязняющего вещества	Удельные выделения загрязняющих веществ	
		на единицу времени работы технологического оборудования, г/ч	на единицу массы перерабатываемого материала, г/кг
1	2	3	4
Изготовление полых изделий экструзией			
из полиэтилена	Уксусная кислота	–	0,258
	Углерода оксид	–	0,497
	Формальдегид	–	0,152
	Ацетальдегид	–	0,345
из поливинилхлорида	Водорода хлорид	–	0,162
	Винилхлорид	–	0,263
	Изооктиловый спирт	–	0,076
	Бутиловый спирт	–	0,091
	Эпихлоргидрин	–	0,008
	Диоктилфталат	–	0,005
	Дибутилфталат	–	0,005
Производство упаковки из пенополистирола			
Вскрытие тары	Изопентан	–	2,50
Предвспенивание		–	11,50
Выдержка в силосах		–	7,00
Формование		–	6,00
Литье термопластов в машинах с объемом впрыска до 200 см³			
из полистирола марки ПСМ 115, ПСМ 111, ПСМ 118, ПСМ 151	Стирол	7,0875	1,5
	Углерода оксид	3,3075	0,7
марки ПСС	Стирол	2,3625	0,5
	Углерода оксид	0,9450	0,2
марки ПСЭ	Стирол	14,1750	3,0
	Углерода оксид	5,6700	1,2
из сополимеров стирола марки МСН и МСН-Л	Метилметакрилат	3,7800	0,8
	Стирол	2,8350	0,6
	Углерода оксид	14,4175	0,3
	Нитрилакриловая кислота	0,9450	0,2

Продолжение табл. Б.1

1	2	3	4
из полипропилена низкого и среднего давления	Уксусная кислота	4,5360	0,96
	Углерода оксид	2,5515	0,54
	Формальдегид	0,9923	0,21
	Ацетальдегид	1,5593	0,33
из сополимеров пропилена	Уксусная кислота	6,0480	1,28
	Углерода оксид	3,4020	0,72
	Формальдегид	1,4648	0,31
	Ацетальдегид	1,9373	0,41
из полиэтилена суспензионного	Уксусная кислота	7,6073	1,61
	Углерода оксид	4,3470	0,92
	Формальдегид	1,8900	0,40
	Ацетальдегид	2,4570	0,52
из полиэтилена газофазного	Уксусная кислота	3,0240	0,64
	Углерода оксид	1,7010	0,36
	Формальдегид	0,5198	0,11
	Ацетальдегид	1,1813	0,25
из полиэтилтерефталата	Уксусная кислота	4,0635	0,86
	Углерода оксид	2,0790	0,44
	Ацетальдегид	0,8505	0,18
	Диметилтерефталат	0,0260	0,0055
	Терефталевая кислота	0,0189	0,0040
из полиметилметакрилатов	Метилметакрилат	23,6250	5,0
Литье термопластов в машинах с объемом впрыска от 210 до 450 см³			
из полистирола марки ПСМ 115, ПСМ 111, ПСМ 118, ПСМ 151	Стирол	15,9000	1,5
	Углерода оксид	7,4200	0,7
марки ПСС	Стирол	5,3000	0,5
	Углерода оксид	2,1200	0,2
марки ПСЭ	Стирол	31,8000	3,0
	Углерода оксид	12,7200	1,2
из сополимеров стирола марки МСН и МСН-Л	Метилметакрилат	8,4800	0,8
	Стирол	6,3600	0,6
	Углерода оксид	3,1800	0,3
	Нитрилакриловая кислота	2,1200	0,2
из полипропилена низкого и среднего давления	Уксусная кислота	10,1760	0,96
	Углерода оксид	5,7240	0,54
	Формальдегид	2,2260	0,21
	Ацетальдегид	3,4980	0,33
из сополимеров пропилена	Уксусная кислота	13,5680	1,28
	Углерода	7,6320	0,72

Продолжение табл. Б.1

1	2	3	4
	Формальдегид	3,2860	0,31
	Ацетальдегид	4,3460	0,41
из полиэтилена суспензионного	Уксусная кислота	17,0660	1,61
	Углерода оксид	9,7520	0,92
	Формальдегид	4,2400	0,40
	Ацетальдегид	5,5120	0,52
из полиэтилена газофазного	Уксусная кислота	6,7840	0,64
	Углерода оксид	3,8160	0,36
	Формальдегид	1,1660	0,11
	Ацетальдегид	2,6500	0,25
из полиэтилтерефталата	Уксусная кислота	9,1160	0,86
	Углерода оксид	4,6640	0,44
	Ацетальдегид	1,9080	0,18
	Диметилтерефталат	0,0583	0,0055
	Терефталевая кислота	0,0424	0,0040
из полиметилметакрилатов	Метилметакрилат	53,0000	5,0
Литье термопластов в машинах с объемом впрыска от 460 до 800 см³			
из полистирола марки ПСМ 115, ПСМ 111, ПСМ 118, ПСМ 151	Стирол	25,3500	1,5
	Углерода оксид	11,8300	0,7
марки ПСС	Стирол	8,4500	0,5
	Углерода оксид	3,3800	0,2
марки ПСЭ	Стирол	50,7000	3,0
	Углерода оксид	20,2800	1,2
из сополимеров стирола марки МСН и МСН-Л	Метилметакрилат	13,5200	0,8
	Стирол	10,1400	0,6
	Углерода оксид	5,0700	0,3
	Нитрилакриловая кислота	3,3800	0,2
из полипропилена низкого и среднего давления	Уксусная кислота	16,2240	0,96
	Углерода оксид	9,1260	0,54
	Формальдегид	3,5490	0,21
	Ацетальдегид	5,5770	0,33
из сополимеров пропилена	Уксусная кислота	21,6320	1,28
	Углерода оксид	12,1680	0,72
	Формальдегид	5,2390	0,31
	Ацетальдегид	6,9290	0,41
из полиэтилена суспензионного	Уксусная кислота	27,2090	1,61
	Углерода оксид	15,5480	0,92
	Формальдегид	6,7600	0,40
	Ацетальдегид	8,7880	0,52
из полиэтилена газофазного	Уксусная кислота	10,8160	0,64
	Углерода оксид	6,0840	0,36
	Формальдегид	1,8590	0,11
	Ацетальдегид	4,2250	0,25

Продолжение табл. Б.1

1	2	3	4
из полиэтилтерефталата	Уксусная кислота	14,5340	0,86
	Углерода оксид	7,4360	0,44
	Ацетальдегид	3,0420	0,18
	Диметилтерефталат	0,0930	0,0055
	Терефталевая кислота	0,0676	0,0040
из полиметилметакрилатов	Метилметакрилат	84,5000	5,0
Литье термопластов в машинах с объемом впрыска от 810 до 1200 см³			
из полистирола марки ПСМ 115, ПСМ 111, ПСМ 118, ПСМ 151	Стирол	44,5500	1,5
	Углерода оксид	20,7900	0,7
марки ПСС	Стирол	14,8500	0,5
	Углерода оксид	5,9400	0,2
марки ПСЭ	Стирол	89,1000	3,0
	Углерода оксид	35,6400	1,2
из сополимеров стирола марки МСН и МСН-Л	Метилметакрилат	23,7600	0,8
	Стирол	17,8200	0,6
	Углерода оксид	8,9100	0,3
	Нитрилакриловая кислота	5,9400	0,2
из полипропилена низкого и среднего давления	Уксусная кислота	28,5120	0,96
	Углерода оксид	16,0380	0,54
	Формальдегид	6,2370	0,21
	Ацетальдегид	9,8010	0,33
из сополимеров пропилена	Уксусная кислота	38,0160	1,28
	Углерода оксид	21,3840	0,72
	Формальдегид	9,2070	0,31
	Ацетальдегид	12,1770	0,41
из полиэтилена суспензионного	Уксусная кислота	47,8170	1,61
	Углерода оксид	27,3240	0,92
	Формальдегид	11,8800	0,40
	Ацетальдегид	15,4440	0,52
из полиэтилена газофазного	Уксусная кислота	19,0080	0,64
	Углерода оксид	10,6920	0,36
	Формальдегид	3,2670	0,11
	Ацетальдегид	7,4250	0,25
из полиэтилтерефталата	Уксусная кислота	25,5420	0,86
	Углерода оксид	13,068	0,44
	Ацетальдегид	5,346	0,18
	Диметилтерефталат	0,1634	0,0055
	Терефталевая кислота	0,1188	0,0040
из полиметилметакрилатов	Метилметакрилат	148,5000	5,0

Продолжение табл. Б.1

1	2	3	4
Литье термопластов в машинах с объемом впрыска более 1210 см³			
из полистирола марки ПСМ 115, ПСМ 111, ПСМ 118, ПСМ 151 марки ПСС	Стирол	60,0750	1,5
	Углерода оксид	28,0350	0,7
	Стирол	20,0250	0,5
	Углерода оксид	8,0100	0,2
марки ПСЭ	Стирол	120,1500	3,0
	Углерода оксид	48,0600	1,2
из сополимеров стирола марки МСН и МСН-Л	Метилметакрилат	32,0400	0,8
	Стирол	24,0300	0,6
	Углерода оксид	12,0150	0,3
	Нитрилакриловая кислота	8,0100	0,2
из полипропилена низкого и среднего давления	Уксусная кислота	38,4480	0,96
	Углерода оксид	21,6270	0,54
	Формальдегид	8,4105	0,21
	Ацетальдегид	13,2165	0,33
из сополимеров пропилена	Уксусная кислота	51,2640	1,28
	Углерода оксид	28,8360	0,72
	Формальдегид	12,4155	0,31
	Ацетальдегид	16,4205	0,41
из полиэтилена суспензионного	Уксусная кислота	64,4805	1,61
	Углерода оксид	36,8460	0,92
	Формальдегид	16,0200	0,40
	Ацетальдегид	20,8260	0,52
из полиэтилена газофазного	Уксусная кислота	25,6320	0,64
	Углерода оксид	14,4180	0,36
	Формальдегид	4,4055	0,11
	Ацетальдегид	10,0125	0,25
из полиэтилтерефталата	Уксусная кислота	34,4430	0,86
	Углерода оксид	17,6220	0,44
	Ацетальдегид	7,2090	0,18
	Диметилтерефталат	0,2203	0,0055
	Терефталевая кислота	0,1602	0,0040
из полиметилметакрилатов	Метилметакрилат	200,2500	5,0

Таблица Б.2

**Удельные выделения загрязняющих веществ
при изготовлении деталей из реактопластов**

Наименование технологических процессов и оборудования	Наименование выделяющегося загрязняющего вещества	Удельные выделения загрязняющих веществ на единицу	
		времени работы технологического оборудования, г/ч	массы перерабатываемого материала, г/кг
1	2	3	4
Таблетирование порошков			
Ротационными машинами МТ-3А МТР-6,5 МТР-10	Пыль пресс-порошка	21,60	0,3
Гидравлическими автоматами		13,68	0,3
Агрегатами для таблетирования волокнистых материалов		61,20	0,3
		17,64	–
		28,80	0,26
Нагрев реактопластов в установках ТВЧ			
Фенопластов на основе смол СФ090, СФ010, СФ342	Фенол	4104,0	0,22
Фенопластов на основе смол СФ337, СФ301, СФ300		5544,0	0,32
Фенопластов специального назначения на основе смол СФ342		12348,0	0,53
Аминопластов	Формальдегид	2016,0	0,20
Нагрев прессовочных материалов в термошкафах			
Таблеток	Фенол	–	0,25
Резольных порошков		–	0,36
Контактный подогрев таблеток		–	0,21
Прессование изделий из реактопластов гидравлическими прессами-полуавтоматами с усилием (закрытие заднего проема)			
1	2	3	4
250–630 кН	Фенол	756,0	1,00
850–1000 кН		1260,0	1,00
1200–2500 кН		4752,0	1,20
4000–6300 кН		15516,0	1,20
Рабочий стол разборки пресс-форм		396,0	–

Примечание. Термином «пыль пресс-порошка» обозначена пыль соответствующего типа пластмассы, из которой состоит используемый пресс-порошок.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1

Удельные показатели выделения загрязняющих веществ основным технологическим оборудованием при механической обработке пластмасс

Наименование видов обработки и технологическое оборудование	Номинальный объемный расход аспирационного воздуха, м ³ /ч	Выделение загрязняющего вещества		
		наименование	количество на единицу	
			времени работы оборудования, г/ч	массы перерабатываемого материала, г/кг
Станки токарной, сверлильной и фрезерной групп				
при обработке изделий массой до 0,1 кг	400–900	Пыль пластмассы	192,0	16,0
при обработке изделий массой от 0,1 кг до 2,0 кг	1000–1500		228,0	19,0
Станки шлифовально-полировальной группы				
при обработке изделий массой до 0,1 кг	800–1500	Пыль пластмассы	100,8	8,4
		Пыль шлифовально-полировального материала	43,2	3,6
при обработке изделий массой от 0,1 кг до 2,0 кг	1500–2400	Пыль пластмассы	117,6	9,8
		Пыль шлифовально-полировального материала	50,4	4,2

Примечания: 1. Термином «пыль пластмассы» обозначена пыль соответствующего типа пластмассы, для которого выполняется технологическая операция. 2. Термином «пыль шлифовально-полировального материала» обозначена пыль соответствующего материала, который используется для операций шлифования и полирования.

**Удельное выделение пыли основным технологическим оборудованием
при механической обработке пластмасс**

Наименование видов обработки и технологическое оборудование	Количество выделяющегося загрязняющего вещества	
	наименование	на единицу времени работы оборудования, г/ч
Обработка резанием текстолита: токарные станки фрезерные станки зубофрезерные станки	Пыль текстолита	70
	Пыль текстолита	110
	Пыль текстолита	30
Обработка резанием полиамида: токарные и расточные станки фрезерные станки сверлильные станки	Пыль полиамида	60
	Пыль полиамида	230
	Пыль полиамида	43
Обработка изделий из пресс-порошков: сверлильные станки фрезерные станки	Пыль пресс-порошка	10
	Пыль пресс-порошка	4
Резание органического стекла дисковыми пилами	Пыль полиметилметакрилата	870
Шлифование и полирование полистирола	Пыль полистирола	337
	Пыль шлифовально-полировального материала	145
	Стирол	15
Раскрой пакетов стеклоткани (толщиной до 50 мм) на ленточном станке	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 70%	20

Примечание. Под термином «пыль шлифовально-полировального материала» обозначена пыль соответствующего материала, который используется для операций шлифования и полирования.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1

Удельное выделение загрязняющих веществ основным технологическим оборудованием при переработке отходов пластмасс

Наименование видов обработки и технологическое оборудование	Номинальный объемный расход аспирационного воздуха, м ³ /ч	Выделение загрязняющего вещества		
		наименование	количество на единицу	
			времени работы оборудования, г/ч	массы перерабатываемого материала, г/кг
Переработка отходов				
ленточными и дисковыми пилами	800–1500	Пыль пластмассы	875	–
мельницами	800–500		535	–
роторными измельчителями типа ИПР: 100-I-J 150 M 300 M	800–1500		60 155 1090	1,35
прочими дробилками	800–1500		2300	–
линия гранулирования полистирола типа ЛГТВ-90-200	1000–1500		Окись углерода Хлористый винил Пыль полистирола Стирол	100 36 122 30
Сушильные камеры и термостаты для сырья, полученного при переработке отходов	800–1000			
из полистирола и его сополимеров		Стирол	–	0,19
из полиэтилена и полипропилена		Уксусная кислота	–	0,80
из полиметилметакрилатов		Метилметакрилат	–	1,55
Смесительные барабаны	2800–3500	Пыль пластмассы	60	–
Смесительные машины	3600–4000	Пыль пластмассы	915	–

Примечание. Термином «пыль пластмассы» обозначена пыль соответствующего типа пластмассы, для которого выполняется технологическая операция.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

K^{js} – поправочный коэффициент, который зависит от агрегатного состояния образующихся загрязняющих веществ и учитывает условия их осаждения. Для загрязняющих веществ с кодами 0316, 0337, 0405, 0620, 0827, 0931, 1042, 1050, 1071, 1211, 1215, 1217, 1232, 1317, 1325, 1551 и 1555 (гидрохлорид, оксид углерода, пентан, стирол (винилбензол), винилхлорид, эпихлоргидрин, бутиловый спирт, изооктиловый спирт, фенол, диметилтерефталат, дибутилфталат, диоктилфталат, метилметакрилат, ацетальдегид, формальдегид, терефталевая кислота, уксусная кислота) при любом технологическом процессе, вследствие которого они образуются, $K^{js} = 1$.

Для остальных загрязняющих веществ данный параметр имеет следующие значения:

0,9 – при любом технологическом процессе, вследствие которого они образуются, если источник выделения оснащен системой отбора и принудительной вытяжной вентиляции газовой смеси;

0,6 – для технологических процессов шлифования и полирования пластмасс, если источник выделения не оснащен системой отбора и принудительной вытяжной вентиляции газовой смеси;

0,2 – для других технологических процессов механической обработки пластмасс (фрезерование, сверление и др.), если источник выделения не оснащен системой отбора и принудительной вытяжной вентиляции газовой смеси.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е.1

Расчетные характеристики твердых топлив

Наименование топлива	Марка или вид	$W, \%$	$A, \%$	$S_{o+k}^r, \%$	$Q_i^r, \text{ МДж/кг}$	$V_{dry}^{1,4}, \text{ м}^3/\text{кг}$
Отходы древесные для топливных нужд	Кора, кородревесные остатки	40	3,5	0,1	11,56	4,66
	Щепа из малоплотной древесины		3		11,68	4,70
	Щепа из среднеплотной древесины				11,48	4,62
	Древесные отходы, обрезки		0,6	0,05	10,90	4,39
Топливо энергетическое из быстрораствущей древесины для топливных нужд		40	2,7	0	10,55	3,57
Древесина дровяная для топливных нужд	Хвойные		0,6	0,05	10,01	4,05
	Лиственные малоплотные				10,22	4,13
	Лиственные среднеплотные				10,47	4,23
	Смешанные				10,22	4,13
Древесные стружки, опилки для топливных нужд		10,32			4,17	
Костра для топливных нужд		15	2,5	0,15	14,49	5,49
Отходы сельскохозяйственного производства, в том числе солома для топливных нужд			3	0,1	14,15	5,35
Деревянные шпалы для топливных нужд		30	1,2	0,15	9,9	4,39
Брикеты лигнинные		20	15	0,3	15,14	5,85
Лигнин исправленный, площадка по ул. Ленина, г. Бобруйск		65	3,7	0,6	4,78	2,35
Лигнин исправленный, полигон Титовка, г. Бобруйск		60	3,5	0,12	5,90	2,71

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Значения η_{S1} (доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле) при сжигании различных видов топлива составляют:

лигнин.....	0,27
дрова	0,69
древесные отходы, обрезки.....	0,63
щепа, кородревесные остатки.....	0,58
опилки, стружки, костра, солома	0,55

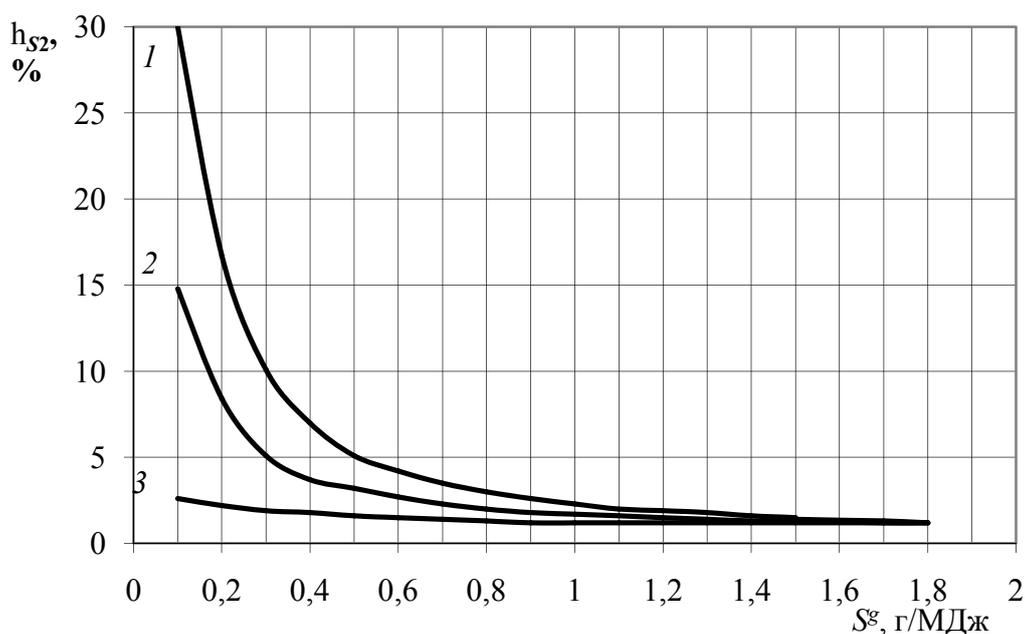


Рис. Ж.1. Степень улавливания оксидов серы в мокрых золоуловителях в зависимости от приведенной сернистости топлива и щелочности орошающей воды: 1 – 10 мг-экв/дм³; 2 – 5 мг-экв/дм³; 3 – 0 мг-экв/дм³.

Приведенная сернистость топлива рассчитывается по формуле

$$S^g = \frac{10S_{o+k}^r}{Q^r}, \quad (\text{Ж.1})$$

где S_{o+k}^r – содержание серы (органической и колчеданной) в рабочей массе топлива, %; Q^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

3.1 Пересчет твердых видов топлива из складочных или насыпных метров кубических в килограммы

Масса древесины при влажности W рассчитывается по формуле

$$m_w = V_w k \rho_w,$$

где m_w – масса древесины при влажности W , кг; V_w – объем местных видов топлива, для древесины измеряется в складочных метрах кубических (скл. м³), для отходов и опилок древесных измеряется в насыпных метрах кубических (нас. м³); k – коэффициент полнодревесности перевода складочной (насыпной) меры в плотную, определяется по табл. 3.1 и 3.2; ρ_w – плотность древесины при влажности W , кг/м³, рассчитываемая по формуле

$$\rho_w = \rho_{12} \left(\frac{100 + W}{124} \right),$$

где ρ_{12} – плотность древесины при нормальной влажности $W = 12\%$, кг/м³, определяется по табл. 3.3; W – фактическое значение влажности древесины из паспорта, сертификата качества, протокола испытания топлива, %.

Таблица 3.1

Коэффициенты полнодревесности для древесины

Длина, м	Круглые				Расколотые	Смесь круглых и расколотых
	тонкие, диаметр до 10 см	средние, диаметр св. 10 до 30 см	толстые с корой, диаметр св. 30 см	толстые без коры, диаметр св. 30 см		
Хвойные породы						
до 1 включ.	0,75	0,78	0,76	0,79	0,74	0,75
св. 1 до 2 «	0,67	0,70	0,68	0,76	0,68	0,69
« 2 « 3 «	0,61	0,64	0,65	0,73	0,63	0,65
Лиственные породы						
до 1 включ.	0,70	0,76	0,69	0,79	0,73	0,73
св. 1 до 2 «	0,61	0,68	0,67	0,77	0,66	0,67
« 2 « 3 «	0,55	0,62	0,65	0,74	0,61	0,63
Смесь деревьев хвойных и лиственных пород						
до 1 включ.	0,72	0,77	0,70	0,79	0,73	0,74
св. 1 до 2 «	0,64	0,69	0,67	0,76	0,67	0,68
« 2 « 3 «	0,58	0,63	0,65	0,73	0,62	0,64

Таблица 3.2

**Коэффициенты полндревесности для отходов, опилок древесных, костры
льняной и отходов сельскохозяйственного производства**

Кора, кородревесные остатки	0,40
Щепа	0,42
Сучья	0,59
Пни	0,66
Древесные отходы, обрезки	0,38
Древесные стружки, опилки	0,20
Костра, отходы сельскохозяйственного производства	0,16
Топливо энергетическое из быстрорастущей древесины	0,36

Таблица 3.3

Плотность древесины при нормальной влажности $W = 12\%$, кг/м³

Древесина хвойная, в том числе	470
ель	445
сосна	500
Древесина лиственная малоплотная, в том числе	480
тополь	455
ива	460
липа	495
осина	496
каштан	500
Древесина лиственная среднеплотная, в том числе	630
ольха	525
орех	590
береза	630
вяз	650
дуб	690
клен	690
Древесина смешанная	510
Щепа из среднеплотной древесины	400
Щепа из малоплотной древесины	350
Кора, кородревесные остатки	320
Древесные отходы, обрезки	300
Древесные стружки, опилки	240
Костра льняная	190
Отходы сельскохозяйственного производства	180

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Таблица И.1

Слой осадков и интенсивность дождя на территории Республики Беларусь

Город	Интенсивность дождя q_{20} , л/с с 1 га	Средне-много-летние осадки, мм	За теплый период (жидкие), мм	За холодный период (твердые), мм	Суточный максимум осадков за год, мм		Средне-много-летний сток весеннего половодья, мм
					наибольший из максимальных	средний из максимальных	
Минск	103	683	455	228	74	37	67
Брест	93	605	420	185	86	40	50
Витебск	102	654	452	202	107	35	100
Добруш	96	624	427	197	90	38	62
Гродно	90	578	392	186	110	38	65
Могилев	101	634	417	217	74	33	90
Борисов	104	679	460	219	69	35	73
Полоцк	101	663	461	202	76	34	96
Волковыск	98	612	426	186	77	37	62
Мозырь	100	638	446	192	91	42	50

Таблица И.2

Средние значения коэффициента стока в зависимости от рода поверхности

Поверхность	Коэффициент стока
Кровля зданий и сооружений, асфальтобетонные покрытия дорог	0,95
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,6
Булыжные мостовые	0,45
Щебеночные покрытия	0,4
Гравийные садово-парковые дорожки	0,3
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,2
Газоны	0,1

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Таблица К.1

Показатели образования отходов производства некоторых технологических процессов

Технологический процесс	Наименование образующихся отходов и попутных продуктов	Значение удельных показателей
1	2	3
<i>1. Производство пластмассовых изделий и стеклопластиков, т/т продукции:</i>		
Производство пенопласта на основе эмульсионного поливинилхлорида (ПВХ-1)	Отходы пенопласта (полосы и обрезки)	0,136
Производство пенопласта на основе эмульсионного полистирола (ПС-1)	Отходы пенопласта (полосы и обрезки)	0,035
Производство полиэтиленовой пленки из полиэтилена высокого давления и изготовление пакетов на ее основе	Отходы полиэтилена	0,005
Производство выдувных изделий из полиэтилена	Отходы полиэтилена	0,013
Производство литья (литых изделий) из поликарбоната	Отходы поликарбоната	0,048
Производство полипропиленовой пленки	Отходы полипропиленовой пленки	0,159
Производство пленки ПВХ (без клеящего покрытия)	Отходы от переработки исходной массы (суммарные)	0,052
Производство клеящей прозрачной защитной пленки ПВХ и покрытий на ее основе	Обрезки пленки (подложки)	0,066
Производство литья (литых изделий) из полистирола и его сополимеров (МС, МСН, САН, АВС)	Отходы стирола и сополимеров	0,027–0,11

Продолжение табл. К.1

1	2	3
Производство литья (литых изделий) из полимера 610	Отходы полимера	0,170
Производство изделий из полиамидов	Отходы полиамидов	0,04–0,36
Производство изделий из пластмасс на основе ПА 12-1-0	Отходы полиамидов	0,333
Производство изделий из пластмасс на основе ПА 12-11-1	Отходы полиамидов	0,150
Производство литья (литых изделий) из полимерных материалов на основе полиэтилена низкого давления	Отходы полиэтилена	0,024–0,05
Производство литья (литых изделий из полимерных материалов) на основе полипропилена	Отходы полипропилена	0,024–0,07
Производство изделий из полиметилметакрилата	Отходы полиметилметакрилата	0,048
Производство изделий из интегрального пенополиуретана (ППУ)	Отходы (суммарные) эластичного ППУ (вспененная масса, куски, пропитанные восковой эмульсией, смазка и т. п.)	1,05
Производство пластика ABC	Осадки сточных вод (влажность 70-90%)	0,003
Производство стекло-пластика, в т. ч. полиэфирного	Отходы (обрезки) стеклопластика	0,025–0,033
Производство изделий из стеклопластика	Отходы стеклопластиков	0,108
<i>2. Деревообрабатывающая промышленность, % от объема использования сырья:</i>		
Производство древесных пластиков	Обрезки шпона	5,0–6,0
	Опилки	1,0–6,0
	Отходы форматной обрезки	9,0–24,0

Окончание табл. К.1

1	2	3
Производство древесно-стружечных плит	Шлифовальная пыль Опилки кусковые Отсев от сортировки щепы	10–17 2,5–3,5 7,0–8,0
Производство древесноволокнистых плит (ДВП)	Отсев от сортировки щепы Кусковые от обрезки ДВП Опилки от обрезки и раскря ДВП Кусковые от раскря ДВП Кора (вне баланса)	2–5 (от объема использованной щепы) 2–3 (от объема выпускаемых ДВП) 0,5–1,5 (от объема выпускаемых ДВП) 5–20 (от объема раскренных ДВП) 0,9–1,5 (от объема использованного круглого сырья)

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Таблица Л.1

Значения нормальной функции распределения

X	$\Phi(X)$	X	$\Phi(X)$	X	$\Phi(X)$	X	$\Phi(X)$
1	2	3	4	5	6	7	8
-2,70	0,0035	-1,06	0,1446	0,00	0,5000	1,08	0,8599
-2,60	0,0047	-1,04	0,1492	0,02	0,5080	1,10	0,8643
-2,50	0,0062	-1,02	0,1539	0,04	0,5160	1,12	0,8686
-2,40	0,0082	-1,00	0,1587	0,06	0,5239	1,14	0,8729
-2,30	0,0107	-0,98	0,1635	0,08	0,5319	1,16	0,8770
-2,20	0,0139	-0,96	0,1685	0,10	0,5398	1,18	0,8810
-2,10	0,0179	-0,94	0,1736	0,12	0,5478	1,20	0,8849
-2,00	0,0228	-0,92	0,1788	0,14	0,5557	1,22	0,8888
-1,98	0,0239	-0,90	0,1841	0,16	0,5636	1,24	0,8925
-1,94	0,0262	-0,86	0,1949	0,20	0,5793	1,28	0,8997
-1,92	0,0274	-0,84	0,2005	0,22	0,5871	1,30	0,9032
-1,90	0,0288	-0,82	0,2061	0,24	0,5948	1,32	0,9066
-1,88	0,0301	-0,80	0,2119	0,26	0,6026	1,34	0,9099
-1,86	0,0314	-0,78	0,2177	0,28	0,6103	1,36	0,9131
-1,84	0,0329	-0,76	0,2236	0,30	0,6179	1,38	0,9162
-1,82	0,0344	-0,74	0,2297	0,32	0,6255	1,40	0,9192
-1,80	0,0359	-0,72	0,2358	0,34	0,6331	1,42	0,9222
-1,78	0,0375	-0,70	0,2420	0,36	0,6406	1,44	0,9251
-1,76	0,0392	-0,68	0,2483	0,38	0,6480	1,46	0,9279
-1,74	0,0409	-0,66	0,2546	0,40	0,6554	1,48	0,9306
-1,72	0,0427	-0,64	0,2611	0,42	0,6628	1,50	0,9332
-1,70	0,0446	-0,62	0,2676	0,44	0,6700	1,52	0,9357
-1,68	0,0465	-0,60	0,2743	0,46	0,6772	1,54	0,9382
-1,66	0,0485	-0,58	0,2810	0,48	0,6844	1,56	0,9406
-1,64	0,0505	-0,56	0,2877	0,50	0,6915	1,58	0,9429
-1,62	0,0526	-0,54	0,2946	0,52	0,6985	1,60	0,9452
-1,60	0,0548	-0,52	0,3015	0,54	0,7054	1,62	0,9474
-1,58	0,0571	-0,50	0,3085	0,56	0,7123	1,64	0,9495
-1,56	0,0594	-0,48	0,3156	0,58	0,7190	1,66	0,9515
-1,54	0,0618	-0,46	0,3228	0,60	0,7257	1,68	0,9535
-1,52	0,0643	-0,44	0,3300	0,62	0,7324	1,70	0,9554
-1,50	0,0668	-0,42	0,3372	0,64	0,7389	1,72	0,9573
-1,48	0,0694	-0,40	0,3446	0,66	0,7454	1,74	0,9591
-1,46	0,0721	-0,38	0,3520	0,68	0,7517	1,76	0,9608
-1,44	0,0749	-0,36	0,3594	0,70	0,7580	1,78	0,9625
-1,42	0,0778	-0,34	0,3669	0,72	0,7642	1,80	0,9641
-1,40	0,0808	-0,32	0,3745	0,74	0,7703	1,82	0,9656

Окончание табл. Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8
-1,38	0,0838	-0,30	0,3821	0,76	0,7764	1,84	0,9671
-1,36	0,0869	-0,28	0,3897	0,78	0,7823	1,86	0,9686
-1,34	0,0901	-0,26	0,3974	0,80	0,7881	1,88	0,9699
-1,32	0,0934	-0,24	0,4052	0,82	0,7939	1,90	0,9713
-1,30	0,0968	-0,22	0,4129	0,84	0,7995	1,92	0,9726
-1,28	0,1003	-0,20	0,4207	0,86	0,8051	1,94	0,9738
-1,26	0,1038	-0,18	0,4286	0,88	0,8106	1,96	0,9750
-1,24	0,1075	-0,16	0,4364	0,90	0,8159	1,98	0,9761
-1,22	0,1112	-0,14	0,4443	0,92	0,8212	2,00	0,9772
-1,20	0,1151	-0,12	0,4522	0,94	0,8264	2,10	0,9821
-1,18	0,1190	-0,10	0,4602	0,96	0,8315	2,20	0,9861
-1,16	0,1230	-0,08	0,4681	0,98	0,8365	2,30	0,9893
-1,14	0,1271	-0,06	0,4761	1,00	0,8413	2,40	0,9918
-1,10	0,1357	-0,02	0,4920	1,04	0,8508	2,60	0,9953
-1,08	0,1401	-0,00	0,5000	1,06	0,8554	2,70	0,9965

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Таблица М.1

Значения нормативной удельной газовой нагрузки Q_n в зависимости от вида пыли

$Q_n, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$				
3,5	2,6	2,0	1,7	1,2
Мука	Асбест	Цемент	Кокс	Активированный уголь
Пыль кожи	Гипс	Уголь	Летучая зола	Моющие средства
Опилки	Соль	Пластмассовая пыль	Оксиды металлов	
Картонная пыль	Песок	Красители		
	Тальк			
	Резина			
	Каолин			

Таблица М.2

Значения коэффициента C_1 в зависимости от особенностей регенерации фильтровальных элементов

Способ регенерации	C_1
1. Регенерация фильтроэлементов из ткани импульсной продувкой сжатым газом*	1,0
2. Регенерация путем обратной продувки и одновременного встряхивания или покачивания рукавов	0,70–0,85 0,55–0,70
3. Регенерация путем обратной продувки	

* При использовании рукавов из нетканых материалов значение C_1 может увеличиваться на 5–10%.

Таблица М.3

Значения коэффициента C_2 , учитывающего влияние входной концентрации пыли $C_{вх}$

$C_{вх}, \text{ г/м}^3$	2	5	10	20	40	60	80	100
C_2	1,15	1,04	1,0	0,96	0,9	0,87	0,85	0,83

Таблица М.4

Значения коэффициента C_3 , учитывающего влияние дисперсного состава пыли на удельную газовую нагрузку

Медианный диаметр частиц пыли $d_m, \text{ мкм}$	C_3
Свыше 100	1,2–1,4
свыше 50 до 100	1,1
свыше 10 до 50	1,0
свыше 3 до 10	0,9
до 3 включительно	0,7–0,9

Таблица М.5

**Значения коэффициента C_4 , учитывающего влияние температуры
очищаемого газа**

Температура газа, °С	20	40	60	80	100	120	140	160
C_4	1	0,9	0,84	0,78	0,75	0,73	0,72	0,70

Таблица М.6

**Технические характеристики рукавных фильтров с системами регенерации
механическим встряхиванием и обратной посекционной продувкой**

Марка фильтра	Пло- щадь филт- рации, м ²	Количе- ство секций, шт	Количе- ство ру- кавов, шт	Диа- метр рука- ва, мм	Длина рукава, мм	Произ- води- тель- ность, м ³ /ч	Гидрав- лическое сопро- тивление, Па
ФРУ	2,5–50	1–4	14; 28; 42; 56	125	0,9; 1; 2; 2,5	–	1500
ФР-250	281	4	288	135	2,3	–	1000– 2000
РФГ	112; 168; 224; 280	4; 6; 8; 10	56; 84; 112; 140	220	3,1	–	–
Г4- 1БФМ	30; 45; 60; 90	2; 3; 4; 6	36; 54; 72; 108	135	2,09	–	1300
ФР-518 (650)	518; 650	6	72; 90	127	3	2,5; 3,33	1600
УРФМ	1610; 2300	14; 20	588; 840	220	4,063	–	700–1500
ФРО- 2400-1	2400	8	42	200	8	14	2000
ФРО- 6000-2	6000	10	54	300	10	14	2000

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Таблица Н.1

Основные характеристики аппарата ПВМ

Пылеуловитель		Показатели			Вентиляционный агрегат			Габариты, мм		
марка	исполнение	произв. дит., тыс. м ³ /ч	длина пылеулав. перегородок, м	объем воды в бункере, м ³	тип	номер	масса без вент. агрегата, т	ширина	длина	высота
ПВМ3	СА	3	0,8	0,45	Ц14-46	2,5	0,55	1145	1315	3475
							0,67	1590	1355	3475
ПВМ5	КА Б СА	5	1,21	2	В-ЦП7-40	5	1,36	2900	1355	3475
				1,2			0,95	1140	1124	3475
				1,45			1,23	2388	1500	4005
ПВМ10	КА П Б	10	2	2,3	В-ЦП7-40	6	2,2	3770	1500	4005
				2,3			1,5	2365	1900	4005
				2,2			1,6	2365	1900	4005
ПВМ20	СА КА П Б СА	20	4	2,2	В-ЦП6-45	8	1,65	2350	2290	4330
				3			2,8	3770	2290	4330
				2,2			2,35	2217	2810	4330
				2,2			2,42	2300	2810	4330
				5,5			3,55	4383	2314	4940
ПВМ40	КА П Б	40	8	5,8	Ц4-76	10	4,15	5770	2314	4940
				5,5			3,4	4320	2900	4950
				9,5			3,5	4520	2900	4950

ПРИЛОЖЕНИЕ О

Таблица О.1

Свойства органических растворителей

Вещество	Молярная масса	Плотность жидкости, кг/м ³	Коэффициент диффузии, м ² /с · 10 ⁷	Температура кипения <i>t</i> , К	Константы			Константа Сатерленда
					<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	
Ацетон	58	791	109,0	329,7	7,2506	1281,7	237,1	542
Бензол	78	879	77,5	353,1	6,9121	1214,6	221,2	380
Изопропиловый спирт	60	785	83,1	355,2	7,7259	1351,6	196,7	
Ксилол	106	855	67,2	412,3	7,05	1478,2	220,5	606
Метиловый спирт	32	795	129,0	337,5	8,3903	1761,6	255,2	487
Стирол	104	903	67,4	418,2	7,940	2113,1	273	–
Формальдегид	30	815	146,0		6,905	847,1	230	–
Циклогексанон	98	950		428,8	8,357	2290	273	–
Этилацетат	88	881	73,3	350,3	6,99	1200,1	214,3	–
Этиловый спирт	46	789	110,0	351,3	8,69	1918,5	252,1	–
Уайт-спирит	147	770	49,7	281	8,0113	2218,3	273	–
н-Бутилацетат	116	870	57,4	399,2	7,07	1340,7	199,8	–
Этилцеллозольв	90	931	72,1	–	–	–	–	–
Толуол	92	827	75,3	373,6	6,963	1345,1	219,5	518

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка состояния здоровья населения в условиях реально меняющегося загрязнения атмосферного воздуха: инструкция 2.1.9.11-9-208-2003: постановление Глав. гос. санитар. врача РБ, 30 дек. 2003 г.// Сб. санитар. правил и норм по коммун. гигиене. – Минск, 2004. – № 214. – Ч. 2.
2. НСМОС: результаты наблюдений, 2006. Мониторинг атмосферного воздуха [Электронный ресурс]// Глав. информационно-аналит. центр Нац. системы мониторинга окружающей среды Респ. Беларусь. – Минск, 2007. – Режим доступа: [http://www.ecoinfo-by.net/data/2/2006/vozduh.pdf](http://www.ecoinfo.by.net/data/2/2006/vozduh.pdf). – Дата доступа: 18.03.2009.
3. НСМОС: результаты наблюдений, 2007. Мониторинг поверхностных вод [Электронный ресурс]// Глав. информационно-аналит. центр Нац. системы мониторинга окружающей среды Респ. Беларусь. – Минск, 2007. – Режим доступа: http://www.ecoinfoby.net/data/3/2007/pov_voda2007.pdf. – Дата доступа: 20.03.2009.
4. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при производстве и переработке изделий из пластмасс: ТКП 17.08-06-2007 (02120). – Введ. 01.12.2007. – Минск: М-во природн. ресурсов и охраны окр. среды Респ. Беларусь, 2007. – 28 с.
5. Нормативные показатели удельных выбросов вредных веществ в атмосферу от основных видов технологического оборудования предприятий отрасли. – Харьков, 1991
6. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт: ТКП 17.08-01-2006 (02120). – Введ. 01.05.2006. – Минск: М-во природн. ресурсов и охраны окр. среды Респ. Беларусь, 2006. – 52 с.
7. Инструкция по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: утв. М-вом природн. ресурсов и охраны окр. среды Респ. Беларусь 14.05.07 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2007. – № 148. – 8/16641.
8. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий: ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
9. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух населенных мест: гигиенические нормативы 2.1.6.12-46-2005.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
1. Определение показателей, характеризующих загрязнение окружающей среды.....	5
1.1. Расчет комплексного показателя загрязнения атмосферы P	6
1.2. Расчет индекса загрязнения атмосферы	7
1.3. Расчет индекса загрязненности вод	8
2. Определение показателей, характеризующих воздействие предприятия на окружающую среду	9
2.1. Материальный баланс, схема материальных потоков. Удельные показатели	9
2.2. Определение качественного и количественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу.....	12
2.2.1. Производство по изготовлению композиционных материалов и переработке пластмасс.....	12
2.2.2. Деревообрабатывающее производство.....	16
2.2.3. Сжигание твердого топлива в котельных установках	18
2.3. Определение расхода сточных вод	26
2.4. Установление степени и класса опасности отходов производства	31
3. Обоснование нормативов допустимого воздействия на окружающую среду	34
3.1. Нормативы допустимых выбросов.....	34
3.2. Нормирование сбросов загрязняющих веществ	45
3.2.1. Расчет нормативов допустимого сброса и допустимой концентрации загрязняющих веществ в отводимых водах.....	45
3.2.2. Допустимые концентрации в сточных водах при сбросе в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию	47
3.3. Нормативы образования отходов, определение количества отходов, подлежащих хранению и захоронению.....	49
3.4. Разрешения, лимиты допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод, хранения и захоронения отходов	50
4. Расчет и подбор оборудования для очистки отходящих газов и вентиляционных выбросов.....	55
4.1. Расчет циклонов	55
4.2. Расчет тканевых фильтров	58
4.3. Расчет мокрых пылеуловителей	61
4.4. Расчет адсорберов	63

Приложение А	68
Приложение Б	69
Приложение В	75
Приложение Г	77
Приложение Д	78
Приложение Е	79
Приложение Ж	80
Приложение З	81
Приложение И	83
Приложения К	84
Приложение Л	87
Приложение М	89
Приложение Н	91
Приложение О	92
Литература	93

Учебное издание

**ЭКОЛОГИЯ И КОНТРОЛЬ
СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Учебно-методическое пособие

Составители: **Марцуль** Владимир Николаевич
Капориков Василий Петрович
Головач Алексей Михайлович

Редактор *В. И. Пунтус*

Подписано в печать 30.09.2009. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,5. Уч.-изд. л. 5,7.

Тираж 75 экз. Заказ .

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.