

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

**Методическое пособие к практическим занятиям по дисциплинам
«Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая
экспертиза» и «Производственный экологический контроль
и экологическое аудирование» для студентов очной и заочной
форм обучения специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей
среды и рациональное использование природных ресурсов»**

Минск 2005

УДК 502.1 (075.8)
ББК 26.22я7
О-93

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом университета

Составители:

доцент *В.Н. Марцуль*, ст. преподаватель *А.Б. Мошев*

Рецензенты:

заведующий отделом промышленной экологии и нормирования учреждения «БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ» кандидат техн. наук *А.С. Сенько*;
доцент кафедры экономики природопользования и менеджмента БГТУ, кандидат техн. наук *В.П. Баранчик*

**Оценка воздействия на окружающую среду и экологиче-
О-93 ский контроль:** методическое пособие к практическим занятиям по дисциплинам «Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза» и «Производственный экологический контроль и экологическое аудирование» для студентов очной и заочной форм обучения специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / сост. В.Н. Марцуль, А.Б. Мошев. – Мн.: БГТУ, 2005. – 70 с.

ISBN 985-434-532-7

Издание содержит методические указания к решению и условия задач по основным разделам, соответствующим профилю будущих специалистов по охране окружающей среды.

УДК 502.1 (075.8)
ББК 26.22я7

ISBN 985-434-532-7

© Учреждение образования
«Белорусский государственный
технологический университет», 2005

ВВЕДЕНИЕ

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), экологическая экспертиза, государственный, ведомственный и производственный экологический контроль, экологический аудит являются важнейшими инструментами в механизме управления природопользованием и охраной окружающей среды. Если ОВОС и экологическая экспертиза используются для выявления и предупреждения возможного негативного воздействия на окружающую среду на стадиях разработки предпроектной и проектной документации, то экологический контроль всех уровней и экологический аудит связаны с такими этапами жизненного цикла производственного объекта, как ввод в эксплуатацию, эксплуатация и вывод из эксплуатации. Определение показателей воздействия на окружающую среду также необходимо для эколого-экономической оценки производственной и иной деятельности.

Несмотря на различия, упомянутые виды деятельности имеют много общего, особенно в части методической базы и технических нормативных документов, которые регламентируют определение показателей, характеризующих воздействие на окружающую среду производственного объекта (проектируемого или действующего).

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 составом выбросов, сбросов, отходов; изучению методов контроля источников воздействия на окружающую среду. Все упомянутое является основой для осуществления эффективной деятельности специалиста по охране окружающей среды на промышленных предприятиях, в комитетах и инспекциях природных ресурсов и охраны окружающей среды.

В пособии рассмотрены различные методики определения количественного и качественного состава выбросов, сбросов, отходов, расчеты основных показателей, которые характеризуют производственный объект как источник воздействия на окружающую среду. По каждой теме вначале приводится описание методик, которые лежат в основе определения показателей, характеризующих воздействие на окружающую среду, области их применения. Завершается изложение материала по теме контрольными задачами

(заданиями). Основной справочный материал, необходимый для решения, приведен в условиях задач.

Перед практическими занятиями или самостоятельной работой над контрольными заданиями по каждой теме должна быть проработана соответствующая литература. Решение задачи необходимо начинать с составления алгоритма решения, уточнения исходных данных, анализа размерностей величин, используемых в расчетах. Решение задачи должно иллюстрироваться схемами, графиками. Принятые в расчетах справочные величины должны сопровождаться ссылками на источник.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ВЫБРОСОВ, СБРОСОВ И ОТХОДОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТА МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА

1.1. Методические указания к решению задач

Одним из наиболее информативных методов анализа экологических аспектов, связанных с работой производственного объекта, оценки величины воздействия 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, выявлении экологических аспектов при создании систем управления окружающей средой.

Сравнение результатов производственного контроля и расчета материального баланса по составу входных и выходных потоков позволяет оценить достоверность данных, представленных в учетной документации, выявить недостатки в организации и осуществлении процесса производства.

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.

Материальный баланс для отдельных подразделений, технологических процессов, участков, оборудования составляется на основании технологической схемы, схемы (блок-схемы) материальных потоков, которые отражают все входящие и выходящие материальные потоки. Перед составлением материального баланса необходимо оценить полноту имеющихся данных в части возможности определения для каждой стадии количественных

показателей входящих и выходящих потоков, привести имеющиеся данные к единым единицам измерения.

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.

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, отходы (если они имеются). По данным материального баланса определяются удельные нормы (на единицу перерабатываемого сырья, выпускаемой продукции и т.п.) выбросов, сбросов, отходов.

Принципы составления материальных балансов, базирующиеся на фундаментальном законе сохранения массы, были рассмотрены при изучении дисциплин «Общая химическая технология», «Технология основных производств и промышленная экология», поэтому в пособии не излагаются.

Применение метода материального баланса в пособии рассмотрено на примере систем очистки сточных вод и обработки образующихся осадков, процессов нанесения лакокрасочных покрытий, водного баланса предприятия, составления блок-схемы материальных потоков и выявления значимых экологических аспектов. Так как блок-схемы материальных потоков составляются при определении экологических аспектов и воздействий, то соответствующая методика рассмотрена в разделе 4.

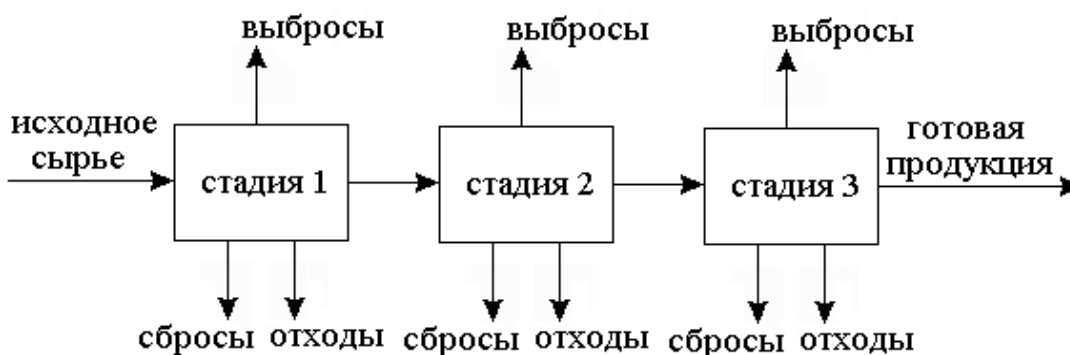


Рис. 1

Решение задач по определению качественного и количественного состава потоков загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, начинается с составления схемы (блок-схемы), 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. 1). Это позволит выбрать правильный алгоритм решения и найти искомые показатели. Расчет материального баланса ведут последовательно по каждой стадии, начиная с «начала» или «конца» (выходного потока) процесса.

В задачах 1.1–1.2 расчет материального баланса следует проводить по двум основным компонентам: воде и сухому веществу, содержащимся в сточных водах, осадке или добавляемым с реагентами. Необходимо учесть, что осадки являются влажными, а реагенты применяются в виде рабочих растворов (суспензий), т.е. с этими компонентами в процесс также поступает или удаляется вода. Для определения количественных характеристик входящих и выходящих материальных потоков по стадиям процесса в задаче 1.2 расчет необходимо вести и с «начала» и «конца» процесса.

В задаче 1.3, после выбора в соответствии с вариантом способа нанесения лакокрасочного покрытия, следует определить массовые доли летучих растворителей и лакокрасочного аэрозоля, выделяющихся при нанесении покрытия (окраске) и сушке в соответствии с табл. 1 [1]. В упомянутом источнике изложена методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при использовании лакокрасочных материалов (ЛКМ), которую можно применить при решении задачи.

Таблица 1

Выделение загрязняющих веществ при нанесении лакокрасочных покрытий

Способ нанесения покрытия	Доля лакокрасочного аэрозоля, выделяющегося при нанесении покрытия, % от массы твердой части ЛКМ	Доля летучих растворителей, % от общего их содержания в ЛКМ, выделяющихся:	
		при окраске	при сушке
Пневматический	30	25	75
Безвоздушный	2,5	23	77
Гидроэлектростатический	1,0	25	75
Пневмоэлектростатический	3,5	20	80
Электростатический	0,3	50	50

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.

Таблица 2

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				загрязненные	нормативно-чистые		
техническая	питьевая	все-го	оборотное водоснабжение				

Водный баланс 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, число работников, рабочих дней и др.) позволяет определить годовой объем водопотребления и водоотведения.

При расчете расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды удельная норма составляет 25 и 45 л/смену (сутки) на человека соответственно для холодных и горячих цехов (производств) [2]. В соответствии с действующими нормами и правилами объем хозяйственно-бытовых сточных вод следует принимать равным расходу воды на хозяйственно-питьевые нужды.

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

1.2. Контрольные задачи

Задача 1.1. На сооружениях механической очистки сточных вод производится очистка от взвешенных веществ. Перед подачей на отстаивание в сточные воды дозируются коагулянт (расход 100 мг сухого вещества коагулянта на литр сточной воды) и флокулянт (расход 10 мг сухого вещества флокулянта на литр сточной воды). Реагенты вводятся в сточную воду в виде водных растворов. Концентрации растворов: коагулянта – 5%, флокулянта – 0,1% масс. Содержание взвешенных веществ в загрязненных сточных водах $C_{исх}$, г/м³. Степень очистки от взвешенных веществ составляет Э% (табл. 3). Осадок, удаляемый из отстойников, имеет плотность 1040 кг/м³, влажность W%. Определить объем очищенных сточных вод, если объем загрязненных сточных вод составляет $Q_{исх}$, м³/год. Также определить количество влажного осадка, образующегося на 1 м³ очищаемых сточных вод. При расчетах принять, что добавляемые реагенты полностью переходят в осадок. Плотность сточных вод и растворов реагентов принять равной 1005 и 1010 кг/м³ соответственно. Результаты расчетов представить в виде блок-схемы с указанием расходов материальных потоков (рис. 1).

Таблица 3

Исходные данные и варианты задачи 1.1

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{исх}$, тыс. м ³ /год	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
$C_{исх}$, г/м ³	2100	1800	1700	1450	1250	2200	1900	1600	1500	1400
Э, %	98,5	98	97,5	97	96,5	98,5	98	97,5	97	96,5
W, %	93	94	95	96	93,5	94,5	95,5	92	92,5	96,5

Задача 1.2. На сооружениях очистки сточных вод образуется осадок, который перед удалением в шламонакопитель последовательно проходит стадии кондиционирования, обезвоживания и стабилизации. Кондиционирование производится при помощи флокулянта (расход 5 кг сухого вещества реагента на 1 т сухого вещества осадка). Концентрация рабочего раствора флокулянта 0,1% масс. Обезвоживание производится на вакуум-филтрах. Для стабилизации к осадку добавляют известь в количестве 10% (по СаО)

от массы сухого вещества осадка. Содержание СаО в реагенте, добавляемой к осадку, 55%. Определить объем фильтрата и содержание в нем взвешенных веществ, если до обработки количество осадка составляло Q_n , т/год при влажности W_n %, после всех стадий обработки Q_k , т/год влажностью W_k % (табл. 4). При расчетах принять, что добавляемые реагенты полностью переходят в твердую фазу осадка. Результаты расчетов представить в виде блок-схемы по форме, приведенной на рис. 1.

Таблица 4

Исходные данные и варианты задачи 1.2

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_n , т/год	1500	10 000	2200	3000	5000	2400	3500	4800	5500	7500
W_n , %	97,7	97	97,8	97,5	97,2	97,1	97,4	97,3	97,9	97,6
Q_k , т/год	115	1050	205	305	515	251	345	520	508	670
W_k , %	67	68,5	74	73	70	69,5	71	72,5	75	70,5

Задача 1.3. Рассчитать валовые (годовые) выбросы в атмосферу на участке нанесения лакокрасочных покрытий (ЛКП) способом, указанным в табл. 5. Производительность участка составляет Q , м² покрытия в год. Технологическая схема процесса включает операции нанесения (покраски) и сушки покрытия. В случае применения пневматического способа выбросы от стадии нанесения покрытия очищаются в гидрофилтре со степенью улавливания 85% по аэрозольным частицам и 10% по парам органических соединений. Для других способов нанесения ЛКП очистка выбросов не производится. На участке используется лакокрасочный материал (ЛКМ), приготовленный путем смешения эмали и растворителя (разбавителя) в соотношении 2:1. Состав исходных ЛКМ приведен в табл. 6. Расход готового к использованию ЛКМ составляет m , г/м² покрытия. Определить валовое (годовое) и удельное (на 1 м² покрытия) количество влажного шлама, удаляемого из гидрофилтра, если известно, что содержание сухого вещества (твердая составляющая ЛКМ, уловленная в гидрофилтре) в шламе составляет 10%. Результаты расчетов представить в виде блок-схемы по форме, приведенной на рис. 1.

Таблица 5

Исходные данные и варианты задачи 1.3

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Способ нанесения ЛКП	Пневмомо-электроростатич.	Пневматический	Безвоздушный	Пневматический	Пневмомо-электроростатич.	Пневматический	Безвоздушный	Пневматический	Безвоздушный	Пневматический
ЛКМ: эмаль	ПЭ-220	ПФ-115	МЛ-158	АС-182	МЛ-165	ПЭ-220	ПФ-115	МЛ-158	АС-182	МЛ-165
растворитель	РП	РС-2	РС-2	РС-2	РП	Р-10	Р-10	РКБ-1	Р-10	РКБ-1
Q , тыс. м ² /год	1200	1000	1100	900	950	800	1050	1400	1150	1500
m , г/м ²	510	360	540	450	330	390	420	480	270	300

Таблица 6

Состав лакокрасочных материалов

Марка ЛКМ	Доля твердой составляющей в ЛКМ, %	Доля летучей части в ЛКМ, %	Наименование вещества, входящего в летучую часть ЛКМ	Содержание веществ в летучей части ЛКМ, %
Эмаль МЛ-158	53	47	н-бутанол	37,03
			уайт-спирит	30,72
			ксилол	32,25
Эмаль МЛ-165	49	51	н-бутанол	35,92
			уайт-спирит	0,68
			ксилол	63,4
Эмаль ПЭ-220	65	35	ацетон	89
			толуол	7
			ксилол	4
Эмаль АС-182	53	47	ксилол	85
			уайт-спирит	5
			сольвент	10
Эмаль ПФ-115	62	38	уайт-спирит	59,7
			ксилол	39,7
			ацетон	0,6
Растворитель РС-2	0	100	ксилол	30
			уайт-спирит	70
Растворитель Р-10	0	100	ацетон	15
			ксилол	85
Растворитель РКБ-1	0	100	н-бутанол	50
			ксилол	50
Разбавитель РП	0	100	ацетон	25
			ксилол	75

Задача 1.4. Используя данные об объеме выпуска продукции и численности персонала (табл. 7, 8), определить объемы водопотребления и водоотведения по категориям качества потребляемой и отводимой воды для предприятия. «Горячие» цехи работают 365 дней в году, «холодные» – 255. Определить расход воды в оборотной системе водоснабжения и безвозвратное потребление и потери воды. Результаты расчетов представить по форме, приведенной в табл. 2.

Таблица 7

Варианты задачи 1.4

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ цехов в составе предприятия	1, 2, 3	2, 3, 4	3, 4, 5	4, 5, 6	5, 6, 7	6, 7, 8	7, 8, 9	1, 4, 7	2, 5, 8	3, 6, 9
Объем выпуска продукции, единиц в год	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600

Таблица 8

Численность работающих, условия производства и цеховые нормы водопотребления и водоотведения на производственные нужды

№ цеха	Кол-во работающих в смене	Сменность работы	Условия цеха	Норма водопотребления, м ³ /ед. продукции, в том числе			Норма водоотведения, м ³ /ед. продукции, в том числе	
				свежая вода		оборотная	загрязненные	нормативно-чистые
				техническая	питьевая			
1	40	1	холод.	1,5	–	8,5	–	1,2
2	45	3	горяч.	2,5	0,5	15	0,4	2,2
3	50	2	холод.	2,0	1,5	–	3,4	–
4	55	3	горяч.	3,0	–	5,5	–	2,5
5	60	1	холод.	3,5	1,0	3,5	1	3,3
6	65	3	горяч.	4,0	2,5	–	3,8	2,4
7	70	2	холод.	4,5	–	9,5	4,2	–
8	75	3	горяч.	5,0	2,0	12	4,8	1,5
9	80	1	холод.	5,5	4,0	–	–	8,8

2. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ, СБРОСОВ И КОЛИЧЕСТВА ОТХОДОВ ПО УДЕЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

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 выброс).

2.1. Организованные источники выделения (образования) вредных веществ

2.1.1. Гальваническое производство

С методиками расчетов выбросов (сбросов) от оборудования, используемого при нанесении гальванических покрытий, можно ознакомиться по [3, 4].

Количество вредных веществ (M , M'), поступающих в атмосферный воздух от технологического оборудования гальванического участка, определяется по формулам

$$M = k \cdot m \cdot S \cdot T \cdot n \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

$$M' = k \cdot m \cdot S \cdot n, \quad (2)$$

где M , M' – выделение вредных веществ, соответственно т/год и г/с; k – коэффициент эффективности местных отсосов ($k = 0,9$); m – количество вредных веществ, выделяющихся с поверхности зеркала ванны (по данным [1, 2], табл. 9), г/(м² · ч); S – площадь поверхности зеркала ванны, м²; T – эффективный фонд рабочего времени, ч/год; n – количество единиц технологического оборудования.

В рассматриваемых процессах вредные вещества в основном выделяются в виде аэрозолей.

Таблица 9

Удельные выбросы вредных веществ в процессах нанесения гальванических покрытий

Технологический процесс	Выделяющиеся вредные вещества	Количество вещества, выделяющееся с поверхности зеркала ванны, m , г/($m^2 \cdot ч$)
Обезжиривание в растворах щелочи: химическое	NaOH	1,0
электрохимическое	NaOH	39,6
Химическое травление (обработка) изделий: в нагретых растворах щелочи	NaOH	198
в растворах HCl, концентрацией: до 200 г/л	HCl	1,1
200–250 г/л	HCl	3,0
250–300 г/л	HCl	10,0
в разбавленных растворах HNO ₃ (до 100 г/л)	HNO ₃	10,8
Химическая и электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих H ₂ SO ₄ , концентрацией: 150–350 г/л (анодирование, оксидирование алюминия)	H ₂ SO ₄	25,2
Химическая обработка металлов в растворах, содержащих H ₃ PO ₄ и ее соли (фосфатирование)	H ₃ PO ₄	2,16
Химическая обработка в растворах щелочи (оксидирование стали)	NaOH	198
Никелирование в сульфатных растворах	растворимые соли Ni	0,11
Покрытие сплавом олово-висмут	SnSO ₄	1,26
Наполнение в анилиновом красителе	анилин	0
Промасливание	масло минер.	0,05
Промывка в воде	–	–

Объем промывных сточных вод гальванического производства следует принять равным количеству воды, расходуемому на промывку деталей. Расход воды на промывку (Q , л/ч) определяется по формуле

$$Q = n \cdot q \cdot F \cdot \sqrt[N]{\alpha \cdot K}, \quad (3)$$

где n – количество одинарных ванн промывки, проточных ступеней промывки или ванн (в том числе каскадных) с автономной подачей воды; q – удельный вынос (унос) раствора из ванны с поверхностью деталей (табл. 11), л/м²; F – площадь обрабатываемой поверхности в единицу времени (производительность линии или технологической ванны), м²/ч; N – количество ступеней промывки (одинарная ванна, одноступенчатая проточная промывка – $N=1$; двухкаскадная промывка – $N=2$); α – коэффициент, учитывающий наличие ванны улавливания: 0,4 при одной ванне; 0,15 при двух ваннах и 0,06 при трех ваннах улавливания; K – кратность разбавления, или качество промывки (табл. 10).

Таблица 10

Кратность разбавления при промывке

Наименование операции, после которой производится промывка	Кратность разбавления
Анодирование	20 000
Активирование перед кислой ванной	1000
Активирование перед щелочной ванной	2000
Кадмирование кислое	1733
Наполнение красителем	2000
Никелирование	5200
Обезжиривание	500
Обезжиривание перед анодированием алюминия	1000
Оксидирование щелочное	3800
Осветление алюминия	4800
Осветление цинковых и кадмиевых покрытий	180
Пассивирование цинковых и кадмиевых покрытий	8500
Покрытие олово–висмут	4000
Травление алюминия	1500
Травление цветных металлов	6000
Травление черных металлов	8600
Фосфатирование	1250
Хромирование	20 500
Цинкование кислое	5000

Таблица 11

Удельный вынос раствора из ванны

Вид обработки	Норма удельного выноса, л/м ²	
	кислые растворы	щелочные и хром-содержащие растворы
На подвесках	0,2	0,3
В колоколах и барабанах	0,4	0,6
В корзинах и сетках	0,5	0,75

Задача 2.1. Линия нанесения гальванического покрытия включает 9 ванн, через которые последовательно проходят обрабатываемые металлические детали (табл. 13). Во все ванны детали опускаются на подвесках, кроме ванн никелирования и покрытия сплавом олово–висмут, которые являются колокольными. Используя удельные показатели, определить валовые (годовые) выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и объем промывных сточных вод для процесса нанесения гальванических покрытий. Производительность гальванической линии F , м² покрытия в час, эффективный фонд рабочего времени T , ч/год (см. табл. 12).

Таблица 12

Варианты задачи 2.1

Вариант	Наименование процесса	F , м ² /ч	T , ч/год
1	Фосфатирование стальных деталей	0,5	2050
2	Оксидирование стальных деталей	0,5	1000
3	Никелирование стальных деталей	0,8	4100
4	Покрытие стальных деталей сплавом олово–висмут	0,7	2050
5	Наполнение алюминиевых деталей в красителе	0,4	1000
6	Фосфатирование стальных деталей	1,0	4100
7	Оксидирование стальных деталей	1,0	2050
8	Никелирование стальных деталей	1,5	2050
9	Покрытие стальных деталей сплавом олово–висмут	0,5	1500
10	Наполнение алюминиевых деталей в красителе	0,7	1500

Последовательность операций при нанесении гальванических покрытий

№ операции	S, м ²	Назначение ванны				
		Наименование процесса				
		Фосфатирование	Оксидирование	Никелирование	Покрытие сплавом олово–висмут	Наполнение в красителе
1	0,9	Химическое обезжиривание в растворе щелочи горяч.	Химическое обезжиривание в растворе щелочи горяч.	Химическое обезжиривание в растворе щелочи горяч.	Химическое обезжиривание в растворе щелочи горяч.	Химическое обезжиривание в растворе щелочи горяч.
2	0,6	2-каскадная промывка	2-каскадная промывка	2-каскадная промывка	2-каскадная промывка	проточная промывка
3	0,9	химическое травление в растворе HCl (220 г/л) холод.	химическое травление в растворе HCl (220 г/л) холод.	химическое травление в растворе HCl (220 г/л) холод.	химическое травление в растворе HCl (280 г/л) холод.	химическое травление в растворе NaOH горяч.
4	0,5	2-каскадная промывка	2-каскадная промывка	2-каскадная промывка	2-каскадная промывка	2-каскадная промывка
5	0,8	химическое активирование в растворе HCl (50 г/л) холод.	химическое активирование в растворе HCl (50 г/л) холод.	химическое активирование в растворе HCl (50 г/л) холод.	химическое активирование в растворе HCl (50 г/л) холод.	осветление алюминия в растворе HNO ₃
6	0,5	проточная промывка	проточная промывка	проточная промывка	проточная промывка	анодирование в растворе H ₂ SO ₄ (220 г/л) холод.
7	1,2	фосфатирование в растворе H ₃ PO ₄ холод.	химическое оксидирование горяч.	никелирование сульфатное	нанесение покрытия сплавом олово–висмут горяч.	проточная промывка
8	0,6	проточная промывка	2-каскадная промывка	улавливание после никелирования	2-каскадная промывка	наполнение в анилине.
9	0,5	горяч. 2-каскадная промывка	промасливание	холод. 2-каскадная промывка	промасливание	холод. проточная промывка

2.1.2. Производство по переработке пластмасс

Методика расчета выбросов загрязняющих веществ при производстве изделий из полимерных материалов приведена в [5].

Валовый выброс вредного вещества (M , т/год) при переработке пластмасс определяется по формуле

$$M = q_{\text{уд}} \cdot m \cdot 10^{-6}. \quad (4)$$

Максимально разовый выброс (G , г/с) при переработке пластмасс рассчитывается по формуле

$$G = q_{\text{уд}} \cdot P_{\text{ч}} \cdot n / 3600, \quad (5)$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельный выброс вредного вещества при переработке пластмасс (табл. 14), г/кг переработанного материала; m – масса переработанного материала, кг/год; $P_{\text{ч}}$ – максимальная производительность аппарата, кг/час; n – количество единиц оборудования.

Таблица 14

Удельные выбросы вредных веществ в атмосферу при переработке пластмасс

Наименование процесса	Перерабатываемый материал	Выделяющиеся вещества	
		наименование	кол-во, г/кг
Литье под давлением	Полиэтилен	Кислота уксусная	0,4
		Углерода оксид	0,8
Литье под давлением	Полипропилен	Кислота уксусная	1,5
		Углерода оксид	1,0
Литье под давлением	Полистирол	Стирол	0,3
Литье под давлением	Полиамид	Аммиак	2,0
		Углерода оксид	1,0
Литье под давлением	Полиметилметакрилат	Метилметакрилат	0,5
Экструзия рукавной пленки	Полиэтилен	Кислота уксусная	0,35
		Углерода оксид	0,15
Экструзия труб	Полиэтилен	Кислота уксусная	0,5
		Углерода оксид	0,25
Экструзия труб	Поливинилхлорид	Винил хлористый	0,02
		Углерода оксид	0,5
Экструзия листа	Полистирол	Стирол	0,42
		Углерода оксид	0,3
Производство выдувных изделий	Полиэтилен	Кислота уксусная	0,4
		Углерода оксид	0,8
Растваривание сырья	Термопласты	Пыль термопластов	1,0
Дробление отходов	Термопласты	Пыль термопластов	0,7

Задача 2.2. Технологический процесс производства изделий из полимерных материалов включает стадии растаривания сырья, формования изделий и дробления отходов (бракованные изделия, облой, литники). Рассчитать валовый выброс вредных веществ в атмосферу для процесса, характеристики которого приведены в табл. 15. Количество отходов, образующихся при обработке сформованных изделий (бракованные изделия, облой, литники), принять равным 10%.

Таблица 15

Исходные данные и варианты задачи 2.2

Вариант	Наименование процесса	Перерабатываемый материал	Количество перерабатываемого сырья, т/год
1	Литье под давлением	Полиэтилен	150
2	Литье под давлением	Полипропилен	1000
3	Литье под давлением	Полистирол	1500
4	Литье под давлением	Полиамид	500
5	Литье под давлением	Полиметилметакрилат	300
6	Экструзия рукавной пленки	Полиэтилен	100
7	Экструзия труб	Полиэтилен	1200
8	Экструзия труб	Поливинилхлорид	700
9	Экструзия листа	Полистирол	2500
10	Производство выдувных изделий	Полиэтилен	800

2.1.3. 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

$$Q = V \cdot \gamma \cdot K \cdot 10^{-2}. \quad (6)$$

Валовый выброс (M_B , т/год) рассчитывается по формуле

$$M_B = 0,9 \cdot Q_{отх} \cdot K_{п} \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-2}. \quad (7)$$

Максимально разовый выброс ($M_{вр}$, г/с) для одного типа технологического оборудования рассчитывается по формуле

$$M_{вр} = 0,9 \cdot V_i \cdot n \cdot (1 - \eta), \quad (8)$$

где V – объем перерабатываемого материала, $\text{м}^3/\text{год}$; γ – плотность материала, $\text{т}/\text{м}^3$; K – удельное образование отходов, % от массы поступившего сырья (табл. 16); 0,9 – коэффициент эффективности местных отсосов; $Q_{\text{отх}}$ – количество опилок и стружек (без учета кусковых отходов), выделяющихся при механической обработке древесного сырья, $\text{т}/\text{год}$; $K_{\text{п}}$ – коэффициент содержания пыли в отходах (см. ниже), %; η – степень очистки пылеочистного оборудования, доли единицы; B_i – максимально возможный выход пыли, $\text{г}/\text{с}$; 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 ($K_{\text{п}}$) определяется как средневзвешенная величина для всех групп деревообрабатывающих станков с учетом их количества и производительности.

Таблица 16

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 (ЧМЗ)	Пиломатериалы хвойных пород	25,0	–	9,0
	Пиломатериалы лиственных пород	41,0	–	7,0
Чистые мебельные заготовки	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

Задача 2.3. В течение года на предприятие по производству мебели поступают пиломатериалы, древесные плиты, фанера в количестве, указанном в табл. 17. В этой же таблице приведены технологическое оборудование, на котором производится

механическая обработка сырья, и вид получаемой продукции. Плотность древесного сырья составляет, т/м³: пиломатериалы хвойных пород – 0,45; пиломатериалы лиственных пород – 0,65; древесные плиты и фанера – 0,8. Рассчитать валовый выброс вредных веществ в атмосферу и количество образующихся отходов деревообработки. Степень очистки запыленного воздуха принять равной 90%.

Таблица 17

Исходные данные и варианты задачи 2.3

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

2.1.4. Сжигание топлива в котельных установках

Методика расчета выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котельных установках приведена в [3, 6].

Расчет выбросов мазутной золы производится только по содержанию в ней ванадия (из расчета ПДК_{сс} мазутной золы в пересчете на элемент ванадий 0,002 мг/м³) по формуле

$$M_V = 10^{-6} \cdot G_v \cdot B \cdot (1 - \eta_{oc}) \cdot (1 - \eta_y), \quad (9)$$

где B – расход натурального топлива, г/с, т/год; η_{oc} – доля ванадия, оседающего на поверхностях нагрева котлов; η_y – степень очистки дымовых газов в золоуловителях; G_v – содержание ванадия в жидком топливе, в отсутствие результатов анализа топлива, определяют по формуле $G_v = 2222,2 \cdot A^r$, где A^r – зольность топлива в рабочем состоянии, %.

Расчет выбросов оксидов серы в пересчете на диоксид серы выполняется по формуле

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^p \cdot (1 - q') \cdot (1 - q''), \quad (10)$$

где S^p – содержание серы в топливе на рабочую массу, %; q' – доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива; q'' – доля оксидов серы, улавливаемых золоуловителем.

Расчет выбросов оксида углерода выполняется по формуле

$$M_{CO} = 0,001 \cdot C_{CO} \cdot B \cdot (1 - q_4 / 100), \quad (11)$$

где B – расход натурального топлива, г/с, л/с, т/год, тыс. м³/год; q_4 – потери тепла, вызванные механической неполнотой сгорания топлива, %; C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, рассчитывается по формуле

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_H^p, \quad (12)$$

где q_3 – потери теплоты вследствие химической неполнотой сгорания топлива, %; R – коэффициент, учитывающий потери теплоты, обусловленные присутствием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; принимается для твердого топлива 1,0; жидкого – 0,65; газа – 0,5; Q_H^p – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг, МДж/м³.

Расчет выбросов оксидов азота в пересчете на диоксид азота выполняется по формуле

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_H^p \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta), \quad (13)$$

где K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество оксидов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ГДж (рис. 2); β – коэффициент, учитывающий степень снижения выбросов оксидов азота в результате реализации технических решений.

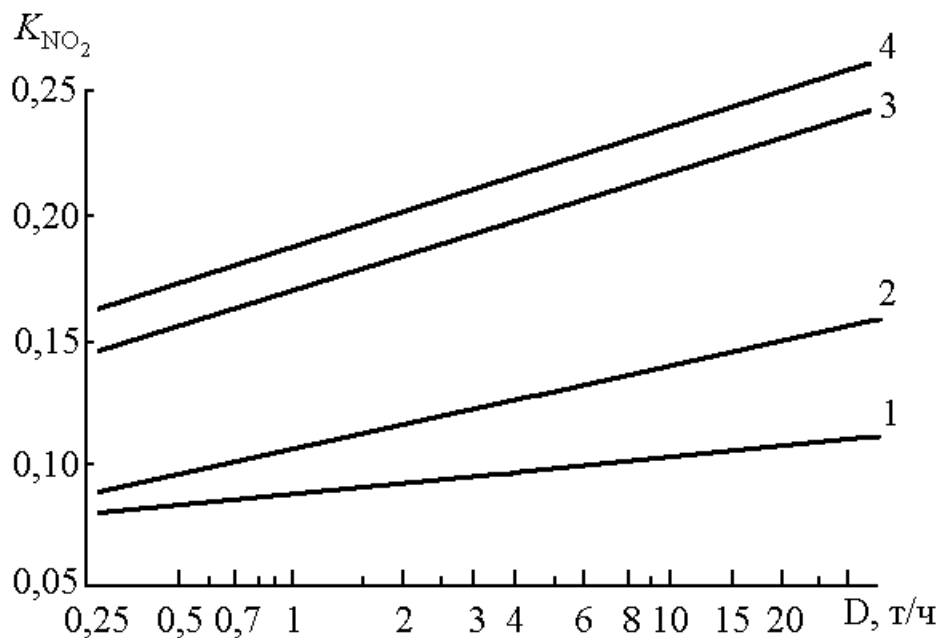


Рис. 2:

1 – природный газ, мазут; 2 – антрацит; 3 – бурый уголь; 4 – каменный уголь

Характеристика некоторых видов топлива представлена в табл. 18. Приведенные в таблице данные являются усредненными, для топлив различных месторождений они могут отличаться. На практике расчеты выбросов проводят, используя характеристики топлива из сертификата или справочные данные по конкретному виду топлива.

Таблица 18

Характеристика различных видов топлива

Вид топлива	A^r , %	S^p , %	Q_n^p , МДж/кг, МДж/м ³
Природный газ	–	–	36,0
Мазут:			
малосернистый	0,1	0,5	40,3
сернистый	0,1	1,9	39,85
высокосернистый	0,1	4,1	38,89
Дрова	0,6	–	10,24
Торф	12,0	0,3	8,29

Задача 2.4. При работе котельной в качестве основного топлива используется природный газ, резервного – мазут. Годовой расход каждого из видов топлива составляет соответственно B_r и B_m (табл. 19). Коэффициенты, характеризующие процесс сжигания топлива, представлены в табл. 20. Котельная оснащена паровыми котлами паропроизводительностью D , т/ч. Мероприятия по снижению содержания загрязняющих веществ в дымовых газах не проводятся. Рассчитать валовый (годовой) выброс загрязняющих веществ в атмосферу.

Таблица 19

Исходные данные и варианты задачи 2.4

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B_r , тыс. м ³ /год	1200	2500	5000	10500	12500	1500	7500	11500	15000	17500
B_m , т/год	150	500	700	1200	1500	250	750	1100	1800	2500
D , т/ч	1	4	6	10	20	2	5	8	15	25

Таблица 20

Параметры процесса сжигания топлива

Вид топлива	η_{oc}	q'	q_3 , %	q_4 , %
Природный газ	–	–	0,5	0
Мазут	0,05	0,02	0,5	0

2.2. Расчет выбросов от неорганизованных источников

2.2.1. Промышленность строительных материалов

Методика расчета выбросов от неорганизованных источников (места или площадки для разгрузки, хранения сыпучих сырья, материалов, продукции и т.п.) в промышленности строительных материалов изложена в [7]. В соответствии с методикой максимально разовый выброс взвешенных веществ (пыли) Q_1 , г/с, от неорганизованных источников определяется по формуле

$$Q_1 = A + B = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot G \cdot b \cdot 10^6}{3600} + k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot g \cdot f, \quad (14)$$

где A (первая часть формулы) – выбросы при переработке материала (ссыпка, перевалка, перемеление и пр.), г/с; B (вторая часть формулы) – выбросы при статическом хранении материала, г/с.

Валовый выброс взвешенных веществ (Q_2 , т/год) от неорганизованных источников определяется по формуле

$$Q_2 = (A \cdot N_p + B \cdot N_x) \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (15)$$

где k_1 – массовая доля пылевой фракции в материале; k_2 – доля пыли (от всей массы пыли), переходящая в аэрозоль; k_3 – коэффициент, учитывающий местные метеорологические условия; k_4 – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования; k_5 – коэффициент, учитывающий влажность материала; k_6 – коэффициент, учитывающий профиль поверхности складываемого материала и определяемый как $f_{\text{факт}} / f$. Значение k_6 колеблется в пределах 1,3–1,5 в зависимости от крупности материала и степени заполнения; k_7 – коэффициент, учитывающий крупность материала; $f_{\text{факт}}$ – фактическая поверхность материала с учетом рельефа его сечения, м²; f – поверхность пыления в плане, м²; G – суммарное количество перерабатываемого материала (производительность узла пересыпки), т/ч; b – коэффициент, учитывающий высоту пересыпки; g – унос пыли с одного квадратного метра фактической поверхности в условиях, когда $k_3 = k_5 = k_1$, г/(м² · с); N_p и N_x – соответственно время разгрузки и хранения сыпучих материалов, ч/год.

Значения некоторых расчетных коэффициентов приведены в табл. 21–26.

Таблица 21

Значения коэффициентов k_1, k_2, g

Материал	k_1	k_2	g
Цемент	0,04	0,03	0,003
Мел	0,05	0,07	0,005
Глина	0,05	0,02	0,004
Песок	0,05	0,03	0,002
Уголь	0,03	0,02	0,005
Щебенка	0,04	0,02	0,002
Известняк	0,04	0,03	0,003

Таблица 22

Значения коэффициента k_3

Скорость ветра, м/с	До								Свыше 18
	2	5	7	10	12	14	16	18	
k_3	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,0

Таблица 23

Значения коэффициента k_4

Условия хранения	k_4
Склады, хранилища:	
а) открытые с:	
4 сторон	1
3 сторон	0,5
2 сторон полностью и с 2 сторон частично	0,3
б) частично открытые с:	
2 сторон	0,2
одной стороны	0,1
в) загрузочный рукав	0,01
г) закрытые с 4 сторон	0,005

Таблица 24

Значения коэффициента k_5

Влажность материала, %	До								Свыше 10
	0,5	1	3	5	7	8	9	10	
k_5	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2	0,1	0,01

Таблица 25

Значения коэффициента k_7

Размер куска, мм	k_7
более 500	0,1
500–100	0,2
100–50 (крупный щебень)	0,4
50–10 (мелкий щебень, известняк)	0,5
10–5	0,6
5–3 (песок)	0,7
3–1 (мел)	0,8
менее 1	1,0

Значения коэффициента b

Высота разгрузки, м	0,5	1	1,5	2	4	6	8	10
b	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5

Задача 2.5. На предприятии имеется неорганизованный выброс в атмосферу, источником которого являются операции с использованием сыпучих кусковых материалов. Доставка строительного материала на предприятие осуществляется автомобильным транспортом с периодичностью 1 грузовая автомашина в час. Грузоподъемность машины G , т. Разгрузка и складирование материала производится на складе, который представляет собой открытое с 4 сторон хранилище площадью f , м². Высота разгрузки составляет 0,5 м. Складирование осуществляется в течение всего года, доставка и разгрузка только во время рабочей смены (8 ч). Режим работы предприятия односменный, N рабочих дней в год. Влажность материала $W\%$. Средняя скорость ветра до 5 м/с. Пользуясь данными табл. 27, рассчитать максимально разовый и годовой выбросы пыли неорганической.

Таблица 27

Исходные данные и варианты задачи 2.5

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Строй-материал	песок	известняк	мелк. щебень	мел	крупн. щебень	песок	известняк	мелк. щебень	мел	крупн. щебень
G , т	4,0	4,5	5,0	7,5	8,0	5,0	5,5	6,0	8,5	9,0
f , м ²	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
W , %	8,5	3,5	1,2	1,5	0,7	7,5	4,4	0,9	2,0	0,8
N , дней/год	250	255	260	300	305	310	250	260	300	310

2.2.2. Резервуары нефтебаз, ТЭЦ, котельных, ГСМ

С методикой расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров можно ознакомиться по [8]. Расчет выбросов паров нефтепродуктов из резервуаров нефтебаз, ТЭЦ, котельных и т.п. проводят по формулам

– максимально разовые выбросы (M , г/с)

$$M = Y_1 \cdot K_p^{\max} \cdot Q_{\text{ч}}^{\max} / 3600, \quad (16)$$

– годовые (валовые) выбросы (G , т/год)

$$G = (Y_2 \cdot B_{\text{оз}} + Y_3 \cdot B_{\text{вл}}) \cdot K_p^{\max} \cdot 10^{-6} + G_{\text{хр}} \cdot K_{\text{нп}} \cdot N_p, \quad (17)$$

где Y_1 – концентрация паров нефтепродуктов в резервуаре, г/м³; Y_2 , Y_3 – средние удельные выбросы из резервуара соответственно в осенне-зимний и весенне-летний периоды, г/т; K_p^{\max} – опытный коэффициент, характеризующий эксплуатационные особенности резервуара (равен 0,1–1,0); $Q_{\text{ч}}^{\max}$ – максимальный объем паровоздушной смеси, вытесняемый из резервуара во время его закачки, принимаемый равным производительности насоса, м³/ч; $B_{\text{оз}}$, $B_{\text{вл}}$ – количество закачиваемого в резервуар топлива соответственно в осенне-зимний и весенне-летний периоды, т; $G_{\text{хр}}$ – выбросы паров нефтепродуктов при хранении бензина автомобильного в одном резервуаре, т/год (зависит от конструкции и объема резервуара, диапазон возможных значений 0,033–14,8); $K_{\text{нп}}$ – опытный коэффициент; N_p – количество резервуаров.

Значения некоторых расчетных коэффициентов приведены ниже (табл. 28).

Таблица 28

Значения Y_n и $K_{\text{нп}}$ в зависимости от вида нефтепродукта

Нефтепродукт	Y_1 , г/м ³	Y_2 , г/т	Y_3 , г/т	$K_{\text{нп}}$
Бензин автомобильный	972	780	1100	1
Бензин авиационный	720	480	820	0,67
Дизельное топливо	3,24	1,9	2,6	0,0029
Керосин технический	12,24	5,9	11	0,001
Мазут	5,4	4,0	4,0	0,0043
Масла нефтяные	0,324	0,2	0,2	0,0003

Задача 2.6. Нефтебаза производит прием и хранение нефтепродуктов. Рассчитать валовый и максимально разовый выбросы загрязняющих веществ от каждого из резервуаров нефтебазы по исходным данным, приведенным в табл. 29. При хранении дизтоплива и мазута в атмосферный воздух выделяются предельные углеводороды C_{12} – C_{19} , при хранении масла и керосина – соответственно масло минеральное и керосин.

Исходные данные и варианты задачи 2.6

Вариант	Хранящееся топливо	Производительность насоса, закачивающего топливо в один резервуар, м ³ /ч	Кол-во резервуаров	Суммарное кол-во топлива, закачиваемого в резервуары, т		G _{хр} , т/ГОД	K _p ^{max}
				осенне-зимний период	весенне-летний период		
1	Диз-топливо	11,5	2	9850	9500	0,21	0,77
2	Мазут	10,3	3	7400	5050	0,8	0,1
3	Керосин	4,5	2	1200	1050	0,114	0,77
4	Масла	2,4	2	580	550	0,38	0,98
5	Диз-топливо	5,4	4	10 950	10 400	0,15	0,19
6	Мазут	8,5	2	5500	4850	0,45	0,78
7	Керосин	3,3	3	1550	1250	0,165	0,77
8	Масла	1,8	3	780	700	0,165	0,82
9	Диз-топливо	14,5	3	12 450	11 100	0,69	0,97
10	Мазут	7,7	4	8750	7800	1,12	0,1

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ВЫБРОСАМИ, СБРОСАМИ, ОТХОДАМИ

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 (предельно допустимых выбросов – ПДВ), сбросов (предельно допустимых сбросов – ПДС), нормативов образования отходов.

По результатам контроля принимается решение о соответствии характеристик выбросов (сбросов) загрязняющих веществ из источника установленным нормативам и применении (неприменении) соответствующих санкций.

Нормативы ПДС для предприятий устанавливаются в том случае, когда они сбрасывают сточные воды непосредственно в водный объект. К таким относятся городские очистные сооружения и предприятия – крупные водопотребители. Нормативы ПДВ 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 предприятия – сотни. Поэтому в практике экологического контроля большой удельный вес имеют работы, связанные с проведением контроля источников загрязнения атмосферы. В связи с этим в пособии методики, используемые в практике экологического контроля, рассмотрены на примере источников загрязнения атмосферы.

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.

Результатом контроля источника является величина, характеризующая поступление загрязняющего вещества в атмосферу в единицу времени (г/с) – максимальный разовый выброс. Для ее определения необходимо располагать информацией об объемном

расходе выбрасываемого из источника газового потока и концентрации в нем загрязняющего вещества.

Для определения концентрации загрязняющего вещества непосредственно на источнике наиболее часто используются инструментальные (с помощью переносных или стационарных газоанализаторов) и инструментально-лабораторные методы, при которых отбираются представительные пробы и анализируются в лаборатории. Отбор проб и их анализ должен быть проведен таким образом, чтобы обеспечить минимальную погрешность определения выброса загрязняющего вещества.

Информация о соблюдении нормативов ПДВ может быть получена также на основании контроля содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на площадке предприятия и/или на прилегающей территории.

Для характеристики уровня загрязнения атмосферного воздуха и выявления тенденций в изменении качества атмосферного воздуха, помимо концентраций отдельных загрязняющих веществ (абсолютных или в долях ПДК), используются показатели (индексы), рассчитываемые по нескольким загрязняющим веществам.

В отличие от экологического контроля при экологической экспертизе производится проверка представленных в проекте нормативов ПДВ на предмет соблюдения санитарно-гигиенических нормативов в контрольных точках (граница санитарно-защитной зоны, ближайший жилой микрорайон и др.) по результатам расчета ожидаемых концентраций загрязняющих веществ по утвержденным методикам.

3.1. Нормативы ПДВ

Нормативы ПДВ для промышленных предприятий устанавливаются с учетом обеспечения выполнения следующего условия:

$$C_{и}^i + C_{ф}^i \leq \text{ПДК}_{\text{мр}}^i, \quad (18)$$

где $C_{и}^i$ – максимальная приземная концентрация i -вещества (без учета фона), создаваемая на границе санитарно-защитной зоны (в ближайшей жилой застройке) в совокупности всеми источниками выбросов рассматриваемого объекта (предприятия), мг/м³; $C_{ф}^i$ –

фоновая концентрация i -вещества, мг/м³; ПДК_{мр} ^{i} – максимальная разовая предельно допустимая концентрация i -вещества, мг/м³.

Данное условие должно выполняться как для индивидуальных веществ, так и для групп веществ, обладающих суммацией вредного действия.

3.2. Расчет ИЗА

Состояние атмосферного воздуха оценивается по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА). Расчет ИЗА производится для приоритетных загрязняющих веществ, используя соотношение

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (19)$$

где C_i – среднегодовая (среднесуточная) концентрация i -вещества, мг/м³; ПДК _{i} – среднегодовая (среднесуточная) предельно допустимая концентрация i -вещества, мг/м³; α_i – безразмерный коэффициент, учитывающий опасность i -вещества, равный 1,7 для веществ 1-го класса опасности, 1,3 – 2-го класса, 1,0 – 3-го класса и с неустановленным классом, 0,9 – 4-го класса.

Задача 3.1. Разработчиком проекта нормативов ПДВ для промышленного объекта на экспертизу представлены нормативы выбросов для веществ, которые на границе санитарно-защитной зоны по результатам расчета рассеивания создают максимальные приземные концентрации $C_{\text{и}}$ (без учета фона). Фоновые концентрации, которые приняты при обосновании нормативов ПДВ для объекта, составляют $C_{\text{ф}}$. Приземные и фоновые концентрации приведены в табл. 30.

Определить, правильно ли установлены нормативы ПДВ для указанных веществ. При проверке необходимо учесть группы веществ, обладающих суммацией вредного действия. Приняв, что максимальные приземные концентрации, которые создаются источниками выбросов на границе санитарно-защитной зоны, относятся к среднегодовым как 10 : 1, рассчитать значение индекса загрязнения атмосферы (ИЗА). Расчет ИЗА произвести без учета вклада в приземные концентрации фоновых концентраций. Для расчета ИЗА использовать среднесуточные ПДК.

**Максимальные концентрации на границе санитарно-защитной зоны C_n
и фоновые концентрации C_ϕ выбрасываемых веществ**

Веще- ство	C_ϕ , мг/м ³	C_n , 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
Серо- водород	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
Форм- альдегид	0,004	0,02	0,03	0,03	0,008	0,025	0,015	0,025	0,045	0,03	0,055

3.3. Категорирование вредных веществ, предприятий и источников выбросов вредных веществ в атмосферу

Категорирование загрязняющих веществ проводится на основе расчета критерия опасности вещества (КОВ). Целью категорирования является составление перечня веществ, выбросы которых подлежат обязательному плановому производственному экологическому контролю. В зависимости от значения КОВ загрязняющие вещества делятся на 4 категории (табл. 31).

$$КОВ_i = \left(\frac{M_i}{СГН_i} \right)^{\alpha_i} \cdot K = \left(\frac{M_i}{СГН_i} \right)^{\alpha_i} \cdot \left(N_i + \frac{C_i^\phi}{СГН_i} \right), \quad (20)$$

где M_i – валовый выброс i -вещества в целом по предприятию, т/год; $СГН_i$ – санитарно-гигиенический норматив i -вещества, равный ПДК_{сс} (если для вещества не установлено ПДК_{сс}, то можно использовать ПДК_{мр} или ОБУВ), мг/м³; α_i – безразмерный коэффициент, учитывающий токсичность i -вещества, равный 1,7 для веществ 1-го класса опасности, 1,3 – 2-го класса, 1,0 – 3-го класса и с неустановленным классом, 0,9 – 4-го класса; K_i – коэффициент, учитывающий фоновое загрязнение атмосферы i -веществом и наличие эффекта суммации

вредного действия загрязняющих веществ; N_i – число загрязняющих веществ в наиболее многочисленной группе суммации, включающей i -вещество; C_i^{ϕ} – фоновая концентрация i -вещества, мг/м³.

Таблица 31

Категория опасности вещества и требования к производственному экологическому контролю за выбросами

Значение КОВ	Категория опасности вещества	Требования к контролю за выбросами
КОВ \geq 5000	I	вещества обязательно подлежат плановому контролю за выбросами
5000 > КОВ \geq 250	II	решение о включении веществ в рамки планового контроля за выбросами принимается предприятием самостоятельно с учетом требований местных природоохранных органов (приоритет отдается: основным загрязнителям, веществам с более высоким значением КОВ, а также веществам с более высоким классом опасности и минимальными значениями СГН)
250 > КОВ \geq 50	III	осуществляется только внеплановый контроль за выбросами
КОВ < 50	IV	вещества контролю не подлежат

Категорирование предприятия как источника загрязнения атмосферы проводится на основе расчета критерия опасности предприятия (КОП). Целью категорирования является обоснование целесообразности проведения производственного экологического контроля за выбросами по предприятию в целом и обоснование принципов такого контроля. В зависимости от значения КОП предприятия делятся на 4 категории (табл. 32).

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{\text{СГН}_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (21)$$

где n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием; остальное – см. формулу (20); при расчете КОП учитываются только те вещества, для которых $M_i/\text{СГН}_i > 1$.

Категория опасности предприятия и требования к производственному экологическому контролю за выбросами

Значение КОП	Категория опасности предприятия	Требования к контролю за выбросами
$\text{КОП} \geq 10^6$	I	а) плановый производственный контроль за выбросами на источниках является обязательным и ежегодным; б) необходим постоянный (ежегодный) контроль за состоянием атмосферы в контрольных точках (граница СЗЗ и жилая застройка)
$10^6 > \text{КОП} \geq 10^4$	II	плановый производственный контроль за выбросами на источниках является обязательным и ежегодным
$10^4 > \text{КОП} \geq 10^3$	III	плановый производственный контроль за выбросами проводится периодически, как правило, силами специализированных сторонних организаций
$\text{КОП} < 10^3$	IV	

Категорирование источников выбросов вредных веществ в атмосферу проводится для установления периодичности контроля за выбросами на источниках и осуществляется путем расчета критериев мощности выброса и влияния выброса (КМВ и КВВ). В зависимости от значений КМВ и КВВ выбросы вредных веществ делятся на 4 категории (табл. 31), для каждой из которых по табл. 32 с учетом токсичности вещества устанавливается периодичность контроля.

КМВ – критерий мощности выброса i -вещества из j -источника загрязнения атмосферы рассчитывается по формуле

$$\text{КМВ}_{ij} = \frac{M_{ij}}{H_j \cdot \text{СГН}_i} \cdot \frac{100}{100 - \text{П}_{ij}}, \quad (22)$$

где M_{ij} – максимальный секундный выброс i -вещества из j -источника, г/с; H_j – высота j -источника, м; СГН_i – санитарно-гигиенический норматив i -вещества, равный ПДК_{мр} (если для вещества не установлено ПДК_{мр}, то можно использовать ПДК_{сс} или ОБУВ), мг/м³; П_{ij} – средняя эксплуатационная степень очистки выбросов от i -вещества, выбрасываемого из оснащенной газоочистной установкой j -источника, %.

КВВ – критерий влияния выброса i -вещества из j -источника загрязнения атмосферы рассчитывается по формуле

$$КВВ_{ij} = \frac{C_{ij}}{СГН_i} \cdot \frac{100}{100 - П_{ij}}, \quad (23)$$

где C_{ij} – максимальная приземная концентрация i -вещества, создаваемая выбросом из j -источника, на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ), рассчитанная по ОНД-86, мг/м³.

Таблица 33

Условия категорирования выбросов вредных веществ

	$КМВ_{ij} \geq 0,1$	$0,1 > КМВ_{ij} \geq 0,01$	$КМВ_{ij} < 0,01$
$КВВ_{ij} \geq 0,5$	I категория	I категория (ВСВ)	II категория
		II категория (ПДВ)	
$0,5 > КВВ_{ij} \geq 0,1$	II категория	II категория (ВСВ)	III категория
		III категория (ПДВ)	
$КВВ_{ij} < 0,1$	III категория	III категория (ВСВ)	IV категория
		IV категория (ПДВ)	

Таблица 34

Периодичность производственного контроля за выбросами

Класс опасности вещества	Категория опасности выброса			
	I	II	III	IV
1	1 раз в неделю или постоянно	1 раз в месяц	2 раза в год	1 раз в год
2	2 раза в месяц или постоянно	2 раза в квартал	1 раз в год	1 раз в 5 лет (при инвентаризации)
3	1 раз в месяц	2 раза в год	2 раза в 5 лет, в т.ч. при инвентаризации	
не установлен				
4	1 раз в два месяца	1 раз в год		

Задача 3.2. Определить приоритетные контролируемые вещества и требования к организации контроля за выбросами на основе расчета КОВ и КОП для предприятия, характеристика выбросов вредных веществ в атмосферу которого приведена в табл. 35, 36.

Варианты задачи 3.2

Вариант									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
учитываемые загрязняющие вещества (порядковый № из табл. 36)									
1; 2; 3; 4; 5	3; 4; 5; 15; 16	1; 6; 7; 13; 17	2; 7; 8; 19; 20	3; 7; 8; 10; 11	1; 7; 9; 12; 18	4; 5; 9; 10; 16	4; 7; 8; 9; 14	2; 3; 4; 5; 7	9; 11; 12; 18; 19

Таблица 36

Характеристика выбросов вредных веществ

Наименование вещества	Выброс, т/год
1. Азота диоксид	77,3
2. Аммиак	2,35
3. Ацетон	2,5
4. Бензол	2,85
5. Бутилацетат	1,8
6. Ванадия (V) оксид	0,05
7. Взвешенные вещества	18,8
8. Водород хлористый	0,75
9. Кислота серная	21,2
10. Ксилол	14,1
11. Озон	0,85
12. Свинец	0,075
13. Серы диоксид	7,5
14. Спирт этиловый	11,5
15. Стирол	2,7
16. Тoluол	1,02
17. Углерода оксид	124,5
18. Фенол	0,9
19. Формальдегид	0,42
20. Фтористый водород	0,15

Задача 3.3. Определить периодичность производственного контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу (на основе расчета критерия мощности и критерия влияния выброса – КМВ и КВВ) для предприятия, характеристика источников загрязнения атмосферы которого представлена в табл. 37, 38. Для предприятия устанавливаются нормативы ПДВ. Очистка выбросов не производится.

Варианты задачи 3.3

Вариант									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ источников									
1; 4	1; 5	1; 6	2; 4	2; 5	2; 6	3; 4	3; 5	3; 6	4; 5; 6

Параметры источников загрязнения атмосферы

№ ист-ка	Параметры источника		Расход газа в устье ист-ка, м ³ /с	Наименование вредного вещества	Концентрация вещества в устье ист-ка, мг/м ³	Концентрация вещества на границе СЗЗ, мг/м ³
	высота, м	диаметр, м				
1	85,0	4,0	120	Азота диоксид	150	0,1
				Серы диоксид	240	0,28
				Углерода оксид	185	1,2
				Мазутная зола (по V)	0,3	0,0001
2	21,0	1,2	9,5	Взвешен. вещества	19	0,08
				Ацетон	22	0,005
				Ксилол	44	0,05
				Толуол	145	0,33
3	18,0	1,5	11,5	Взвешен. вещества	27	0,1
				Ацетон	15	0,005
				Ксилол	240	0,05
				Толуол	150	0,03
4	4,0	0,3	0,9	Аммиак	10,5	0,11
				Формальдегид	5,5	0,004
5	2,5	0,55	1,2	Фенол	2,5	0,0055
				Фурфурол	1,5	0,009
6	5,5	0,45	2,8	Аммиак	3,3	0,003
				Формальдегид	2,4	0,009

3.4. Отбор и анализ проб газовой воздушных выбросов на содержание загрязняющих веществ

При проведении различных видов экологического контроля наибольшее распространение получили инструментальные, инструментально-лабораторные и инструментально-расчетные методы, которые заключаются в отборе, анализе проб различных сред

(воздуха, воды и пр.) и расчете содержания загрязняющих веществ в анализируемых средах.

Пробы газоздушных выбросов отбираются в виде газовой пробы или путем улавливания определяемого вещества при пропускании (аспирации) газа через фильтр, жидкий или твердый поглотители.

Отбор проб воздуха на жидкий поглотитель производится с целью перевода анализируемого вещества из газовой фазы в жидкую за счет его растворения (абсорбции). В этом случае необходимо обеспечить поглощение такого количества вещества, которое может быть обнаружено используемым методом анализа. Для таких методов анализа диапазон измеряемых концентраций часто выражается как количество вещества в единице объема жидкой пробы, например, мкг/см³ или мг/см³.

3.4.1. Организованные источники

При отборе проб воздуха из организованных источников на содержание аэрозольных частиц (пыли) необходимым условием является соблюдение условия изокINETичности, т.е. равенства скоростей газоздушного потока в измеряемом сечении и в наконечнике пробоотборного устройства. ИЗОКИНЕТИЧЕСКИЙ режим пробоотбора обеспечивает представительность отобранной пробы по дисперсному составу. Запыленность воздуха (Z , г/м³) определяется по формуле

$$Z = \Delta m / (G_n \cdot \tau), \quad (24)$$

где Δm – привес пыли в фильтрующем устройстве, г/м³; G_n – скорость пробоотбора (объемный расход воздуха через пробоотборное устройство), приведенная к нормальным условиям, м³/мин; τ – время отбора пробы, мин.

Объемный расход воздуха приводится к нормальным условиям по формуле

$$G_n = G \cdot 273 \cdot P / ((t + 273) \cdot 101,25), \quad (25)$$

где G – фактическая скорость пробоотбора (объемный расход воздуха через пробоотборное устройство), м³/мин; P – давление, кПа; t – температура выбросов, °С.

Задача 3.4. Определить скорость аспирации при отборе пробы воздуха на содержание аэрозольных частиц. Скорость в газоходе, из которого отбирается проба, W , м/с. Диапазон, в котором возможно регулировать производительность аспиратора, G , л/мин. В наличии имеется комплект наконечников пробоотборных трубок с диаметрами d , мм. Рассчитать запыленность воздуха для установленной скорости аспирации, если привес пыли в фильтрующем устройстве составил 0,05 г, время аспирации – 10 мин, температура выбросов – t °С. Исходные данные приведены в табл. 39.

Таблица 39

Исходные данные и варианты задачи 3.4

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W , м/с	22	10	3	25	12	2,5	6,5	9	4	5,5
G_{\min} , л/МИН	5	3	5	5	1	5	5	10	5	10
G_{\max} , л/МИН	20	15	30	25	10	20	15	25	20	30
d_1 , мм	4	5	4	4	4	5	4	4	4	5
d_2 , мм	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
d_3 , мм	6	8	8	8	6	8	8	8	6	8
t , °С	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70

Задача 3.5. Определить минимальное и максимальное время аспирации при отборе пробы на содержание аммиака, если его ориентировочная концентрация в выбросах составляет C , мг/м³. Проба отбирается на жидкий поглотитель ($V = 20$ см³). Диапазон измеряемых концентраций для используемого метода анализа составляет D , мкг/см³ анализируемой жидкой пробы. Производительность аспиратора G , л/мин (табл. 40).

Таблица 40

Исходные данные и варианты задачи 3.5

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C , мг/м ³	2	5	10	8	4	3	12	7	9	11
D_{\min} , мкг/см ³	1	1	5	10	2	2	5	1	3	5
D_{\max} , мкг/см ³	40	50	100	200	50	50	100	50	100	100
G , л/МИН	5	4	2,5	8	5	7,5	4	2,5	3	5

3.4.2. Неорганизованные источники

Определение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от неорганизованных источников, а также контроль таких источников имеют специфические особенности, обусловленные большими размерами, влиянием на количественный состав выбросов многих факторов. Расчетные методы используются для определения нормативов допустимых выбросов из неорганизованных источников (см. п. 2.2), но не позволяют контролировать соблюдение этих нормативов.

Инструментально-расчетные методы определения выбросов могут использоваться как для инвентаризации выбросов из таких источников, так и для контроля за соблюдением нормативов ПДВ. С методиками инструментально-расчетного определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу можно познакомиться по [9, 10]. Порядок контроля неорганизованных источников изложен в ОНД-90.

Рассмотрим применение инструментально-расчетных методов на примере методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от неорганизованных источников, которые представляют собой открытые и перекрытые поверхности испарения объектов очистки сточных вод, площадки, загрязненные различными жидкостями и подобные им объекты [10]. В основе методики лежит инструментальное измерение концентраций загрязняющих веществ подветренной и наветренной сторон контролируемого (обследуемого) объекта, измерение скоростей движения воздушного потока, его температуры и давления, геометрических размеров обследуемого объекта. Методика используется для контроля выбросов из неорганизованных источников паров и газов.

Для проведения измерений необходимо составить в масштабе план обследуемого объекта и прилегающей территории, разметить направления ветра, удобные для проведения измерений, определить положение замерных сечений. При направлениях ветра, удобных для замеров, отсутствии осадков, тумана проводят следующие измерения:

- концентрации загрязняющих веществ (пробоотбор) в замерных сечениях подветренной и наветренной сторон объекта;
- скорости и температуры воздушных потоков в замерных сечениях.

Температуру воздуха измеряют в одной из точек замерного сечения.

Измерения проводят в теплый и холодный периоды года, не менее одного раза в месяц. К холодному периоду года относятся месяцы с октября по апрель, к теплому – все остальные месяцы года (май – сентябрь).

Расчет массовых (максимально-разовых) выбросов (M_i , г/с) загрязняющего вещества из неорганизованного источника производят по формуле

$$M_i = 16,17 \cdot L \cdot w_{\text{ср}} \cdot (P_a/T_a) \cdot (C_{\text{под}} - C_{\text{нав}}) \cdot k \cdot 10^{-6}, \quad (26)$$

где L – длина замерного сечения, м; $w_{\text{ср}}$ – скорость ветра на высоте 3 м, м/с; P_a – атмосферное давление, Па; T_a – температура атмосферного воздуха, К; $C_{\text{под}}$ – средняя концентрация загрязняющего вещества подветренного сечения при нормальных условиях, мг/н.м³; $C_{\text{нав}}$ – концентрация загрязняющего вещества наветренного сечения (фоновая концентрация) при нормальных условиях, мг/н.м³; k – поправочный коэффициент, принимают в зависимости от значения a по табл. 41; a – расстояние между замерным сечением подветренной стороны и наиболее удаленной от него точкой поверхности выделения загрязняющих атмосферу веществ, м.

Таблица 41

Значения поправочных коэффициентов k в зависимости от значения a

a	k	a	k	a	k	a	k	a	k
менее 17	1,000	31	1,074	46	1,167	72	1,311	102	1,453
17	1,002	32	1,081	47	1,173	74	1,322	104	1,462
18	1,005	33	1,087	48	1,179	76	1,332	106	1,471
19	1,008	34	1,093	49	1,185	78	1,341	108	1,479
20	1,012	35	1,099	50	1,190	80	1,351	110	1,488
21	1,017	36	1,105	52	1,197	82	1,361	112	1,496
22	1,022	37	1,112	54	1,214	84	1,371	114	1,505
23	1,027	38	1,118	56	1,225	86	1,380	116	1,513
24	1,032	39	1,124	58	1,236	88	1,389	118	1,521
25	1,038	40	1,131	60	1,248	90	1,399	120	1,529
26	1,050	41	1,136	62	1,258	92	1,408	122	1,538
27	1,054	42	1,143	64	1,269	94	1,417	124	1,545
28	1,056	43	1,149	66	1,280	96	1,427	126	1,553
29	1,062	44	1,155	68	1,291	98	1,436	128	1,561
30	1,068	45	1,161	70	1,301	100	1,444	130	1,569

Величины L и a измеряют на плане, как показано на рис. 3. Средние концентрации $C_{\text{под}}$, $C_{\text{нав}}$ и средние скорости ветра $w_{\text{ср}}$ в замерном сечении вычисляют как средние арифметические из всех измерений.

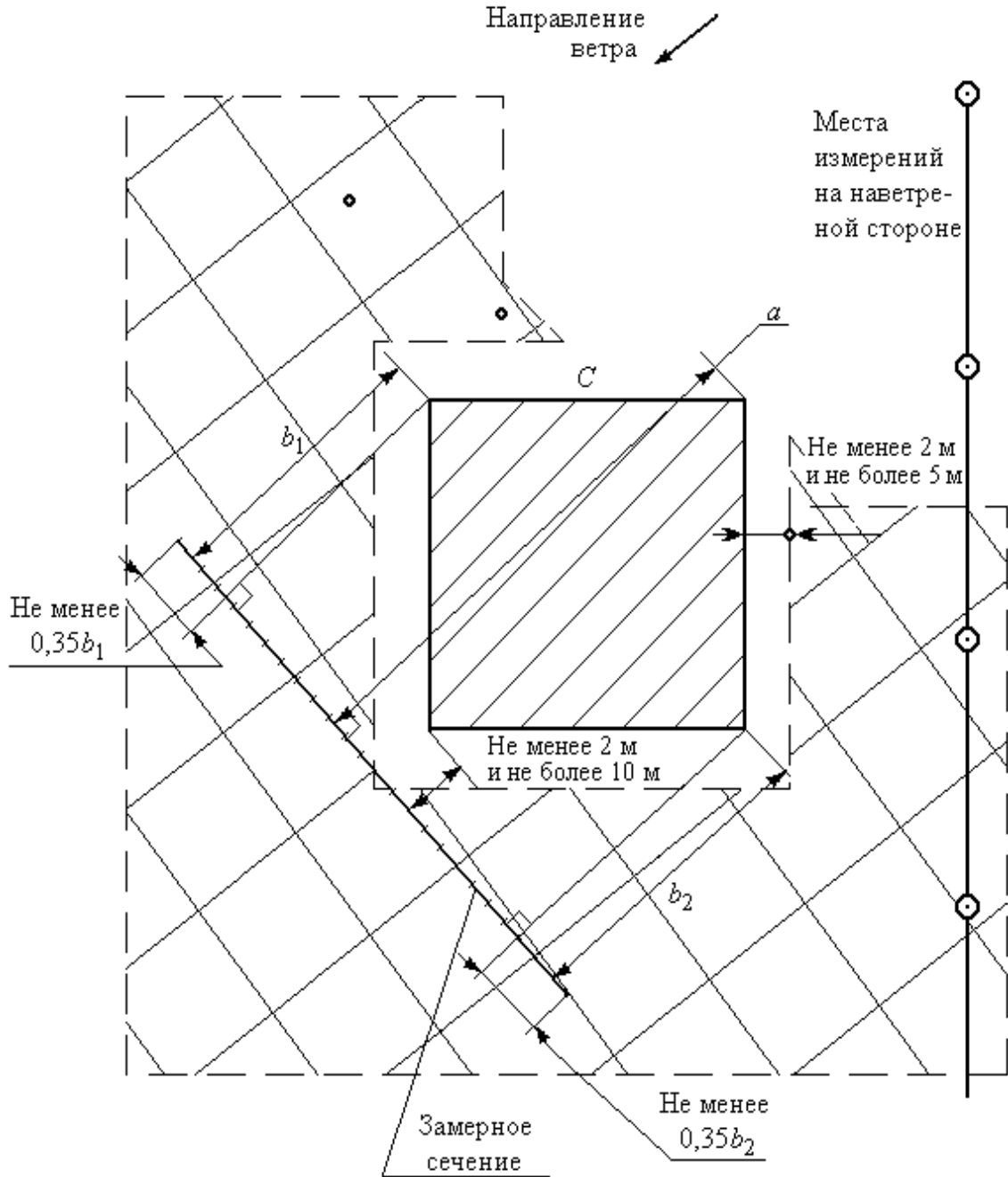


Рис. 3

Средние массовые (максимально-разовые) выбросы за соответствующие периоды года (теплый и холодный) (M_{icp} , г/с) рассчитываются по формуле

$$M_{icp} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M_i, \quad (27)$$

где n – количество единичных массовых выбросов, рассчитанных по данным, полученным при обследовании в разное время.

Среднегодовые массовые выбросы (M_T , г/с) рассчитывают по формуле

$$M_T = 0,5 \cdot (M_X + M_T), \quad (28)$$

где M_X, M_T – средние массовые выбросы соответственно за холодный и теплый периоды года, г/с.

Валовые выбросы загрязняющих веществ за холодный (G_X , т/год) и теплый (G_T , т/год) периоды года рассчитываются по формулам

$$G_X = M_X \cdot \tau_X \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (29)$$

$$G_T = M_T \cdot \tau_T \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (30)$$

где τ_X, τ_T – количество часов эксплуатации источника за соответствующий период года, ч.

Годовые валовые выбросы (G , т/год) загрязняющих веществ рассчитываются по формуле

$$G = G_X + G_T. \quad (31)$$

Задача 3.6. Определить выбросы загрязняющих веществ (углеводородов) в атмосферу от нефтеловушки, входящей в состав очистных сооружений, схема расположения которой приведена на рис. 3. Нефтеловушка представляет собой квадратный в плане резервуар с размером стороны C , м. Исходные данные приведены в табл. 42. Нефтеловушка эксплуатируется круглосуточно в течение всего года. Продолжительность теплого и холодного периодов года составляет по 6 месяцев. Для определения необходимых размеров необходимо по исходным данным построить в масштабе план расположения источника.

Исходные данные и варианты задачи 3.6

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размеры источника										
a , м	20	25	30	35	40	45	50	75	95	125
b_1 , м	12	14	16	19	22	25	28	40	55	70
b_2 , м	10	11	12	15	18	20	24	35	50	67
C , м	4	5	7	8	9	10	11	12	15	20
Теплый период года										
$C_{\text{под}}$, мг/м ³	18,5	19,3	20,7	19,5	20,4	21,5	24,5	28,8	22,5	27,3
$C_{\text{нав}}$, мг/м ³	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,0
$w_{\text{ср}}$, м/с	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
P_a , кПа	100,7	100,8	100,9	101,0	101,1	100,5	100,6	100,4	101,2	101,1
T_a , К	285	286	287	288	289	285	286	287	288	289
Холодный период года										
$C_{\text{под}}$, мг/м ³	15,2	12,5	16,8	17,3	18,1	14,9	19,4	22,5	20,2	24,1
$C_{\text{нав}}$, мг/м ³	4,2	4,4	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4	5,1	4,5
$w_{\text{ср}}$, м/с	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8
P_a , кПа	101,0	100,9	100,8	100,7	100,6	100,5	100,4	100,3	100,2	100,1
T_a , К	252	253	254	255	256	252	253	254	255	256

4. ОВОС, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Оценка воздействия на окружающую среду предполагает идентификацию всех источников воздействия, определение величины воздействий и выявление наиболее значимых из них. Величину воздействия характеризуют показатели, как источника (сколько, за какое время и, что поступает в объекты окружающей среды), так и состояния окружающей среды. Для определения первых показателей можно использовать результаты расчета материального баланса. Для других необходимо прогнозировать состояние объектов окружающей среды, учитывая специфические условия территории (метеорологические, физико-географические, геологические, гидрогеологические и др.). Оценку воздействия проводят для атмосферы, водных объектов (гидросферы), почвы. Наиболее полно воздействие характеризует величина риска, которая представляет собой оценку вероятности неблагоприятных событий (загрязнение объектов окружающей среды, ущерб для здоровья населения и др.).

В пособии не представляется возможным рассмотреть все методики и показатели, которые используются для характеристики воздействия, обоснования природоохранных мероприятий, поэтому остановимся на отдельных, определение которых может вызвать трудности.

4.1. Расчет объема поверхностного стока

Поверхностный сток включает дождевые, талые и поливомоечные сточные воды, количество которых учитывается при проектировании системы водоотведения с промышленных площадок предприятий. Методика расчета годового объема поверхностного стока приведена в [11]. Информация об особенностях формирования и отведения поверхностных сточных вод содержится в [12].

Годовой объем дождевого стока (Q_d^r , м³/год) с рассматриваемой территории рассчитывается по формуле

$$Q_d^r = 2,5 \cdot H_d^r \cdot F \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (32)$$

где 2,5 – коэффициент, учитывающий размерность входящих величин, допустимое снижение общего коэффициента стока с учетом наличия сильных ливней и слабых дождей и величину общего стока при доле водонепроницаемых поверхностей 40% от всей площади водосбора;

F – площадь водосбора (общая площадь территории объекта), га; $H_{д}^{\Gamma}$ – суммарное годовое количество жидких осадков (при учете смешанных (дождь со снегом) осадков), мм; $H_{см}^{\Gamma}$ – суммарное годовое количество таких осадков), мм; K_1 – коэффициент, учитывающий объем дождевых сточных вод, направляемых в сети дождевой канализации и на очистные сооружения (табл. 41); K_2 – коэффициент, учитывающий долю водонепроницаемых поверхностей (кровли зданий, дороги, тротуары и другие площади с водонепроницаемым покрытием) в общей площади водосборного бассейна (табл. 42).

Значения коэффициентов K_1 и K_2

Таблица 41

q_{20} , л/(с·га)	50	60	70	80	90	100	120
K_1	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65	0,6

Таблица 42

Площадь водонепроницаемой поверхности, в % к площади водосбора	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
K_2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2

При выпадении в холодный период года жидких и смешанных (дождь со снегом) осадков последние следует учитывать как дождевые сточные воды. При расчете объемов смешанных осадков, поступивших в сети дождевой канализации в холодный период (при замерзшем грунте), коэффициенты K_1 и K_2 следует принимать равными: $K_1 = 1,0$ и $K_2 = 2,2$.

Годовой объем талых вод ($Q_{т}^{\Gamma}$, м³/год) с рассматриваемой территории рассчитывается по формуле

$$Q_{т}^{\Gamma} = 8 \cdot H_{вп}^{\Gamma} \cdot F, \quad (33)$$

где 8 – коэффициент, учитывающий размерность входящих величин и объем воды от таяния снега, который не поступает в дождевую сеть и на очистные сооружения (часть снега, вывозимого за пределы территории); $H_{вп}^{\Gamma}$ – среднемноголетний слой стока весеннего половодья, мм; F – площадь водосбора (общая площадь территории объекта), га.

Годовой объем поверхностного стока определяется как суммарное количество дождевых, талых и поливомоечных сточных вод.

Характеристики атмосферных осадков для некоторых городов Республики Беларусь приведены в табл. 43.

Таблица 43

Основные расчетные параметры осадков

Город	$H_{д}^{\Gamma}$, мм	$H_{см}^{\Gamma}$, мм	$H_{вп}^{\Gamma}$, мм	q_{20} , л/(с·га)
Минск	492	100	54	97
Брест	432	71	45	92
Витебск	491	60	60	92
Гомель	461	77	52	98
Могилев	489	103	52	97
Полоцк	478	63	69	88

Примечание. q_{20} – интенсивность дождя продолжительностью 20 мин, л/с на 1 га, для данной местности при P (период однократного превышения дождя заданной интенсивности) = 1 год.

Задача 4.1. Рассчитать объем поверхностного стока (суммарное количество дождевых и талых сточных вод, без учета поливомоечных вод), отводимого с территории промплощадки, расположенной в городе N (табл. 44), характеристики которой представлены в табл. 45.

Таблица 44

Варианты задачи 4.1

	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Город N	Минск	Брест	Витебск	Гомель	Минск	Могилев	Полоцк	Брест	Минск	Гомель
№ промплощадки	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Таблица 45

Характеристика промплощадки

№ промплощадки	Общая площадь, га	Отвод 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

4.2. Эквивалентное население

При характеристике производственных и смешанных сточных вод, близких по составу к хозяйственно-бытовым стокам, используется показатель эквивалентного (приведенного) населения, который может быть рассчитан по БПК_п, содержанию взвешенных и других загрязняющих веществ (фосфаты, хлориды, азот аммонийный и др.). Расчет эквивалентного населения $N_{\text{экв}}$, чел., производится по формуле

$$N_{\text{экв}} = Q \cdot C / N, \quad (34)$$

где Q – расход сточной воды, м³/сут; C – концентрация загрязняющих веществ в сточной воде, г/м³; N – норма образования загрязняющих веществ на одного человека, г/сут.

В соответствии с [13] количество загрязняющих веществ на одного человека составляет, г/сут: взвешенные вещества – 65, БПК_п осветленной жидкости – 40, азот аммонийный – 8, фосфаты – 3,3, хлориды – 9, поверхностно-активные вещества (ПАВ) – 2,5.

Задача 4.2. Рассчитать эквивалентное население для сточных вод, расход и характеристика которых представлены в табл. 46.

Таблица 46

Варианты задачи 4.2

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход сточных вод, м ³ /сут.	200	400	600	800	1000	2000	3000	4000	5000	10000
Содержание, г/м ³ :										
– взвешен. вещества	500	150	250	900	200	300	350	400	700	450
– БПК _п	600	200	300	950	250	350	400	510	850	550
– азот аммонийный	85	35	70	55	60	80	75	105	95	90
– фосфаты	25	12	15	40	30	45	50	35	55	35
– хлориды	250	40	50	120	70	200	150	300	175	110
– ПАВ	10	15	12	20	18	25	30	24	40	17

4.3. Состав мероприятий по охране атмосферного воздуха

Состав книги (тома) «Мероприятия по охране атмосферного воздуха» определяется степенью воздействия проектируемого предприятия (производства) на атмосферу, которая характеризуется значением параметра П. Если для расчета П отсутствуют

необходимые данные, то степень воздействия на атмосферу характеризуется значением параметра Φ [14].

Расчет П. Для каждого загрязняющего вещества, выбрасываемого каждым источником загрязнения атмосферы, рассчитывается требуемое потребление воздуха (ТПВ_{ij}), $\text{м}^3/\text{с}$:

$$\text{ТПВ}_{ij} = 10^3 \cdot M_{ij} / \text{ПДК}_{\text{мр}}, \quad (35)$$

где M_{ij} – максимально разовый выброс i -го загрязняющего вещества j -м источником выбросов, $\text{г}/\text{с}$; $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ – максимально-разовая ПДК (если нет $\text{ПДК}_{\text{мр}}$, то может использоваться $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ или ОБУВ), $\text{мг}/\text{м}^3$.

Далее также для каждого загрязняющего вещества, выбрасываемого каждым источником загрязнения атмосферы, рассчитывается параметр R :

$$R_{ij} = D_j / (H_j + D_j) \cdot C_{ij} / \text{ПДК}_{\text{мр}}, \quad (36)$$

где C_{ij} – концентрация i -го загрязняющего вещества в устье j -го источника выбросов, $\text{мг}/\text{м}^3$; D_j – диаметр устья j -го источника выбросов, м ; H_j – высота j -го источника выбросов, м .

Если $D_j > 0,5 \cdot H_j$, то отношение $D_j / (H_j + D_j)$ принимается равным единице.

Затем для каждого загрязняющего вещества определяется параметр Π_i , $\text{м}^3/\text{с}$:

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^n (\text{ТПВ}_{ij} \cdot R_{ij}), \quad (37)$$

где n – количество источников загрязнения атмосферы, выбрасывающих i -тое загрязняющее вещество.

Для обладающих суммацией вредного действия веществ рассчитывается параметр Π_e :

$$\Pi_e = \sum_{i=1}^m \Pi_i, \quad (38)$$

где m – количество веществ, входящих в группу суммации.

Из всех рассчитанных значений Π_i и Π_e выбирается максимальное, которое и принимается за параметр Π для рассматриваемого предприятия.

Расчет Φ . Для каждого загрязняющего вещества рассчитывается параметр Φ_i , $\text{м}^2/\text{с}$:

$$\Phi_i = 10^3 / N_i^{\text{сп}} \cdot M_i / \text{ПДК}_{\text{мр}}, \quad (39)$$

где H_i^{cp} – средняя высота источников, выбрасывающих i -тое загрязняющее вещество, м; M_i – суммарный максимально разовый выброс i -го загрязняющего вещества по предприятию, г/с.

Для обладающих суммацией вредного действия веществ аналогично Π_e рассчитывается параметр Φ_e . Из всех рассчитанных значений Φ_i и Φ_e выбирается максимальное, которое и принимается за параметр Φ для рассматриваемого предприятия.

В зависимости от значения параметров Π и Φ все предприятия (производства) делятся на 4 группы, для которых требования к составу мероприятий по охране атмосферного воздуха в проектной документации различаются и частично приведены в табл. 47 [14].

Таблица 47

Состав мероприятий по охране атмосферного воздуха

Состав проектных материалов	Параметр Π			
	$> 10^8$	$10^8 - 10^6$	$10^6 - 5 \cdot 10^4$	$< 5 \cdot 10^4$
	Параметр Φ			
	$> 5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3 - 300$	$300 - 80$	< 80
Схема генерального плана с нанесением источников выбросов и очистного оборудования	+	+	+	+
Расчет и анализ загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения (если параметр $R < 5$, то «расчет рассеивания» нецелесообразен)	+	+	+	+
Сведения об уточнении размеров СЗЗ с учетом розы ветров	+	+	+	–
Обоснование выбора оборудования для очистки выбросов в атмосферу	+	+	–	–
Краткая характеристика и обоснование решений по технологии производства в части снижения загрязнения атмосферы	+	–	–	–

Примечание. Знак «+» в ячейках таблицы означает необходимость рассмотрения соответствующего вопроса в проектной документации; знак «–» – вопрос не подлежит разработке.

Задача 4.3. Определить состав проекта «Мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения» на основе расчета параметров П и Ф (в соответствии с ОНД 1-84) для предприятия, характеристика источников загрязнения атмосферы которого представлена в табл. 48, 49.

Таблица 48

Параметры источников загрязнения атмосферы

№ ист-ка	Параметры источника		Расход газа в устье ист-ка, м ³ /с	Наименование вредного вещества	Концентрация вещества в устье источника, мг/м ³
	высота, м	диаметр, м			
1	12,0	0,5	0,7	Взвешен. вещества	80,5
2	11,0	0,4	2,4	Взвешен. вещества	55,0
3	11,7	0,55	2,5	Углерода оксид	25,5
4	12,5	0,35	2,3	Углерода оксид	129
5	24,5	0,45	0,9	Формальдегид	88,3
6	120,0	4,5	115	Азота диоксид	330
				Серы диоксид	205
				Углерода оксид	105
				Мазутная зола (по V)	0,3
7	25,0	1,1	7,5	Взвешен. вещества	15,4
				Бутилацетат	24,5
				Ксилол	48
				Толуол	89
8	15,0	1,5	14,5	Взвешен. вещества	33
				Бутилацетат	125
				Ксилол	259
				Толуол	224
9	24,0	0,3	0,9	Аммиак	12,3
				Бензол	5,3
10	7,5	0,55	4,4	Аммиак	52,5
				Азота диоксид	105
11	3,0	0,5	1,8	Аммиак	3,1
				Формальдегид	2,3

Из представленных в табл. 49 веществ, суммацией вредного действия обладают:

- 1) аммиак, формальдегид;
- 2) азота диоксид, серы диоксид;
- 3) азота диоксид, мазутная зола, серы диоксид;
- 4) азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид.

Варианты задачи 4.3

	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ис- точников	1, 5, 6, 9	2, 3, 7, 11	3, 5, 7, 9	4, 5, 6, 9	2, 5, 7, 10	1, 8, 9, 11	2, 4, 6, 10	3, 8, 10, 11	4, 9, 10, 11	2, 5, 6, 11

4.4. Санитарная классификация предприятий. Санитарно-защитные зоны

Предприятия и другие объекты, являющиеся источниками воздействия на окружающую среду и здоровье человека, необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами (СЗЗ). Размер СЗЗ зависит от санитарного класса, к которому относится предприятие (производство). Нормативный размер санитарно-защитной зоны L_n определяется по [15].

Для корректировки СЗЗ необходимо построить по данным о повторяемости ветра на территории, где расположено предприятие, розу ветров (в масштабе). Затем пересчитать нормативный размер СЗЗ, используя данные о повторяемости ветра по каждому направлению (румбу) по соотношению

$$L_k = L_n \cdot P_n / 12,5 , \quad (40)$$

где P_n – повторяемость ветра данного направления (румба),%; L_k – скорректированный размер санитарно-защитной зоны для данного направления (румба).

Корректировку следует проводить для румбов, повторяемость ветра по которым превышает 12,5%.

Задача 4.4. Определить санитарный класс предприятия (по СанПиН №10-5 РБ 2002), расположенного в городе N (табл. 50). Скорректировать нормативный размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия в соответствии с розой ветров (табл. 51). Принять, что санитарно-защитная зона устанавливается от точечного источника загрязнения атмосферы (дымовой трубы). Построить по приведенным данным розу ветров (в масштабе), изобразить нормативную и скорректированную СЗЗ. Учесть, что изменение размера СЗЗ в сторону уменьшения не производится.

Исходные данные и варианты задачи 4.4

Вариант	Наименование предприятия (производства)	Место размещения предприятия (город)
1	Производство бетонных изделий	Минск
2	Производство электротехнических приборов (с небольшим литейным цехом)	Борисов
3	Нефтеперерабатывающее предприятие	Полоцк
4	Картонно-бумажный завод (производство бумаги из макулатуры)	Слоним
5	Производство сжатого азота и кислорода	Минск
6	Производство щелочных аккумуляторов	Борисов
7	Производство полиэфирных и эпоксидных смол	Полоцк
8	Типография без применения свинца	Слоним
9	Завод искусственной кожи с применением летучих органических растворителей	Минск
10	Производство по переработке фторопластов	Борисов

Таблица 51

Среднегодовая роза ветров

Город	Направление и повторяемость ветра, %								Штиль (дни)
Минск	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	5
	8	9	9	13	15	14	17	15	
Борисов	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	4
	10	10	9	12	14	18	14	13	
Полоцк	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	6
	9	8	10	12	15	15	19	12	
Слоним	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	5
	9	8	11	13	13	13	18	15	

4.5. Пылевая нагрузка

Одним из основных последствий воздействия производственной деятельности на почвенный покров является образование геохимических антропогенных аномалий. С источниками образования и основными характеристиками таких аномалий можно ознакомиться в [16]. Полезно изучить данные о геохимическом состоянии почвенного покрова Беларуси [17]. В этом же источнике содержатся данные о региональных кларках тяжелых металлов дерново-подзолистых почв Беларуси.

Одной из причин возникновения геохимических антропогенных аномалий является выпадение аэрозолей (пыли) из атмосферы на территорию, примыкающую к объекту, в выбросах которого присутствуют аэрозольные частицы, содержащие тяжелые металлы. В результате происходит загрязнение почвы и накопление в ней тяжелых металлов. Охарактеризовать интенсивность загрязнения почвы тяжелыми металлами позволяют коэффициенты K_p , Z_p , которые рассчитывают по следующим соотношениям:

$$K_{p_i} = P_{\text{п}} \cdot C_{\text{ме}} / (P_{\text{ф}} \cdot C_{\text{ф}}); \quad (41)$$

$$Z_p = \sum_{i=1}^n K_{p_i} - (n - 1), \quad (42)$$

где $P_{\text{п}}$ – пылевая нагрузка на территорию, прилегающую к промышленному объекту, определяется как $P_{\text{п}} = P_{\text{ф}} + \Delta P$; ΔP – пылевая нагрузка на территорию, обусловленная выбросами аэрозолей (пыли) промышленного объекта, кг/(км² · сут); $P_{\text{ф}}$ – фоновая пылевая нагрузка на территорию, кг/(км² · сут); $C_{\text{ме}}$ – содержание металла в пыли, выбрасываемой из источника, мг/кг; $C_{\text{ф}}$ – содержание соответствующего металла в фоновых выпадениях пыли из атмосферы, мг/кг; n – количество металлов, учитываемых при расчете показателя Z_p .

Шкалу оценки величины воздействия можно найти в [16].

Задача 4.5. В результате осаждения пыли на почву территории, прилегающей к промышленному объекту, формируется геохимическая антропогенная аномалия. Выпадение твердых частиц, обусловленное выбросами пыли и золы из источников, расположенных на промышленной площадке, по зонам территории с радиусами R_1 , R_2 , R_3 , примыкающим к промышленной площадке (см. рис. 4), составляет P_1 , P_2 , P_3 (табл. 52). Площадь площадки 10 га. Предприятие работает 365 дней в год. В пыли и золе, которые выбрасываются из источников, содержатся ванадий, никель, цинк, медь в концентрациях $C_{\text{ме}}$, мг/кг (табл. 52). Фоновая пылевая нагрузка на территорию (для всех зон) составляет $P_{\text{ф}} = 10$ кг/(км² · сут). Содержание указанных элементов для фоновой пылевой нагрузки соответствует их кларкам в почве ($C_{\text{ф}}$, мг/кг: Cu – 13, V – 34, Zn – 35, Ni – 20). Рассчитать пылевую нагрузку на территорию $P_{\text{п}}$, кг/(км² · сут), прилегающую к промышленному объекту (по зонам), исключая площадь промплощадки, коэффициенты K_p , Z_p . Для определения пылевой нагрузки необходимо предварительно рассчитать площадь

каждой зоны. Чтобы определить площадь первой зоны, следует из площади круга радиусом R_1 вычесть площадь промышленной площадки. Для каждой зоны оценить величину воздействия на прилегающую территорию, пользуясь шкалой оценки воздействия.

Таблица 52

Исходные данные и варианты задачи 4.5

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размеры зон, м:										
R_1	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
R_2	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
R_3	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
Выпадение пыли, т/год:										
P_1	1,2	2	5	4	14	15,5	20	40	19,5	32
P_2	2	1,5	2,5	0,9	3	2,2	3,3	5	2,4	3,5
P_3	0,7	1	1,5	0,3	1,5	1,6	1,5	3	0,8	1,5
Содержание металлов в пыли, мг/кг:										
C_{Cu}	28	30	83	43	88	98	31	54	77	24
C_V	85	51	115	155	75	105	83	145	160	45
C_{Zn}	93	73	112	114	102	53	59	95	200	48
C_{Ni}	52	41	90	95	107	102	74	87	125	33

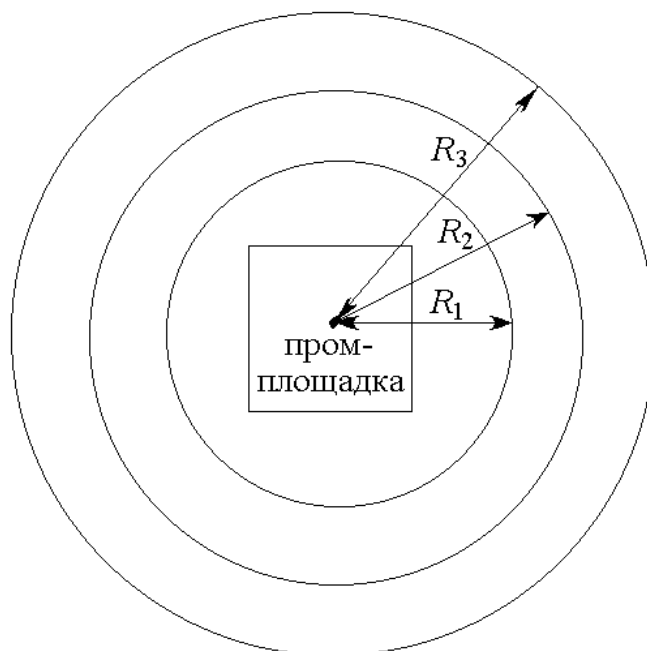


Рис. 4

4.6. Оценка риска

Концепция риска находит все более широкое применение при оценке воздействия на окружающую среду как на стадии разработки предпроектной и проектной документации, так и для действующих производственных объектов при оценке опасности, связанной с чрезвычайными ситуациями. Одним из наиболее сложных при оценке риска является выявление опасностей, событием, следствием которых может быть чрезвычайная ситуация, сопровождающаяся материальным ущербом, ущербом для окружающей среды, здоровья персонала и населения.

Риск, связанный с функционированием производственного объекта, может оцениваться величиной вероятности события (P), следствием которого могут быть неблагоприятные изменения в окружающей среде, здоровье населения, состоянии объекта. Экономическая оценка риска P , представляет собой произведение P на ущерб W (материальный – для объекта, ущерб здоровью персонала и населения, ущерб окружающей среде, обусловленный загрязнением (нарушением) объектов окружающей среды), определенный в стоимостном выражении. В этом случае для оценки риска, источником которого может быть производственный объект или отдельные процессы, операции, установки, аппараты, необходимо определить величины P и W . Для населения и персонала, которые подвержены воздействию неблагоприятных факторов, причиной которых может быть деятельность производственного объекта (при нормальном режиме работы или при чрезвычайных ситуациях) риск оценивается величиной индивидуального и коллективного риска.

Для производственного объекта наибольший интерес представляет анализ опасностей и риска, результаты которого используются не только для оценки воздействия на окружающую среду, но и для составления паспорта безопасности опасного производственного объекта, разработки мероприятий, направленных на обеспечение безопасности. Анализ опасностей и риска включает: сведения об известных авариях; анализ условий возникновения и развития аварий; оценку вероятности аварий и чрезвычайных ситуаций на основе анализа вероятных сценариев возникновения и развития аварий; оценку ущерба от аварий и чрезвычайных ситуаций; оценку риска.

Методики определения ущерба, связанного с загрязнением (нарушением) окружающей среды, подробно рассматриваются в дисциплине «Экономика природопользования». Наиболее часто в анализе опасностей и риска используются методы аналитической идентификации, согласно которым вероятность нанесения ущерба рассматривается как следствие действия, с одной стороны, факторов «опасности», некоторые сочетания которых способны вызвать негативное воздействие, а с другой – факторов безопасности, в совокупности обеспечивающих определенный уровень защищенности объекта. На первом этапе обычно устанавливается перечень факторов, которые сами или в определенных сочетаниях способны инициировать неблагоприятное событие, а на втором – формируются и анализируются системы таких факторов, имеющих место на объекте.

Для оценки риска необходимо представить последовательности событий, процессов, которые позволяют проследить зарождение и развитие условий, обеспечивающих проявление аварии, чрезвычайной ситуации. По сути, речь идет о вероятных сценариях возникновения и развития аварии. Такие диаграммы или блок-схемы представляются в виде деревьев событий, графов и т.п. Пример дерева событий представлен на рис. 5. Приведенное дерево событий характеризует сценарий возникновения аварии – взрыва резервуара с летучим органическим соединением, последствием которого может быть разрушение здания, гибель или ущерб здоровью персонала, загрязнение окружающей среды продуктами горения.

Авария может произойти при различных сочетаниях неблагоприятных событий на различных элементах рассматриваемой производственной системы. В соответствии с кодами, присвоенными каждому элементу, возможность осуществления события (аварии – A) определяется следующей формулой:

$$BC = (D + E) \cdot (F + G) = [HI + (K + L)] \cdot (MN + G). \quad (43)$$

На основании выражения (43) при заданных значениях вероятностей событий нижнего уровня (H , I и др.) можно оценить вероятность аварии:

$$P(A) = [P(H) \cdot P(I) + P(K) + P(L)] \cdot ((P(M) \cdot P(N) + P(G))). \quad (44)$$

Так как статистической информации по авариям, чрезвычайным ситуациям, как правило, очень мало (или она отсутствует вообще), то

анализ опасностей и риска, оценка вероятности для отдельных стадий (событий) проводятся с использованием метода экспертных оценок.



Рис. 5

Задача 4.6. Оценить риск (эколого-экономический) для аварии на резервуаре для хранения взрывоопасного вещества (растворителя). Дерево событий для чрезвычайной ситуации, связанной со взрывом резервуара, приведено на рис. 5. Значения для вероятностей (P) событий всех уровней представлены в табл. 53. Возможный ущерб от взрыва составляет W , млн. руб.

Рассмотреть другие возможные сценарии события и представить их в виде дерева событий.

Варианты задачи 4.6

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P(H)$	0,1	0,05	0,07	0,02	0,1	0,15	0,03	0,015	0,1	0,1
$P(I)$	0,01	0,15	0,05	0,02	0,055	0,1	0,04	0,001	0,015	0,07
$P(K)$	0,02	0,1	0,04	0,04	0,025	0,03	0,05	0,005	0,07	0,08
$P(L)$	0,03	0,05	0,02	0,05	0,04	0,07	0,07	0,02	0,08	0,1
$P(M)$	0,05	0,04	0,12	0,03	0,05	0,08	0,2	0,15	0,2	0,25
$P(N)$	0,1	0,01	0,08	0,09	0,05	0,12	0,02	0,07	0,05	0,11
$P(G)$	0,03	0,05	0,02	0,05	0,04	0,07	0,07	0,02	0,08	0,1
W , млн. руб.	1,5	2,5	5,0	10,0	15,0	20,0	30,0	50,0	70,0	100,0

4.7. Определение экологических аспектов и воздействий при создании системы управления окружающей средой

Определение экологических аспектов (ЭА) является одним из важнейших и ответственных этапов создания системы управления окружающей средой (СУОС). Определение ЭА требует наличия навыков составления материальных балансов, прогнозирования возможного и оценки фактического воздействия на окружающую среду, ранжирования ЭА по значимости. Определение ЭА проводится на уровне подразделения и предприятия в целом. При этом учитываются все операции, процессы, выполняемые на предприятии.

При определении экологических аспектов, непосредственно связанных с производством, следует учитывать:

- реальную возможность контроля и управления воздействием со стороны персонала предприятия;
- воздействие на персонал предприятия, население, компоненты окружающей природной среды (атмосферу, поверхностные и подземные воды, почву, экосистемы);
- характер, масштаб (величину) и продолжительность воздействия;
- вероятность оказания воздействия;
- расходы на компенсирующие мероприятия;
- шум и другие параметрические воздействия;
- использование материальных и энергетических ресурсов.

При определении экологических аспектов для каждого подразделения составляются блок-схема (схема) материальных потоков, материальные балансы (подробнее см. в п. 1.1).

При составлении блок-схем материальных потоков по подразделениям должно быть указано

- 1) для входящих материальных потоков:
 - наименование вещества (материала);
 - поставщик (договор на поставку);
 - тара, в которой поставляются и хранятся вещества (материал);
 - место хранения вещества (материала);
 - ресурсы, потребляемые на операции (вода, пар, сжатый воздух и др.);
- 2) для выходящих материальных потоков:
 - для выбросов в атмосферу – номера источников выбросов;
 - для отходов – код отходов.

Пример блок-схемы приведен на рис. 6.

Результаты определения экологических аспектов оформляются в виде реестра экологических аспектов и воздействий ([18], прил. 6).

Для планирования природоохранной деятельности, обоснования мероприятий, направленных на охрану окружающей среды, важно из всех экологических аспектов и воздействий, связанных с деятельностью предприятия, выявить наиболее важные, значимые, с которыми связаны острые проблемы, требующие первоочередного решения.

Оценка значительности экологических аспектов и воздействий может проводиться в два этапа. На первом этапе из всех идентифицированных экологических аспектов выявляются значительные, требующие детального рассмотрения. На втором этапе производится их ранжирование на группы приоритетности. На первом этапе отбор значительных экологических аспектов и воздействий производится с использованием показателей, учитывающих масштаб (М), периодичность (продолжительность) воздействия (П), серьезность последствий (С) для производственного объекта, персонала и прилегающей территории. Оценке подлежат экологические аспекты для нормального режима работы, переходных режимов (пуск, останов производства, основного оборудования, испытания оборудования), для чрезвычайных ситуаций. Оценку по каждому показателю производят в баллах в соответствии с критериями, приведенными в ([18], табл. 1).

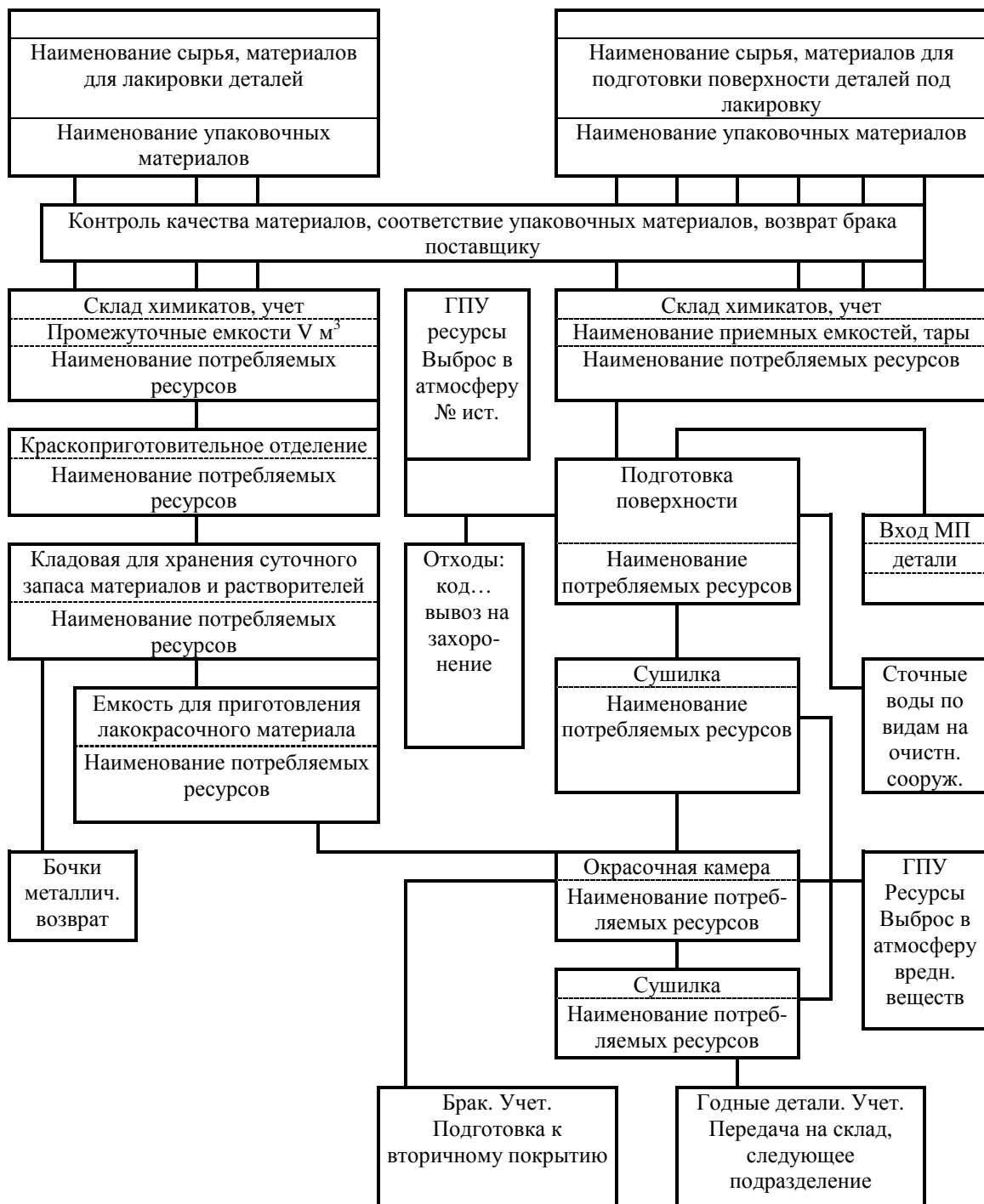


Рис. 6

Ранжирование производится для экологических аспектов, сумма $M + П + С$ для которых превышает 7. Для ранжирования экологических аспектов и воздействий дополнительно к упомянутым

используются показатели, характеризующие величину воздействия (В) и вероятность потери управления экологическим аспектом (К). Рекомендации по определению значений указанных показателей приведены в ([18], табл. 2, 3). Значимость экологического аспекта и воздействия (Z) определяется как произведение показателей С, В и К. При этом для показателя В в расчете учитывается лишь одно (наибольшее) значение.

Экологические аспекты и воздействия, для которых Z имеет значение, превышающее 48, относятся к *наиболее значимым, приоритетным*, требующим безотлагательных мер по изменению технологии, замене оборудования с целью снижения воздействия на окружающую среду (*очень сильное воздействие*). Экологические аспекты и воздействия, для которых Z имеет значение в пределах 32–47, относятся к *наиболее значимым*, требующим оперативных мер по совершенствованию технологии и оборудования с целью снижения воздействия на окружающую среду (*сильное воздействие*). Экологические аспекты с Z в пределах 19–31 относятся к *значимым*, требующим выполнения плановых мероприятий в ближайшие 1–3 года (*умеренное воздействие*). Экологические аспекты с Z в пределах 6–18 и связанные с ними проблемы воздействия на окружающую среду должны быть решены при наличии у предприятия средств (*слабое воздействие*). Экологические аспекты с Z в пределах 1–5 и связанные с ними проблемы воздействия на окружающую среду не требуют специального рассмотрения (*очень слабое воздействие*).

Задача 4.7. Составить технологическую схему, блок-схему материальных потоков и реестр экологических аспектов и воздействий для участка нанесения лакокрасочных покрытий. Лакокрасочные материалы на участок подаются со склада предприятия, на который поступают в металлической таре (бочки). На участке хранится недельный запас ЛКМ. Растворитель поставляется на предприятие автоцистерной и хранится на участке в стальной емкости объемом 4 м³, расположенной в (вне) здании. Покрасочный состав готовится непосредственно на участке в емкости с мешалкой. Емкость один раз в два месяца очищается от отвердевшего ЛКМ. Шлам, образующийся при очистке выбросов на гидрофилт্রে, хранится в бункере объемом 2 м³ и вывозится на полигон по мере заполнения бункера. Детали в окрасочной камере располагаются на подвесках, которые периодически очищаются в камере термообработки (пиролиз) при температуре 500°С. На участок

поступают делали, подготовленные для окрашивания (после обезжиривания и промывки). Основные показатели технологического процесса нанесения лакокрасочных покрытий и варианты задачи принять по данным задачи 1.3 (см. п. 1.2).

Задача 4.8. Составить технологическую схему, блок-схему материальных потоков и реестр экологических аспектов и воздействий для участка гальванических покрытий, характеристика технологического процесса которого приведена в условии задачи 2.1 (см. п. 2.1). Технологические растворы готовят непосредственно на участке из реагентов, которые поступают в металлической, стеклянной, бумажной и полимерной таре, часть из которой является возвратной. Прием и хранение химикатов производится на складе отдела материально-технического снабжения, который расположен на расстоянии 100 м от здания участка гальванопокрытий. На складе участка хранится недельный запас химикатов. Отработанные технологические растворы хранятся в металлических емкостях или обезвреживаются совместно с промывными водами. Очистка сточных (промывных) вод и отработанных растворов производится реагентным методом (метод выбрать с учетом состава сточных вод). Образующийся при очистке гальваношлам после обезвоживания на вакуум-фильтре хранится в стальной емкости, расположенной в (вне) здании. Рабочие растворы реагентов, используемых в процессе очистки сточных вод, готовятся из химикатов непосредственно на участке. Варианты исходных данных принять по данным задачи 2.1 (см. п. 2.1).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Характеристика веществ, загрязняющих атмосферный воздух

Наименование вещества	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³	Класс опасности
1. Азота диоксид	0,25	0,1	–	2
2. Аммиак	0,2	0,04	–	4
3. Ацетон	0,35	0,35	–	4
4. Бензол	1,5	0,1	–	2
5. Бутилацетат	0,1	0,1	–	4
6. Взвешенные вещества	0,5	0,15	–	3
7. Винил хлористый	–	–	0,005	–
8. Водород хлористый	0,2	0,2	–	2
9. Кислота серная	0,3	0,1	–	2
10. Кислота уксусная	0,2	0,06	–	3
11. Ксилол	0,2	0,2	–	3
12. Мазутная зола (в пересчете на V)	–	0,002	–	2
13. Масло минеральное	–	–	0,05	3
14. Метилметакрилат	0,1	0,01	–	3
15. Натрия гидроксид	–	–	0,01	–
16. Озон	0,16	0,03	–	1
17. Пыль абразивная	–	–	0,04	–
18. Пыль древесная	–	–	0,4	3
19. Пыль неорганическая: SiO ₂ < 20%	0,5	0,15	–	3
20. Пыль неорганическая: 20-70% SiO ₂	0,3	0,1	–	3
21. Пыль неорганическая: SiO ₂ > 70%	0,15	0,05	–	3
22. Свинец	0,001	0,0003	–	1
23. Сероводород	0,008	–	–	2
24. Серы диоксид	0,5	0,05	–	3
25. Сольвент	–	–	0,2	–
26. Спирт изобутиловый	0,1	0,1	–	4
27. Спирт н-бутиловый	0,1	0,1	–	3
28. Спирт метиловый	1,0	0,5	–	3
29. Спирт изопропиловый	0,6	0,6	–	3
30. Спирт этиловый	5,0	5,0	–	4
31. Стирол	0,04	0,002	–	2
32. Толуол	0,6	0,6	–	3
33. Трихлорэтилен	4,0	1,0	–	3
34. Уайт-спирит	–	–	1,0	–
35. Углеводороды предельн. ряда C ₁ –C ₁₀	–	–	25,0	4
36. Углеводороды предельн. ряда C ₁₂ –C ₁₉	1,0	–	–	4
37. Углерода оксид	5,0	3,0	–	4
38. Фенол	0,01	0,003	–	2
39. Формальдегид	0,035	0,003	–	2
40. Фтористый водород	0,02	0,005	–	2
41. Фурфурол	0,05	0,05	–	3
42. Этилацетат	0,1	0,1	–	4
43. Этилбензол	0,02	0,02	–	3
44. Этилцеллозольв (2-этоксиэтанол)	–	–	0,7	–

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при использовании лакокрасочных материалов. РД 0212.5-2002. Минск, 2002 // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2002. – Вып. 39.
2. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Госстрой СССР, 1985.
3. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: справ. изд. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
4. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. – М.: Глобус, 1998. – 302 с.
5. Нормативные показатели удельных выбросов вредных веществ в атмосферу от основных видов технологического оборудования предприятий отрасли. – Харьков, 1991.
6. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу вредных веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.
7. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. – Новороссийск, 1989.
8. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. 0212.1-97. – Мн.: Минприроды РБ, 1997.
9. Методика инструментально-расчетного определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от неорганизованных источников аппаратных дворов технологических производств. 0212.8-2000. Минск, 2000 // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2001. – Вып. 33.
10. Методика инструментально-расчетного определения выбросов с поверхностей выделения загрязняющих атмосферу веществ. 0212.9-2000. Минск, 2000 // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2001. – Вып. 33.
11. Инструкция по расчету объемов поверхностных сточных вод, поступающих в коммунальные сети дождевой канализации и

сооружения для их очистки с застроенных территорий поселений Республики Беларусь. – Мн., 2002.

12. Дикаревский В.С. и др. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.

13. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой СССР, 1985.

14. ОНД 1-84. Инструкция о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдачи разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. – Мн.: БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ, 1992. – Вып. № 3.

15. СанПиН №10-5 РБ 2002. Санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарно-защитные зоны. – Мн., 2002.

16. Геохимия окружающей среды: справочник / Под ред. К.Ф. Саета – М.: Недра, 1990. – 335 с.

17. Петухова Н.Н., Кузнецова В.А. Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси // Природные ресурсы, 1999. – № 4. – С. 40–49.

18. Марцуль В.Н., Жарская Т.А. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: методические указания к дипломному проектированию для студентов очной и заочной форм обучения специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». – Мн.: БГТУ, 2005. – 53 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Определение состава выбросов, сбросов и отходов по результатам расчета материального баланса	5
1.1. Методические указания к решению задач.....	5
1.2. Контрольные задачи.....	9
2. Расчет выбросов, сбросов и количества отходов по удельным показателям.....	13
2.1. Организованные источники выделения (образования) вредных веществ	13
2.1.1. Гальваническое производство	13
2.1.2. Производство по переработке пластмасс	18
2.1.3. Деревообрабатывающее производство	19
2.1.4. Сжигание топлива в котельных установках.....	22
2.2. Расчет выбросов от неорганизованных источников.....	24
2.2.1. Промышленность строительных материалов	24
2.2.2. Резервуары нефтебаз, ТЭЦ, котельных, ГСМ.....	27
3. Экологический контроль за выбросами, сбросами, отходами	30
3.1. Нормативы ПДВ	31
3.2. Расчет ИЗА.....	32
3.3. Категорирование вредных веществ, предприятий и источников выбросов вредных веществ в атмосферу.....	33
3.4. Отбор и анализ проб газовойоздушных выбросов на содержание загрязняющих веществ	38
3.4.1. Организованные источники	39
3.4.2. Неорганизованные источники	41
4. ОВОС, проектирование и экологическая экспертиза.....	46
4.1. Расчет объема поверхностного стока.....	46
4.2. Эквивалентное население.....	49
4.3. Состав мероприятий по охране атмосферного воздуха.....	49
4.4. Санитарная классификация предприятий. Санитарно-защитные зоны.....	53
4.5. Пылевая нагрузка	54
4.6. Оценка риска.....	57
4.7. Определение экологических аспектов и воздействий при создании системы управления окружающей средой.....	60
Приложение	65
Литература	66

Учебное издание

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ**

Методическое пособие

Составители: **Марцунь** Владимир Николаевич
Мошев Алексей Борисович

Редактор М.Ф. Мурашко

Подписано в печать 30.09.2005. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 4,1. Уч.-изд. л. 4,2.

Тираж 100 экз. Заказ .

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.2004.

ЭТО НЕ ПЕЧАТАТЬ!!!

1. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при использовании лакокрасочных материалов. РД 0212.5-2002. Минск, 2002 // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2002. – Вып. 39.
2. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Госстрой СССР, 1985.
3. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: справ. изд. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
4. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. – М.: Глобус, 1998. – 302 с.
5. Нормативные показатели удельных выбросов вредных веществ в атмосферу от основных видов технологического оборудования предприятий отрасли. – Харьков, 1991.
6. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу вредных веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.
7. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. – Новороссийск, 1989.
8. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. 0212.1-97. – Мн.: Минприроды РБ, 1997.
9. Методика инструментально-расчетного определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от неорганизованных источников аппаратных дворов технологических производств. 0212.8-2000. Минск, 2000 // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2001. – Вып. 33.
10. Методика инструментально-расчетного определения выбросов с поверхностей выделения загрязняющих атмосферу веществ. 0212.9-2000. Минск, 2000 // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2001. – Вып. 33.
11. Инструкция по расчету объемов поверхностных сточных вод, поступающих в коммунальные сети дождевой канализации и

сооружения для их очистки, с застроенных территорий поселений Республики Беларусь. – Мн., 2002.

12. Дикаревский В.С. и др. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.

13. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой СССР, 1985.

14. ОНД 1-84. Инструкция о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдачи разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям // Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 1992. – Вып. № 3.

15. СанПиН №10-5 РБ 2002. Санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарно-защитные зоны. – Мн., 2002.

16. Геохимия окружающей среды: справочник / Под ред. К.Ф. Саета – М.: Недра, 1990. – 335 с.

17. Петухова Н.Н., Кузнецова В.А. Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси // Природные ресурсы, 1999. – № 4. – С. 40–49.

18. Марцуль В.Н., Жарская Т.А. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: методические указания к дипломному проектированию для студентов очной и заочной форм обучения специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». – Мн.: БГТУ, 2005. – 53 с.