

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Тимурович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 14.04.2026 15:14:55  
Уникальный программный ключ:  
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Защита в чрезвычайных ситуациях»

Учебно-методическое пособие

по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине  
**«ОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ и ПРОИЗВОДСТВА»**

для студентов направления подготовки  
20.03.01 «Техносферная безопасность»  
(профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»)

Махачкала  
2021

## **УДК 355(07)**

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с требованиями ФГОС ВО для студентов направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

В нем изложены основные лабораторные аспекты функционирования опасных объектов.

Лабораторные работы представленные в пособии позволяют закрепить теоретически материал, изложенный в методической литературе по курсу «Опасные технологии и производства » на примере расчетов. Включает 6 лабораторных работ по направлениям анализа, оценки опасности и защиты человека от вредных и опасных производственных факторов.

Составитель:

**Месрбян Н.Х.**, ст. преп. кафедры «З вЧС».

Рецензенты:

**А.Г. Гасангаджиева**, доцент, к.б.н., зав.каф. биологии и биоразнообразия Института экологии и устойчивого развития ФГБОУ ВО ДГУ

**Р.М. Алиев**, д.т.н., профессор, зав. каф. НГД ФГБОУ ДГТУ

Рекомендовано к публикации Научно-методическим советом ФГБОУ ВО ДГТУ  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2021 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>Лабораторная работа 1.</b> Идентификация опасных производственных объектов региона	5
<b>Лабораторная работа 2.</b> Количественная оценка опасности и вредности производственных процессов.....	16
<b>Лабораторная работа 3.</b> Оценка производственной мощности предприятий	17
<b>Лабораторная работа 4.</b> Оценка опасности химически опасного объекта. Расчет количества АХОВ, обращающихся на ХОО.....	23
<b>Лабораторная работа 5.</b> Оценка риска аварий на гидротехнических сооружениях региона. Расчет последствий аварий на гидротехнических сооружениях.....	32
<b>Лабораторная работа 6.</b> Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу в различных режимах функционирования предприятий промышленности.....	40
<b>Список литературы</b> .....	53

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВА»

### 1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

- 1.1. Краткий обзор теоретического материала преподавателем к лабораторному занятию, цели и порядок проведения и оформления отчета.
- 1.2. Выдача вариантов задания.
- 1.3. Выполнение задания студентами.
- 1.4. Индивидуальные консультации преподавателя в ходе проведения лабораторной работы.
- 1.5. Подведение итогов лабораторной работы преподавателем.
- 1.6. Информация о следующей лабораторной работе.

### 2. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.

- 2.1. Порядок оформления отчета по лабораторной работе максимально приближен к порядку оформления курсовых и дипломных проектов.
- 2.2. Отчет по лабораторной работе должен содержать:
  - 2.2.1. Титульный лист (форма титульного листа приведена в приложении 1).
  - 2.2.2. Исходные данные лабораторной работы в соответствии с заданным вариантом.
  - 2.2.3. Цель лабораторной работы.
  - 2.2.4. Выполненное задание.
  - 2.2.5. Вывод по результатам проделанной работы.
  - 2.2.6. Список литературы.
- 2.3. Правила оформления отчета по лабораторной работе.
  - 2.3.1. Отчет выполняется на листах писчей бумаги формата А-4 по ГОСТ 2.301 – 68 (формат 210x297 мм).
  - 2.3.2. Листы должны иметь поля; ширина левого поля 20 мм, верхнего, нижнего и правого – 5 мм.
  - 2.3.3. Страницы, разделы и подразделы отчета нумеруются арабскими цифрами.
  - 2.3.4. Иллюстрации, таблицы и формулы, если их в тексте более одной, нумеруют арабскими цифрами.
  - 2.3.5. Все иллюстрации обозначают сокращенно «рис.» И номером, например: «Рис. 5», «см. рис. 6» (при ссылке на рисунок в тексте). Все рисунки должны иметь название, а при необходимости - также поясняющие данные – подрисуночный текст. Наименование рисунка и подрисуночный текст помещают под иллюстрацией.
  - 2.3.6. Слово «таблица» в тексте пишут полностью, если таблица не имеет номера, и сокращенно, если номер есть, например «...в табл.4».
  - 2.3.7. Номер формулы указывают справа на уровне формулы в круглых скобках.
  - 2.3.8. Ссылки в тексте на номер формулы дают в круглых скобках, например «...в формуле (3)».
  - 2.3.9. Расчетные формулы записывают в общем виде. Затем в формулу подставляют значения входящих в нее параметров в той последовательности, в какой они приведены в формулах, и, наконец, приводят результат вычисления.
  - 2.3.10. Расшифровку символов и числовых коэффициентов приводят непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в ней, с новой строки. Расшифровку начинают со слова «где» без двоеточия после него.
  - 2.3.11. Для всех величин и коэффициентов должны быть указаны их размерности в системе СИ.
  - 2.3.12. Список литературы должен быть составлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1 – 84.
  - 2.3.13. Ссылки на использованные литературные источники следует давать арабскими цифрами в прямых скобках, указывающими порядковый номер источника по списку, например [15].

### 3. ПОРЯДОК ОТЧЕТНОСТИ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

3.1. Студенты, отсутствующие на лабораторной работе, выполняют задания лабораторной работы самостоятельно, получая при необходимости консультацию у преподавателя.

3.2. Не зачтенный отчет по лабораторной работе должен быть исправлен и повторно проверен преподавателем.

3.3. Все замечания преподавателя в отчете по лабораторной работе должны быть исправлены до экзамена (зачета).

3.4. Все отчеты по лабораторной работе, проверенные и подписанные преподавателем, должны быть сданы преподавателю до экзамена (зачета).

3.5. Без выполнения заданий лабораторной работы и предъявления отчета студент к экзамену (зачету) не допускается.

### 4. ПОРЯДОК ВЫБОРА ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

4.1. На лабораторных занятиях студенты получают свой вариант по номеру фамилии в журнале учета нагрузки преподавателя.

### 5. Образец титульного листа

Приложение 1. Образец титульного листа:

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Защита в чрезвычайных ситуациях»

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВА»

\_\_\_\_\_ (тема лабораторной работы)

Студент \_\_\_\_\_ Шифр \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О)

Вариант \_\_\_\_\_ Ф.И.О. преподавателя \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Дата сдачи работы \_\_\_\_\_ Дата проверки работы \_\_\_\_\_

Махачкала-2021

## Лабораторная работа № 1, 2

### Идентификация опасных производственных объектов региона. Количественная оценка опасности и вредности производственных процессов

#### 1. Теоретическая часть

**Опасность** это центральное понятие БЖД, под которым подразумевается явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека прямо или косвенно. Данное определение является достаточно объемным, учитывающим все формы деятельности. Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики, несоответствующие условиям жизнедеятельности человека. Так как опасность является понятием сложным, иерархическим, имеющим много признаков, её таксономия позволяет глубже познать природу опасности. Качественное определение опасности - **идентификация**.

Для оценки сложных, качественно определяемых понятий вводятся количественные характеристики - **квантификация опасностей** (балльная, численная и др. формы). Примером квантификации опасностей может являться определение *показателя сокращения продолжительности жизни (СПЖ)* при воздействии вредного или опасного фактора или при их совокупности, влияющих на человека не только на производстве, но и в быту.

**Сокращение продолжительности жизни (СПЖ, сут.)** - предположительное время сокращения продолжительности жизни в сутках конкретного человека на момент расчета в зависимости от условий его труда и быта. Определяется по формуле:

$$СПЖ = СПЖ_{np} + СПЖ + СПЖ, \quad (1.1)$$

где  $СПЖ_{np}$  - сокращение продолжительности жизни в условиях производства, сут. Зависит от стажа работы ( $t$ , лет) и ущерба здоровью человека в зависимости от условий труда ( $a$ , сут.) - таблица 1.1;

$$СПЖ_{np} = a \cdot t, \text{ сут}, \quad (1.2)$$

$СПЖ_z$  — сокращение продолжительности жизни в условиях города, сут. Рассчитывается в зависимости от сокращения продолжительности жизни при проживании в крупном городе ( $СПЖ_{кз, \text{сут}}$ ) - из таблицы 1.2 и возраста работника ( $T$ , лет):

$$СПЖ_z = \left( \frac{СПЖ_{кз}}{70} \right) \cdot T; \quad (1.3)$$

$СПЖ_б$  - сокращение продолжительности жизни в бытовой среде, сут.

$$СПЖ_б = \left( \frac{СПЖ_{бу}}{70} \right) \cdot T + СПЖ_{ожз}, \quad (1.4)$$

где

$СПЖ_{бу}$  - сокращение продолжительности жизни при проживании в неблагоприятных бытовых

условиях, сут. (таблица 1.2);

$СПЖ_{ож}$ - сокращение продолжительности жизни при ведении нездорового образа жизни (курение), сут (таблица 1.2);

**Таблица 1.1 - Определение ущерба здоровью на основании общей оценки условий труда**

Порядковый номер фактора	Фактические условия труда	Класс условий труда	Ущерб, суток за год
1	1 фактор класса 3.1	3.1	2,50
2	2 фактора класса 3.1	3.1	3,75
3	3 и более факторов класса 3.1	3.2	5,10
4	1 фактор класса 3.2	3.2	8,75
5	2 и более факторов класса 3.2	3.3	12,60
6	1 фактор класса 3.3	3.3	18,75
7	2 и более факторов класса 3.3	3.4	25,10
8	1 фактор класса 3.4	3.4	50,00
9	2 и более факторов класса 3.4	4	75,10

**Таблица 1.2 - Показатели СПЖ для проживающих во вредных условиях**

Условия	СПЖ, сут.	Относительное СПЖ
Курение по 20 сигарет в день в течение 45 лет	2250	0,9
Проживание в неблагоприятных условиях	500	0,978
Загрязнение воздуха в круп-	350	0,985

Вероятность травмирования человека в различных условиях его жизнедеятельности оценивается величиной индивидуального риска. Изучение и анализ причин травматизма производят по материалам расследования, а также монографическим, топографическим, статистическим и экономическим методам (рисунок 1.1).

**Статистический метод анализа травматизма** основан на анализе статистического материала по травматизму, накопленного на предприятии или в отрасли за несколько лет. При рассмотрении итогов работы предприятий по охране труда чаще всего анализируют динамику частоты и тяжести травматизма.

**Коэффициент частоты несчастных случаев** характеризует число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за изучаемый период. Коэффициент частоты несчастных случаев ( $K_{ч}$ ) определяется по формулам: без учета несчастных случаев со смертельным исходом

без учета несчастных случаев со смертельным исходом

$$K_{ч} = \frac{U \cdot 10^3}{V}, \quad (1.5)$$

для несчастных случаев со смертельным исходом

$$K_{чс} = \frac{U \cdot 10^3}{V}, \quad (1.6)$$

где  $U$  - число несчастных случаев без учета смертельных исходов;

$U_c$  - число несчастных случаев со смертельным исходом;

$V$  - численность работников, чел.

## Методы анализа производственного травматизма

### Монографический

Объект исследования подвергают деталь-ному обследованию, с целью выявления причины травматизма, а также недостатки в организации работы по технике безопасности и производственной санитарии. Используются материалы по травматизму за прошедший период. Метод дает материал для проведения различных мероприятий общего характера по охране труда

### Топографический

Позволяет изучить причины несчастных случаев на месте. Место происшествия наносится условным знаком на план размещения рабочих мест.затем изучается монографическим методом и по результатам изучения проводят профилактические мероприятия. Полученные схемы можно использовать при проведении первичного инструктажа по ТС

### Статистический

Позволяет определить количественную сторону травматизма, изучить основные причины, закономерности их проявления по значительному числу фактов. Метод дает возможность проанализировать характер травм, а также определить организационно-технические причины травматизма

### Экономический

Сущность метода заключается в определении убытков от травматизма и профессиональных заболеваний с целью выяснения экономического эффекта на разработку и внедрение мероприятий по охране труда

### Групповой

Основан на повторяемости несчастных случаев независимо от тяжести последствий. Определяют профессию и виды работ, на которые приходится большее число травм, выявляют дефекты производственного оборудования, и разрабатывают соответствующие меры обеспечения безопасности

### Метод экспертных оценок

Выявление характерных для данного предприятия причин травматизма с помощью группы специалистов (независимых экспертов). Этапы метода: отбор экспертов и составление анкет, проведение экспертизы (анкетирование), обработку полученной информации

Рисунок 1.1 - Методы анализа производственного травматизма со смертельным исходом

**Коэффициент тяжести несчастных случаев** показывает среднее число дней трудоспособности приходящееся на одного пострадавшего от несчастного случая за определенный период.

Коэффициент тяжести ( $K_T$ ) определяется по формулам: без учета несчастных случаев со смертельным исходом

для несчастных случаев со смертельным исходом

$$K_T = \frac{T_u}{U}, \quad (1.7)$$

$$K_{Tc} = \frac{T_u + 7500 \cdot U_c}{U_c}, \quad (1.8)$$

где  $T_u$  - число дней нетрудоспособности без учета несчастных случаев со смертельным исходом;

$U_c$  - число несчастных случаев со смертельным исходом.

При проведении анализа производственного травматизма статистическим методом используют также **коэффициент нетрудоспособности**, который определяется по формулам: без учета несчастных случаев со смертельным исходом

$$K_n = K_m - K_c, \quad (1.9)$$

для несчастных случаев со смертельным исходом

$$K_{nc} = K_{mc} - K_{cc}, \quad (1.10)$$

где  $K_{mc}$  и  $K_{cc}$  - коэффициенты тяжести и частоты несчастных случаев со смертельным исходом.

## 2. Задания

1. Ознакомьтесь с теоретическим обоснованием лабораторного занятия и кратко законспектируйте основные положения.

2. Проведите качественный анализ (идентификацию) трех видов опасностей (по вашему выбору) по наиболее распространенным классификациям. Результаты работы занесите в таблицу 1.3.

3. Проведите количественную оценку ущерба здоровью при работе в неблагоприятных условиях труда, а также жизни в городе и в быту (по исходным данным таблицы 1.4) и заполните таблицу 1.5.

4.

**Таблица 1.3-Результаты выполнения задания 2 – идентификация опасностей**

Вид классификации	Опасности		
	при работе в неблагоприятных условиях труда	жизни в городе	в быту

По ГОСТ: Физические Химические Биологические Психофизические			
По природе происхождения Природные Техногенные Антропогенные Экологические Смешанные			
По времени проявления отрицательных последствий Импульсивные Кумулятивные			
По локализации В атмосфере В гидросфере В литосфере В биосфере В космосе			
По приносимому ущербу Социальный Экологический Экономический Политический			
По моменту воздействия Прогнозируемые Спонтанные			
По длительности воздействия Постоянные Периодические Кратковременные			
По масштабам проявлений Локальные Местные Региональные Федеральные			
По характеру воздействия на человека Активные Пассивные			

**Таблица 1.4 - Варианты расчетных данных**

<b>Вариант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Фактические условия труда, (из табл 1.1)	1	7	3	4	5	6	2	5	8	9
Возраст, лет	55	58	37	41	45	48	51	49	40	44

Условия бытовой среды	К/г	К/г	Н/у	К/г, Н/у	Н/у	-	Н/у	К/г	К/г, Н/у	Н/у
Образжизни	К	-	К	К	-	К	-	К	-	К

Примечание: К - курит, К/г - крупный город, Н/у - неблагоприятные условия.

**Таблица 1.5 - Результаты количественной оценки ущерба здоровью (задание 3)**

Класс условий труда	Расчёт СПЖ
СПЖ <sub>пр</sub>	
СПЖ <sub>г</sub>	
СПЖ <sub>б</sub>	
СПЖ <sub>е</sub>	

5. На основании исходных данных (таблица 1.6) проведите статистический анализ производственного травматизма на предприятии в динамике за 5 лет (в сумме лет) по стажу и возрасту. Построить графики зависимости случаев травм от стажа и возраста. Сделать выводы. Результаты занести в таблицы 1.7 - 1.8.

**Таблица 1.7 - Динамика производственного травматизма по стажу (задание 4)**

Стаж работы (лет)	До 1 года	2 - 5	6 - 10	11 - 20	20
Количество травмированных					
Процент травмированных					

**Таблица 1.8 - Динамика производственного травматизма по возрасту (задание 4)**

Возраст	До 18 лет	19 - 25	26 - 40	41 - 50	50
Количество травмированных					
Процент травмированных					

**Таблица 1.6 - Исходные данные к заданиям 4 - 5**

Варианта	2012					2013					2014					2015					2016				
	U/Uc	Tи	стаж	возраст	V	U/Uc	Tи	стаж	возраст	V	U/Uc	Tи	стаж	возраст	V	U/Uc	Tи	стаж	возраст	V	U/Uc	Tи	стаж	возраст	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	4/1	21	5	28	560	2/2	42	8	30	600	4/0	10	0,5	24	580	5/0	7	1	24	630	4/1	4	6	30	480
		10	10	36			20	20	45			5	4	28			14	3	26			12	7	30	
		14	3	25			4	26				17	23	42			21	8	30			7	2	28	
		17	1	25			25	51				21	5	28			10	20	42			14	9	35	
		3	22														12	10	33			5	28		
2	3/1	5	1	26	320	5/0	28	5	27	400	4/0	15	2	25	370	2/1	10	6	30	420	3/0	14	5	28	380
		10	3	28			14	3	25			10	8	32			15	17	40			21	8	32	
		15	8	30			7	8	32			7	6	30								8	10	33	
							11	15	38			20	12	35				5	30						
		6	28				5	26	50																
3	4/0	4	3	26	400	2/1	13	1	23	450	3/1	6	2	25	463	3/0	10	2	25	370	3/1	4	2	20	350
		9	4	27			7	3	25			9	5	29			20	4	28			8	5	27	
		14	8	31			0	ЯА				12	11	35			25	7	33			10	7	30	
		20	12	35																					
													12	37									4	26	
4	3/0	7	0,5	18	270	3/1	7	3	27	390	3/0	6	1	18	640	4/1	4	3	26	460	5/0	3	0,5	20	530
		12	4	25			10	5	28			10	2	20			8	4	26			7	2	25	
		17	12	31			13	10	31			15	8	27			10	8	32			10	6	30	
							4	25									15	20	45			13	8	31	
																		13	35			21	12	37	
5	3/1	8	1	25	500	4/0	7	2	25	630	5/0	4	2	21	600	4/1	5	4	26	620	3/1	8	0,5	18	581
		12	5	28			14	5	30			8	4	25			18	5	28			15	6	28	
		19	9	32			21	10	33			12	6	28			19	8	32			24	7	28	
			26	54			28	15	39			18	8	30			20	10	40						
												23	12	33				5	29			6	25		
6	3/1	7	1	20	380	3/0	6	0,5	18	410	2/0	6	5	27	450	3/1	4	3	20	463	4/0	5	2	20	480
		9	5	23			11	2	24			19	16	41			7	4	24			7	4	23	
		15	8	32			16	5	24								18	8	30			10	9	30	
			1	19														14	35			23	17	38	

*Примечание: значения под чертой в столбцах стажи возраст - для несчастных случаев со смертельным исходом*

Варианта	2012					2013					2014					2015					2016				
	$U/U_c$	$Tи$	стаж	возраст	$V$	$U/U_c$	$Tи$	стаж	возраст	$V$	$U/U_c$	$Tи$	стаж	возраст	$V$	$U/U_c$	$Tи$	стаж	возраст	$V$	$U/U_c$	$Tи$	стаж	возраст	$V$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
7	4/0	5	1	19	620	3/0	4	2	20	680	3/1	4	3	26	660	4/0	7	4	25	580	5/1	3	2	20	600
		12	3	24			7	8	30			10	8	28			9	6	26			8	6	23	
		21	8	30			10	15	37			15	10	30			13	8	29			12	8	29	
		25	16	38									18	39			19	10	32			19	12	33	
																						26	15	38	
																							4	25	
8	5/0	7	0,5	18	360	4/1	3	1	24	350	4/0	4	2	25	370	3/1	4	1	20	390	3/0	6	6	28	373
		10	2	20			7	3	26			7	4	27			8	3	24			12	2	24	
		15	4	28			12	8	31			11	9	36			10	5	28			18	0,5	18	
		18	6	28			18	12	35			20	3	25											
		24	8	32														16	38						
								4	24																
9	2/0	17	2	19	290	3/1	4	7	26	350	3/0	8	7	30	370	4/1	4	1	23	450	5/0	5	1	22	433
		20	7	27			8	10	34			14	0,5	19			8	5	28			8	3	22	
							16	3	26			23	4	26			11	6	28			12	5	24	
								5	27								15	9	30			14	9	31	
																		4	24			21	14	35	
10	3/0	12	5	25	360	4/0	7	5	26	400	2/0	10	7	30	433	3/1	8	1	24	400	4/0	5	5	26	344
		19	6	28			10	6	28			16	5	28			10	3	26			7	9	32	
		27	3	24			17	12	33								13	2	21			9	15	38	
							19	3	24									6	25			10	3	26	

б. Проведите статистический анализ производственного травматизма в динамике, за каждый год, в течение 5 лет по коэффициентам частоты  $K_{ч}$ , тяжести  $K_{т}$  и коэффициенту нетрудоспособности  $K_{н}$  (исходные данные даны в таблице 1.6) . Построить графики динамики данных коэффициентов по годам. Сделать выводы. Результаты занести в таблицу 1.9.

Таблица 1.9 - Динамика производственного травматизма по основным коэффициентам частоты, тяжести и нетрудоспособности (задание 5)

Наименование коэффициента	2012	2013	2014	2015	2016
$K_{ч}$					
$K_{т}$					
$K_{н}$					

### Лабораторная работа № 3

#### Оценка производственной мощности предприятий региона

##### 1. Теоретическая часть

##### 1.1 Понятие и методика расчёта производственных мощностей

Производственная мощность является исходным пунктом планирования производственной программы предприятия. Она отражает потенциальные возможности объединений, предприятий, цехов по выпуску продукции. Определение величины производственной мощности занимает ведущее место в выявлении и оценке резервов производства.

Под производственной мощностью предприятия понимается максимально возможный выпуск продукции в номенклатуре и ассортименте планового года, при полном использовании производственного оборудования с учётом намечаемых мероприятий по внедрению передовой технологии производства и научной организации труда.

Экономическое обоснование производственной мощности - важнейший инструмент планирования промышленного производства. Иными словами, это потенциальная возможность валового выпуска промышленной продукции.

Производственная мощность характеризует работу основных фондов в таких условиях, при которых можно полностью использовать потенциальные возможности, заложенные в средствах труда.

Производственная мощность определяется по номенклатуре выпускаемой продукции, учитывающей профиль деятельности. В условиях рынка деятельность хозяйствующих субъектов ориентирована на удовлетворение спроса на ту или иную продукцию. Спрос покупателей определяется через маркетинговые исследования рынка; исходя из спроса, определяется полная величина производственной мощности. Вначале определяется наличная производственная мощность, затем выявляются резервы увеличения мощности. Увеличение спроса требует дополнительного ввода производственных мощностей. Исходя из товарного ассортимента, определяется производственная мощность - величина непостоянная. Она зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются:

- количество и производительность оборудования;

- качественный состав оборудования, уровень физического и морального износа;
- степень прогрессивности техники и технологии производства;
- качество сырья, материалов, своевременность их поставок;
- уровень специализации предприятия;
- уровень организации производства и труда;
- фонд времени работы оборудования;
- намечаемые номенклатура и ассортимент продукции, непосредственно влияющие на трудоёмкость продукции при данном составе оборудования.

Выбытие производственной мощности происходит по следующим причинам:

- износ оборудования;
- уменьшение часов работы оборудования;
- изменение номенклатуры или увеличение трудоёмкости продукции;
- окончание срока лизинга оборудования.

При формировании производственной мощности учитывается влияние таких факторов, как номенклатура, ассортимент, качество продукции, парк основного технологического оборудования, средний возраст оборудования и эффективный годовой фонд времени его работы при установленном режиме, уровень сопряжённости парка, размер и пропорциональность производственных площадей и других факторов.

Производственная мощность оборудования промышленного предприятия обусловлена числом входящих в её состав цехов. Она может быть определена следующим образом:

$$ПМоб = ПР_c \times \Phi_i^T \times K_p n_i \quad (1)$$

или

$$ПМоб = (\Phi_i^T \times K_p \times n_i \times 60 \text{ мин/SE} \quad (2),$$

Где ПР<sub>c</sub> - количество продукции, изготовлено на i-й группе взаимозаменяемого оборудования в течение одного станкочаса, шт;

$\Phi_i^T$  - эффективный фонд времени единицы i-й группы взаимозаменяемого оборудования при работе в одну смену и среднем возрасте T, ч;

K<sub>p</sub> - режим работы оборудования (одна, две, три смены);

n<sub>i</sub> - среднегодовое количество наличного оборудования i-группы, шт;

SE<sub>i</sub> - станкоёмкость единицы продукции, производимой на i-й группе взаимозаменяемого оборудования, мин.

Производственные мощности измеряются, как правило, в тех же единицах, в которых планируется производство данной продукции в натуральном выражении (тоннах, штуках, метрах).

Расчёт производственной мощности предприятия ведётся по всем его подразделениям в следующей последовательности:

- по агрегатам и группам технологического оборудования;
- по производственным участкам;
- по основным цехам и предприятию в целом.

Производственная мощность предприятия определяется по мощности ведущих цехов, участков, агрегатов. К ведущим относятся цеха, участки, агрегаты, в которых выполняются основные наиболее трудоёмкие процессы и операции по изготовлению изделий и полуфабрикатов.

Наличие узких мест на промежуточных стадиях производственного процесса не должно учитываться в расчётах производственной мощности предприятия.

Под узким местом понимается несоответствие производственной мощности отдельных цехов, участков, агрегатов возможности ведущего оборудования.

В расчёт производственной мощности предприятия включается всё оборудование, закреплённое за основными производственными цехами, за исключением резервного, опытных участков и специальных участков для обучения рабочих; культурно-технический уровень кадров и отношение к труду; достигнутый уровень выполнения норм времени.

При расчете производственной мощности нужно исходить из имеющегося оборудования и площадей, передовой организации производства, применения полноценного сырья, наиболее совершенных изделий и приспособлений, режима работы предприятия.

Производственная мощность изменяется в течение года, поэтому различают входную, выходную и среднегодовую мощности.

Входная мощность определяется на начало года по наличному оборудованию. Выходная мощность - на конец планового периода с учётом выбытия и ввода мощности за счёт капитального строительства, модернизации оборудования, совершенствования технологии и организации производства. Среднегодовая мощность ( $M_{сг}$ ) рассчитывается путём прибавления к входной мощности ( $M_{вх}$ ) среднегодовой вводимой ( $M_{вв}$ ) и вычитания среднегодовой выбывающей мощности ( $M_{выб}$ ) с учётом срока действия ( $T_n$ ):

$$M_{сг} = M_{вх} + - (3)$$

Для расчёта производственной мощности необходимо иметь следующие данные:

- плановый фонд рабочего времени одного станка;
- количество машин;
- производительность оборудования;
- трудоёмкость производственной программы;
- достигнутый процент выполнения норм выработки.

Производственная мощность агрегата (ПМа) зависит от планового фонда времени работы в течение года ( $\Phi_p$ ) и его производительности в единицу времени ( $W$ )

$$P_{Ma} = \Phi_p \times W (4)$$

Производственная мощность участка (ПМу) с однотипным оборудованием и одинаковой номенклатурой рассчитывается путём умножения производственной мощности агрегата на их количество ( $K$ ). Так, производственная мощность равна:

$$P_{Mu} = P_{Ma} \times K (5)$$

Производственная мощность цеха (ПМц) определяется по ведущему участку.

Производственную мощность ведущего производства можно определить по формуле:

$$M = (7)$$

где  $M$  - производственная мощность цеха, участка в принятых единицах измерения;

$n$  - число единиц ведущего оборудования в цехе;

$\Phi_{макс}$  - максимально возможный фонд времени работы ведущего оборудования, ч;

$M_T$  - прогрессивная форма трудоёмкости обработки изделия на ведущем оборудовании, ч.

Производственная мощность завода (ПМз) в целом рассчитывается по ведущему цеху.

При определении производственной мощности исходят из максимально возможного фонда рабочего времени. Максимально возможный фонд времени работы оборудования в условиях непрерывного производства равен произведению календарных дней и 24 часов в сутки.

В условиях прерывного производства рассчитывают располагаемый фонд времени работы оборудования (номинальный).

Календарный или максимально возможный фонд является исходной величиной в учёте времени работы и бездействия оборудования.

Календарный фонд рассчитывается по формуле:

$$F_k = D_r \times t_c \quad (8)$$

где:

$F_k$  - календарный фонд,

$D_r$  - число дней в году,

$t_c$  - продолжительность рабочих суток в часах.

Номинальный (режимный) фонд времени работы оборудования определяется как разница календарного времени выходных и праздничных дней, умноженная на количество часов работы оборудования в сутки:

$$F_n = (D_r - D_{вп}) \times t_c \quad (9).$$

где:

$F_n$  - фонд номинальный,

$D_{вп}$  - число праздничных и выходных дней.

Для совокупности станков фонд времени (календарный, режимный) равен произведению фонда времени одного станка на число станков.

Эффективный (располагаемый, действительный) фонд времени работы оборудования равен номинальному за вычетом времени на ремонт, наладку, переналадку и времени нахождения оборудования в резерве, с учетом использования станка во времени:

$$F_{\text{э}} = D_r \times t_{\text{смены}} \times S \times K_n \quad (10),$$

где:

$F_{\text{э}}$  - эффективный фонд времени,  $t_{\text{смены}}$  -

длительность рабочей смены,

$S$  - количество смен в сутках,

$K_n$  - коэффициент использования оборудования станка во времени. Производственная мощность определяется в расчете на год по мощности ведущих цехов, участков, агрегатов. К ведущим цехам, участкам, агрегатам относят такие, которые задействованы в основных технологических операциях по изготовлению продукции. На участке мощность определяется по ведущему оборудованию. Ведущее оборудование - это оборудование, на котором выполняются основные наиболее трудоёмкие операции. Производственная мощность группы однотипных станков определяется по формуле:

$$M = F_{\text{э}} \times Q_{\text{ст}} \times K_{\text{вн}} / t_{\text{шт}} \quad (11)$$

Производственная мощность служит основанием для обоснования программы выпуска. Для этого необходимо по каждому структурному подразделению определить:

1. Объём работ или загрузку исходя из программы выпуска.

2. Пропускную способность (или располагаемый фонд станочного времени).

3. Насколько пропускная способность каждого структурного подразделения соответствует требованиям производственного задания. Если пропускная способность различных звеньев производства окажется непропорциональной мощности ведущих цехов, возникают Узкие S места.

4. Привести пропускную способность структурных звеньев в соответствие с выявленной загрузкой по программе - это значит ликвидировать УзкиеS места.

Для того чтобы выяснить, достаточно ли производственных мощностей для выполнения запланированной на текущий год производственной программы, необходимо сделать перерасчёт плана производства на один вид продукции, занимающей наибольший удельный вес.

Расчёты производственной мощности зависят от отраслевой принадлежности предприятия. В то же время есть основания для совершенствования методических предпосылок и выбора исходных данных. Совершенствование методики внутрифирменного планирования производственной мощности имеет самое непосредственное отношение к укреплению финансовой дисциплины и улучшению качества продукции.

Таким образом, расчёт производственной мощности предприятий различных отраслей имеет свои особенности, которые должны учитываться в каждом конкретном случае.

## 1.2 Показатели использования производственных мощностей

Обобщающими показателями использования производственных мощностей являются:

- Коэффициент использования мощности ( $K_{исп}$ ), определяется по всем позициям и номенклатуре продукции, принятой в расчетах производственной мощности;

$$K_{исп} = K_{ф} / K_{пл} \quad (12)$$

где:

$K_{ф}$ ,  $K_{пл}$  - планируемый и фактический выпуск продукции на единицу мощности.

- Коэффициент интенсивного использования оборудования ( $K_{интенс}$ ) определяется отношением фактической мощности к плановой:

$$K_{интенс} = M_{ф} / M_{пл} \quad (12.1)$$

- Коэффициент экстенсивного использования оборудования ( $K_{экс}$ ) определяется отношением времени фактической работы оборудования на время плановой работы:

$$K_{экс} = t_{факт} / t_{пл} \quad (12.2)$$

Коэффициент интегрального использования оборудования ( $K_{интегр}$ ) определяется произведением коэффициентов интенсивного и экстенсивного:

$$K_{интегр} = K_{экс} * K_{интенс} \quad (12.3)$$

Одним из наиболее общих показателей использования производственной мощности является коэффициент ее фактического использования. Для предприятий, вновь введенных в эксплуатацию, обычно определяется коэффициент использования проектной мощности, представляющий собой частное от деления фактического выпуска продукции на величину мощности предприятия по проекту. Этот показатель характеризует уровень освоения проектной

мощности .

- Коэффициент загрузки оборудования ( $K_3$ ), как отношение трудоемкости производственной программы ( $T$ ) к плановому фонду времени работы всего оборудования ( $\Phi_{\Pi} * K$ ):

$$K_3 = T / \Phi_{\Pi} * K \quad (13)$$

- Коэффициент сменности ( $K_C$ ), как отношение трудоёмкости производственной программы ( $T$ ) к плановому фонду времени работы оборудования за одну смену ( $\Phi_{\text{ICM}} * K$ ):

$$K_C = T / \Phi_{\text{ICM}} * K \quad (14)$$

- Коэффициент сопряженности мощностей ( $K_{\text{соп}}$ ) рассчитывают для оценки соответствия пропускной способности ведущих цехов и остальных звеньев предприятия:

$$K_{\text{соп}} = M_1 / (M_2 * P_y) \quad (15)$$

где:

$M_1, M_2$  - мощности цехов (участков, групп оборудования), между которыми определяется коэффициент сопряженности,

$P_y$  - удельный расход продукции первого цеха для производства продукции второго цеха.

- Интегральный показатель использования производственных мощностей ( $K_{\text{И}}$ ), как произведение коэффициентов использования оборудования по времени и по мощности.

Ежегодно на каждом предприятии должен разрабатываться баланс производственной мощности, который в первую очередь включает:

- а) мощность предприятия на начало планируемого периода ( $M_{\text{НГ}}$ );
- б) величину прироста производственной мощности за счет различных факторов (модернизации, реконструкции, технического перевооружения и др.) ( $M_{\text{ПР}}$ );
- в) размеры уменьшения производственной мощности в результате выбытия, передачи и продажи основных производственных фондов, изменения номенклатуры и ассортимента продукции, изменения режима работы предприятия и других факторов ( $M_{\text{УБ}}$ );
- г) величину выходной производственной мощности, т.е. мощности на конец планируемого периода ( $M_{\text{ВЫХ}}$ );
- д) среднегодовую производственную мощность ( $M_{\text{СРГОД}}$ );
- е) коэффициент использования среднегодовой производственной мощности ( $K_{\text{И}}$ ).

Баланс производственной мощности разрабатывается для обоснования производственной программы производственными мощностями, специализации и кооперирования производства, а также определения необходимой величины реальных инвестиций для наращивания производственной мощности.

### **1.3 Пути рационального использования производственных мощностей**

Одной из наиболее важных задач развития промышленности является обеспечение производства, прежде всего за счет повышения его эффективности и более полного использования внутрихозяйственных резервов. Для этого необходимо рациональнее использовать производственные мощности.

Увеличение объемов производства промышленной продукции достигается за счет:

- 1) ввода в действие и производственных мощностей;
- 2) улучшения использования действующих производственных мощностей.

Прирост производственных мощностей промышленности, ее отраслей и

предприятий достигается благодаря новому строительству, а также реконструкции и расширению действующих предприятий.

Реконструкция и расширение действующих фабрик и заводов, являясь источником увеличения производственных мощностей предприятий, одновременно позволяют лучше использовать имеющийся в промышленности производственный аппарат.

Решающую часть прироста продукции в целом по промышленности получают с действующих производственных мощностей, которые в не-сколько раз превышают ежегодно вводимые новые мощности.

К системе взаимосвязанных показателей, непосредственно характеризующих уровень использования производственных мощностей, а также раскрывающих резервы дальнейшего улучшения их использования, относятся:

- 1) использование во времени (коэффициент экстенсивной нагрузки);
- 2) использование в единицу времени (коэффициент интенсивной нагрузки);
- 3) общее использование (коэффициент интегральной нагрузки).

Одной из важнейших задач повышения эффективности использования капитальных вложений и основных фондов является своевременный ввод производственных мощностей, быстрое их освоение. Сокращение сроков ввода в эксплуатацию новых фабрик и заводов позволяет быстрее получить нужную для народного хозяйства продукцию с технически более совершенных производственных мощностей, ускорить их оборот и тем самым замедлить наступление морального износа производственных мощностей предприятий, повысить эффективность общественного производства в целом.

Улучшение использования действующих производственных мощностей промышленных предприятий, в том числе вновь введенных в эксплуатацию, может быть достигнуто благодаря:

- 1) повышению интенсивности использования производственных мощностей;
- 2) повышению экстенсивности их нагрузки. Более интенсивное использование производственных мощностей достигается, прежде всего, за счет технического совершенствования последних.

Практика промышленных предприятий показывает, что здесь идет процесс увеличения единичной мощности оборудования:

- в станках, машинах и агрегатах упрочняются наиболее ответственные детали и узлы;
- повышаются основные параметры производственных процессов (скорость, давление, температура);
- механизуются и автоматизируются не только основные производственные процессы и операции, но и вспомогательные и транспортные операции, нередко сдерживающие нормальный ход производства и использование оборудования; устаревшие машины модернизируются и заменяются новыми, более совершенными.

Интенсивность использования производственных мощностей повышается также путем совершенствования технологических процессов; организации непрерывно-поточного производства на базе оптимальной концентрации производства однородной продукции; выбора сырья, его подготовки к производству в соответствии с требованиями заданной технологии и качества выпускаемой продукции; ликвидации штурмовщины и обеспечения равномерной, ритмичной работы предприятий, цехов и производственных участков, проведения ряда других мероприятий, позволяющих повысить скорость обработки предметов труда и обеспечить

увеличение производства продукции в единицу времени, на единицу оборудования или на 1 кв. м производственной площади.

Важный резерв повышения эффективного использования производственных мощностей действующих предприятий заключен в сокращении времени внутрисменных простоев оборудования, которые на ряде промышленных предприятий достигают 15—20% всего рабочего времени.

Улучшение использования производственных мощностей зависит в значительной степени от квалификации кадров, особенно от мастерства рабочих, обслуживающих машины, механизмы, агрегаты и другие виды производственного оборудования.

Творческое и добросовестное отношение работников к труду является важным условием улучшения использования производственных мощностей. Огромное значение в улучшении использования производственных мощностей имеет материальное стимулирование рабочих.

Известно, что от совершенства системы морального и материального стимулирования в значительной степени зависит уровень использования производственных мощностей. Анализ технико-экономических показателей промышленных предприятий, работающих в новых условиях планирования и экономического стимулирования, свидетельствует, что новый экономический механизм, в том числе введение платы за производственные фонды, пересмотр оптовых цен, применение нового показателя для определения уровня рентабельности, создание на предприятиях поощрительных фондов, способствуют улучшению использования производственных мощностей.

Любой комплекс мероприятий по улучшению использования производственных мощностей, разрабатываемый во всех звеньях управления промышленностью, должен предусматривать обеспечение роста объемов производства продукции. Это достигается путём более полного и эффективного использования внутрихозяйственных резервов и путем более полного использования машин и оборудования, повышения коэффициента сменности, ликвидации простоев, сокращения сроков освоения вновь вводимых в действие мощностей, дальнейшей интенсификации производственных процессов.

### **Анализ производственных мощностей на предприятии**

#### **2.2 Изучение и оценка производственных мощностей**

Способность отраслей промышленности, предприятий и их подразделений изготавливать максимальное количество продукции находится в непосредственной зависимости от количества и совершенства средств труда, которыми они оснащены. Средства труда, прежде всего их активную часть -- орудия труда, следует считать основным фактором формирования производственной мощности предприятий. Однако из этого не следует делать вывод о том, что производственную мощность можно определять на основе производственно-технических параметров средств труда без учета общественно-экономических условий, в которых они используются. Современные орудия производства, в каком бы виде они ни выступали (систем машин, комплексов машин), используются людьми в процессе труда. А процесс труда всегда протекает при определенной общественной форме, которая определяется характером собственности на средства производства. В зависимости от этого складываются и производственные отношения.

В 2016 году заметно увеличились показатели по всем направлениям. Таким образом, производственная мощность, как экономическая категория, отражает производственные отношения с целью использования организованной совокупности наиболее активного вида

средств труда - машин и оборудования для обеспечения максимального выпуска продукции.

Следовательно, сущность производственной мощности раскрывается полностью лишь тогда, когда ее рассматривают как функцию организованной совокупности средств труда. Тогда она будет не только характеризовать потенциальную способность выпускать максимальное количество продукции предприятием, но и их экономический потенциал.

Степень использования производственной мощности ( $K_{\text{нмощ}}$ ) определим следующим образом:

Факторы изменения ее величины можно установить на основании отчетного баланса производственной мощности, который составляется в натуральном и стоимостном выражении в сопоставимых ценах по видам выпускаемой продукции и в целом по предприятию:

$$M_k = M_n + M_c + M_p + M_{отм} + ?M_{ас} - M_b,$$

где  $M_k, M_n$  - соответственно производственная мощность на конец, и начало периода;

$M_c$  - увеличение мощности за счет строительства новых и расширения действующих предприятий;

$M_p$  - увеличение мощности за счет реконструкции действующих предприятий;

$M_{отм}$  - увеличение мощности за счет внедрения оргтехмероприятий;

$?M_{ас}$  - изменение мощности в связи с изменением ассортимента продукции с различным уровнем трудоемкости;

$M_b$  - уменьшение мощности в связи с выбытием машин, оборудования и других ресурсов.

Экономический анализ начинается с описания производственных мощностей и показателей их использования. Таблица № 1 - Фондоотдача и фондоемкость

Показатели	Единица измерения	2015 г.	2016 г.	Относительные изменения
Выпущенная продукция	Тыс.руб.	100568	130000	129,2
Основные производственные фонды	Тыс.руб.	137486	138475	100,7
Фондоотдача	Руб.коп.	0,73	0,94	1,23
Фондоемкость	Руб.коп	1,73	1,07	78,1

Данная таблица показывает, что фондоотдача в целом по предприятию ОАО «Дагмаш» низкая, это показывает, на сколько происходит отдача денежных средств вложенных в основные фонды. В 2017 году она немного повысилась благодаря росту выпускаемой продукции. Фондоемкость показывает, сколько предприятие затратило на основные фонды, выпустив продукции на один рубль. По норме фондоемкость должна быть около пятидесяти копеек, то есть меньше рубля. А здесь видно, что выбранное автором предприятие затрачивает больше денег, чем получает от выпущенной продукции.

**Таблица № 2 - Анализ использования производственной мощности**

Показатель	2015	2016	Изменение
Выпуск продукции, тыс. руб.	7500	8300	800
Производственная мощность, тыс. руб.	9200	10300	1100
Прирост производственной мощности за счет:			
а) ввода в действие нового и модернизации оборудования			+900
б) реконструкции цехов			+200
Степень использования мощности, %	81,5	80,1	-1,4

Производственная площадь, м <sup>2</sup>	50	58	+8
Выпуск продукции на 1 м <sup>2</sup> производственной площади, тыс. руб.	150	143	-7

Для характеристики степени использования пассивной части фондов рассчитывают показатель выхода продукции на 1 м<sup>2</sup> производственной площади, который в некоторой степени дополняет анализ использования производственных мощностей предприятия. Повышение уровня данного показателя способствует увеличению производства продукции и снижению ее себестоимости.

Из табл. 2 следует, что объем производства на анализируемом предприятии в отчетном году вырос на 800 тыс. руб., в том числе за счет увеличения:

- производственной площади предприятия ВП = (+8) \* 150 = +1200 тыс. руб.;
- выпуска продукции на 1 м<sup>2</sup> площади ВП = 58 \* (-7) = -406 тыс. руб.

Таким образом, можно сделать вывод, что предприятие недостаточно полно использует не только активную, но и пассивную часть ОПФ. Неполное использование производственной мощности приводит к снижению объема выпуска продукции, к росту ее себестоимости, так как на единицу продукции приходится больше постоянных расходов.

Проведя частичный анализ данной таблицы видно следующее:

- Производство продукции и объём реализации росли в среднем за каждый год;
- Пропорционально возростала среднегодовая производственная мощность;
- Недостаточно (нерационально) использовались производственные мощности в среднем по всем изделиям;
- Происходило постоянное обновление и введение в действие новых машин и оборудования;

Из чего можно сделать конкретные выводы.

Во-первых, стабильность роста показателей производства и объёма продаж текущих годов по сравнению с базисными, во-вторых, предприятие стремится к более полному использованию производственных мощностей и введению новых.

### **Пути улучшения использования производственных мощностей**

Анализ использования производственной мощности предприятия показал неудовлетворительные результаты.

Качественный анализ состояния и использования производственных мощностей и основных фондов даёт возможность оценить эффективность применения активной и пассивной части средств производства и на их основе сделать расчёт резервов увеличения рационализации всего производства в целом, и производственных мощностей в частности.

Улучшения использования основных фондов и производственной мощности на предприятии ОАО «Дагмаш» можно достигнуть путем: сохранения количества неустановленного оборудования; замена и модернизация действующего оборудования; повышение коэффициента использования действующего оборудования; увеличение коэффициента интегральной нагрузки оборудования, за счёт сокращения потерь рабочего времени;

повышение коэффициента использования производственных площадей; реализация достижений научно-технического прогресса в производстве; увеличение доли активной части основных фондов в основных производственных средствах;

При выставлении оценки использования производственных мощностей нужно учитывать необходимость создания резервных мощностей с целью обеспечения работы и устранения краткосрочных нарушений их работы. Поэтому следует различать резервные мощности, необходимые для нормального хода производства, и резервы мощностей, образующиеся вследствие нерационального их использования.

Важным направлением работы по рационализации является разработка мероприятий по повышению коэффициента использования производственных мощностей.

Основными мероприятиями повышения данного коэффициента являются:

- повышение коэффициента сменности;
- ликвидация узких мест в производстве;
- улучшение организации труда;
- уменьшение простоев оборудования;
- сокращение сроков освоения проектных мощностей вновь вводимых объектов;
- снижение количества простоев оборудования из-за отсутствия сырья.

Рекомендации по улучшению использования производственных мощностей на ОАО «Дагмаш».

Важнейшие направления увеличения фондоотдачи:

Улучшение структуры производственных мощностей, повышение удельного веса их активной части до оптимальной величины, рациональное соотношение различных видов оборудования. На данный момент 40,4 % - это здания, то есть пассивная часть производства.

Повышение коэффициента сменности работы оборудования в подразделениях предприятия. Данное мероприятие проводится на предприятии за счет вводимого оборудования и происходит увеличение фондоотдачи.

Интенсификация производственных процессов путем внедрения новых технологий, машин и оборудования.

Улучшение условий и режима труда с учетом производственной эстетики.

Увеличение выпуска продукции достигается только в ведущих цехах, это значит, что очень важно повышать их долю в производственных мощностях. Увеличение ввода производственных мощностей вспомогательного производства ведет к росту фондоемкости продукции, так как непосредственного увеличения выпуска продукции при этом не происходит. Но без пропорционального

развития вспомогательного производства основные цеха не могут функционировать с полной отдачей. Поэтому поиск оптимальной производственной структуры производственных мощностей на предприятии - является важным направлением в улучшении их рационального использования.

Модернизация действующих машин и механизмов установление оптимального режима их работы предполагает повышение степени загрузки оборудования в единицу времени. Работа при оптимальном режиме технологического процесса обеспечивает увеличение выпуска продукции без изменения производственных мощностей, без роста численности работающих и при снижении расхода материальных ресурсов на единицу продукции.

В современных условиях появился еще один фактор, обуславливающий повышение эффективности использования производственных мощностей. Это развитие акционерной формы хозяйствования и приватизация предприятий. В обоих случаях трудовой коллектив становится собственником основных фондов, получает возможность реально распоряжаться

средствами производства, включая самостоятельное распоряжение производственных мощностей, а также прибылью предприятия.

Все факторы, влияющие на производственную мощность должны учитываться в управлении предприятием. По мнению автора, главным направлением рационализации использования производственных мощностей является непосредственное улучшение и увеличение эффективности управления предприятием. И действительно, именно правильно и рационально организованное производство может нести золотые яйца?.

И не следует забывать о неразрывной взаимосвязи всех частей производственного процесса. Неправильная организация изменения одного может привести к нарушению всего цикла производства продукции. Поэтому пути рационального использования производственных мощностей постоянно пересекаются с формированием заработной платы работников; качеством и конкурентоспособностью продукции; использованием основных фондов и трудовых ресурсов; и другими неотъемлемыми частями производства, напрямую не связанными с производственными мощностями, но оказывающими большое влияние на возможности их рационального использования.

## **2. Задание к лабораторному занятию**

1. Произвести оценку производственной мощности предприятий региона.

### **Лабораторная работа № 4**

**Оценка опасности химически опасного объекта региона. Расчет количества АХОВ, обращающихся на ХОО**

#### **1. Теоретическая часть**

Расчет сил и средств, необходимых для локализации и обезвреживания источника химического загрязнения выполняется, исходя из типа аварии, вида АХОВ, условий выполнения работ и имеющихся возможностей.

Тип аварии, вид и количество вылившихся (выброшенных) АХОВ, размеры и расположение разлива, характер и масштабы вторичных поражающих факторов, метеоусловия определяются по данным разведки, рекогносцировки места работ и информации специалистов аварийного объекта.

На основе выбранных способов локализации и обезвреживания производится расчет сил и средств, необходимых для выполнения этих работ в данных условиях и при имеющихся возможностях.

Расчет производится по каждому способу локализации и обезвреживания. Суммарное количество необходимых сил и средств определяется с учетом последовательности выполнения операций.

При выполнении работ в темное время суток результат расчетов умножаются на коэффициент условий работ  $K_y = 2$

### Расчет сил и средств, необходимых для постановки жидкостных завес

(производится при чрезвычайных ситуациях с химической обстановкой первого, второго, третьего типов).

Для определения количества сил и средств, потребных для постановки завесы в данных условиях, необходимо определить:

- объем предстоящей работы - ширину фронта завесы, длительность ее постановки, интенсивность подачи воды (нейтрализующих веществ);
- количество техники, необходимой для постановки завесы в данных условиях, с учетом имеющихся типов машин.

Для расчета ширины фронта завесы принимается, что завеса должна быть не менее 200 м по фронту расположения облака на участке аварии и не менее 100 м на участке пролива (перекрывать ширину фронта облака на 10-15 %). Рубеж развертывания одной химической машины для постановки жидкостной завесы составляет 50 м по фронту.

Расчет общей протяженности ширины фронта завесы может производиться также по формуле

$$П=0,2*Г (км),$$

где П - ширина фронта завесы (км);

Г - глубина распространения первичного облака (таблица 1).

Продолжительность постановки завесы определяется временем испарения разлива АХОВ, которое рассчитывается по формуле:

$$Т = У_{АХОВ}/W ,$$

где Т - продолжительность постановки завесы (мин);

$U_{АХОВ}$  - количество пролитого АХОВ (т);

W - интенсивность испарения АХОВ (т/мин);

Значение  $U_{дхов}$  определяется по данным разведки или по докладу специалистов аварийного объекта.

Значение W рассчитывается по формуле:

$$W= 10^{''6}*S*PVM*(5,38+2,7U),$$

где S - площадь пролива (м);

P - давление насыщенного пара (мм рт. ст.);

M - молекулярная масса пролитого АХОВ;

U - скорость ветра (м/с) на высоте 10 м (на высоте флюгера). Интенсивность подачи воды (нейтрализатора) определяется по формуле:

$$Q =W*Kn*V_{АХОВ},$$

где Q - интенсивность подачи воды (т/мин);

W - интенсивность испарения АХОВ (т/мин);

$K_n$  - коэффициент пропорциональности показывает, сколько тонн воды (нейтрализующего раствора) требуется для нейтрализации одной тонны данного АХОВ (таблица 2).

Таблица 1 - Глубина распространения первичного облака некоторых АХОВ

Емкость хранения (общее кол-во)	Конвекция		Изотермия			Инверсия*	
	Скорость ветра, м/с						
	1	2	2	4	6	1	2
<b>Хлор</b>							
1	Менее 0,5		0,6	Менее 0,5		2,1	
						1,4	

10	0,9	0,6	2,7	1,8	1,3	8,7	5,7
100	2,9	2	9,5	6,4	5,1	30	20
500	5,5	4	25	17	14	До 60	
1000**	3,4	2,5	11,4	7,7	6,1	37	24
<b>Фосген</b>							
1	Менее 0,5		0,6	0,5	Менее 0,5	1,8	1,2
10	1,2	0,5	1,7	1,2	0,9	4,1	2,7
100	3,6	2,6	6,5	4,4	3,5	16,7	11
<b>Аммиак</b>							
50	0,7	0,5	1,6	1,1	0,8	5,0	3,2
100	0,9	0,6	2,4	1,6	1,3	6,7	4,4
500	2,0	1,4	6	4	3,2	18,3	12
10000**	3,1	2,3	10,4	7	5,5	33,7	22
30000**	5,3	3,8	19,5	13,1	10,4	До 60	43,6
<b>Окись этилена</b>							
10	Менее 0,5				Менее 0,5		
50	Менее 0,5		Менее 0,5		0,6	Менее 0,5	
100	Менее 0,5		0,6	Менее 0,5		0,9	0,6
<b>Окись углерода***</b>							
10	Менее 0,5		0,8	0,6	0,5	2,3	1,5
<b>Сернистый ангидрид</b>							
25	Менее 0,5		0,6	Менее 0,5		1,4	0,9
50	0,8	0,5	1	0,7	0,6	2,3	1,5
100	1,1	0,8	2	2	1,6	8,5	5,5
<b>Окислы азота</b>							
10	0,8	0,6	2,4	1,6	1,3	7,5	4,9
50	1,7	1,2	5,9	4	3,2	20	13
100	2,3	1,7	8,8	5,9	4,7	30	20

Необходимое количество машин в одной смене определяется исходя из средней производительности одной машины по подаче воды (нейтрализующего раствора) 0,2 т/мин. По формуле

$$N_1 = Q / 0,2$$

где  $N_1$  - количество машин в смене;

$Q$  - необходимая интенсивность подачи воды (нейтрализатора).

Общее количество машин определяется исходя из количества смен с учетом времени на движение к месту заправки (и обратно) и на заливку воды (раствора). Средняя продолжительность работы одной смены при постановке завесы - 10-12 мин. Время на движение и заправку рассчитывается исходя из местных условий. Во всех случаях количество машин должно быть не менее двух.

**Расчет сил и средств для разбавления разлива водой** (производится при чрезвычайных ситуациях с химической обстановкой второго и третьего типов)

Количество воды, потребное для разбавления разлива, определяется по формуле

$$H = U_{\text{АХОВ}} * K_{\text{п}} - H_{\text{ос}}$$

где  $H$  - количество воды, потребное для разбавления разлива с указанной кратностью;

$U_{\text{АХОВ}}$  - количество разлитого АХОВ (т);

$K_{\text{п}}$  - коэффициент пропорциональности (таблица 2);

$H_{\text{ос}}$  - количество воды, подаваемое стационарной объектовой системой (т) - при ее наличии.

Количество машинорейсов для подачи необходимого количества воды, определяется по формуле:

$$N_p = H/V_w$$

где  $N_p$  - количество машинорейсов для перевозки данного количества воды

(ад);

$H$  - количество воды для разбавления разливов (т);

$V_w$  - средняя емкость бака машин, выполняющих операцию (т).

**Таблица 2 - Нормы расхода растворов для обезвреживания (нейтрализации) АХОВ**

Наименование АХОВ	Агрегатное состояние АХОВ	Используемые растворы	Расход на 1 т АХОВ, т (коэф. пропорциональности)	
			При разбавлении до безопасной концентрации	При нейтрализации
Аммиак	газ	постановка водяной завесы	не нормируется	
	сжиженный газ	10% раствор соляной (серной) кислоты воды	10 (15) 18-20	20 (30)
Водород цианистый	жидкость	✓ 10% раствор гипохлорита кальция	-	40-45
	газ	✓ Формалин		3
		✓ 10-25% раствор аммиака		5-10
Окислы азота	жидкость	10% водный раствор щелочи	2,5-3	8-9
	газ	Вода	4-5	5-10
		10-25% раствор аммиака		
Окись этилена	сжиженный газ	10% раствор аммиака		2-5
		Вода		0,5
Сернистый ангидрид	сжиженный газ	✓ 10% раствор щелочи	2	12,5
		✓ Вода	3	5-10
		✓ 10-25% раствор аммиака		
Сероводород	газ	Постановка водяной завесы	не нормируется	
Формальдегид	сжиженный газ	Вода	3	-
Фосген	газ	Постановка водяной завесы	Не нормируется	
	сжиженный газ	10% водный раствор щелочи	16-20	
Фтор	сжиженный газ	10-25% раствор аммиака	-	5-10
		Вода		500
Фосфора хлорокись	жидкость	Вода		9
Хлор	газ	✓ Постановка водяной завесы 5% водный раствор щелочи	Не нормируется	
			0,5-0,8	22-25
	сжиженный газ	✓ Вода	0,6-0,9	5-10
		✓ 10-25% раствор аммиака		

Необходимое количество машин определяется исходя из заданного времени на выполнение задачи и продолжительности машинорейса по формуле:

$$N_M = t_p * N_p / T,$$

где  $N_M$  - количество машин, необходимое для выполнения задачи в установленное время

(ед);

$t_p$  - продолжительность машинорейса (мин);

T - время, установленное для выполнения задачи (мин);

N<sub>p</sub> - потребное количество машинорейсов.

При необходимости постановки водяной завесы одновременно с разбавлением пролива расчет сил и средств осуществляется согласно разделу II настоящей методики.

При недостаточной высоте поддона может возникнуть необходимость откачки раствора во избежание растекания разлива. Соответственно определяется количество машин (цистерн) для откачки и вывоза раствора АХОВ, а также количество инженерных машин для дополнительного обвалования разлива согласно разделу IV настоящей методики.

**Расчет сил и средств для обезвреживания разлива АХОВ** (производится при чрезвычайных ситуациях с химической обстановкой второго, третьего, четвертого типов)

Количество АХОВ в разливе (на момент начала обезвреживания) определяется по данным специалистов пострадавшего объекта или по формуле:

$$V_{\text{АХОВ}}^X - V_{\text{АХОВ}} - W * T_A$$

Где V<sub>АХОВ</sub><sup>X</sup> - количество АХОВ в разливе на момент начала работы (т);

V<sub>АХОВ</sub> - количество вылившихся АХОВ (т);

W - интенсивность испарения АХОВ (т/мин);

T<sub>A</sub> - время, прошедшее с момента аварии (мин).

Вид обезвреживающего раствора определяется по таблице 2.

Потребное количество обезвреживающего раствора определяется по формуле:

$$V_p - V_{\text{АХОВ}}^X * K_{\text{пр}}$$

V<sub>p</sub> - потребное количество раствора;

V<sub>АХОВ</sub><sup>X</sup> - количество АХОВ в разливе (т) на момент начала работы;

K<sub>пр</sub> - коэффициент пропорциональности при обезвреживании (таблица 2).

Количество обезвреживающего вещества (т) и количество воды (т), необходимое для приготовления раствора, определяется исходя из концентрации раствора по справочным данным.

Потребность в машинорейсах для обезвреживания разлива определяется по формуле:

$$N_p - V_p / V_{\text{ц}}$$

где N<sub>p</sub> - количество машинорейсов для доставки и разлива нейтрализующего раствора;

V<sub>p</sub> - количество раствора, необходимого для обезвреживания разлива (т);

V<sub>ц</sub> - средняя емкость одной цистерны (принимается = 2,5 т).

Количество машин для выполнения задачи в установленное время определяется по формуле:

$$N_M = t_p * N_p / T,$$

где N<sub>M</sub> - потребное количество машин;

t<sub>p</sub> - продолжительность машинорейса (мин);

T - время, установленное для выполнения задачи (мин);

N<sub>p</sub> - потребное количество машинорейсов.

**Расчет сил и средств для обвалования разлива** (производится при чрезвычайных ситуациях с химической обстановкой второго, третьего, четвертого типов)

При разливе агрессивных АХОВ применяется техника, не имеющая резиновых деталей шасси.

Объем разлившегося АХОВ (м<sup>3</sup>) определяется по данным специалистов аварийного объекта или разведки. Радиус разлива определяется на месте работ.

Объем грунта для обвалования разлива по всему периметру с необходимыми параметрами

насыпи (допускается, что разлив имеет форму круга) определяется по формуле:

$$V_{гр} = 2 \cdot nR \cdot (a+b) \cdot h / 2,$$

где  $V_{гр}$  - объем грунта, м<sup>3</sup>;

$\frac{(a+b)h}{2}$  - ширина насыпи у основания, поверху и высота, h, м.

При этом принимается размер насыпи по верху  $a=0,5$  м, ширина насыпи у основания  $b=2$  м, высота насыпи  $h$  (глубина разлива АХОВ + 0,2 м).

Суммарная производительность техники, необходимой для перемещения грунта в заданное время (м<sup>3</sup>/ч), определяется по формуле:

$$P_c = V_{гр} \cdot K_y \cdot K_p / T,$$

Где  $P_c$  - суммарная производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$V_{гр}$  - общий объем грунта для обвалования пролива, м<sup>3</sup>;  $K_p$  - коэффициент разрыхления грунта (равен 1,2);

$K_y$  - коэффициент условий работы (день-2, ночь-4);

$T$  - заданное время на выполнение задачи, ч.

Количество машин для выполнения данного объема работ в заданное время определяется по формуле:

$$N = P_c / P \text{ (ед)},$$

$N$  - необходимое количество машин данного типа;

$P_c$  - суммарная производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$P$  - производительность имеющегося типа техники, м<sup>3</sup>/ч,

### Задание.

В результате аварии на ХОО произошла утечка заданного количества АХОВ. Разлив АХОВ - окружность площадью  $S$  м<sup>2</sup>. Рассчитать количество сил и средств, необходимых для ликвидации последствий аварии, исходя из следующих данных:

- ✓ Состояние приземного слоя атмосферы;
- ✓ Скорость ветра на высоте флюгера -  $U$ , м/с
- ✓ Давление насыщенного пара  $P=765$  мм.рт.ст.;
- ✓ Время для выполнения задачи  $T=2$  часа;
- ✓ Продолжительность машинорейса  $t_F=30$  мин;
- ✓ Время начала ликвидации аварии  $T_A$ , 10 мин;
- ✓ Кол-во воды, подаваемое стационарной объектовой системой  $N_{ос}=100$  т;
- ✓ Общий объем грунта для обвалования пролива,  $U_{гр}$ , м<sup>3</sup>;
- ✓ Производительность имеющегося типа техники для обвалования  $P=250$  м<sup>3</sup>/ч

№ вари-анта	Вид АХОВ, кол-во, т	СВУА	$U$ , м/с	$S$ , м <sup>2</sup>	$h$ , м	$V_{гр}$ , м <sup>3</sup>
1	Хлор (СГ) 30т	Инверсия	2	350	0,4	1500
2	Аммиак (СГ) 40т	Изотермия	2	400	0,5	2000
3	Хлор (СГ) 30т	Конвекция	1	500	0,6	2200
4	Аммиак (СГ) 35 т	Инверсия	1,5	600	0,7	1700
5	Хлор (СГ) 45 т	Изотермия	2	550	0,8	2500

6	Хлор (СГ) 50т	Конвекция	2	450	0,4	3300
7	Аммиак (СГ) 50т	Инверсия	2	550	0,5	3000
8	Хлор (СГ) 45 т	Изотермия	6	300	0,6	1900
9	Аммиак (СГ) 35 т	Конвекция	1,5	600	0,7	3500

### Лабораторная работа № 5

#### Оценка риска аварий на гидротехнических сооружениях региона. Расчет последствий аварий на гидротехнических сооружениях

#### 1. Теоретическая часть

Основными задачами оценки риска аварий ГТС являются [\[12, 22, 23, 57, 61, 62, 74, 77\]](#):

- ✓ оценка частот (среднегодовых вероятностей) возникновения и развития аварий ГТС по всем основным сценариям, идентифицированным на стадии предварительного анализа опасностей (ПАО);
- ✓ оценка последствий возникновения и развития основных сценариев аварий ГТС;
- ✓ обобщение полученных оценок.

Таблица 3 - Категорирование по уровню риска аварий, возможных на ГТС

Категория аварии	Уровень риска	Тяжесть последствий аварии			Рекомендации по анализу риска	Разработка мер безопасности
		для персонала и населения	для объектов и иных материальных ценностей	для окружающей природной среды		
<b>А</b>	Высокий	Гибель людей	Существенный ущерб ГТС и имуществу третьих лиц	Невосполнимые экологические потери	Обязателен детальный анализ риска	Требуются особые меры для снижения риска
<b>В</b>	Существенный	Угроза жизни людей, травмы персонала и населения	Значительные разрушения ГТС и имущества третьих лиц	Существенные экологические потери	Желателен детальный анализ риска	Требуются меры безопасности для снижения риска
<b>С</b>	Средний	Потери маловероятны	Незначительные повреждения ГТС, потери имущества третьих лиц	Незначительные экологические потери	Рекомендован анализ риска	Рекомендуется принятие мер безопасности
<b>Д</b>	Низкий	Потери маловероятны	Незначительные повреждения ГТС, потери имущества третьих лиц мало вероятны	Незначительные экологические потери	Анализ риска не требуется	Принятие мер безопасности не требуется

Примечание: число категорий аварий, как и число уровней риска, может быть разным в зависимости от особенностей анализируемого ГТС и целей анализа риска

Для оценки (количественной и/или качественной) ожидаемых частот аварий гидротехнических сооружений используются следующие подходы [\[12, 22, 23, 57, 61, 74, 77\]](#):

- ✓ статистический, заключающийся в максимально полном использовании статистики аварий и неполадок, а также данных о надежности объектов-аналогов;
- ✓ графоаналитический, заключающийся в использовании логических методов анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий» или расчетных моделей сооружения;
- ✓ экспертный, заключающийся в выработке оценки путем учета мнений специалистов в данной области.

При этом процедуры анализа риска аварий гидротехнических сооружений можно подразделить на три категории [\[74, 77\]](#): анализ, основанный на действующих нормах [\[5, 6, 39-51, 58, 59\]](#); качественный анализ и/или количественный анализ [\[12, 22, 37, 61, 74, 77\]](#).

Применяются также так называемые полуколичественные оценки, сочетающие качественные и количественные показатели риска [\[22, 37, 77\]](#).

Следует отметить, что пределы и степень детализации анализа риска могут отличаться для разных подходов, допускающих как качественные, так и количественные оценки.

Для гидротехнических сооружений ввиду явного недостатка репрезентативных статистических данных об отказах элементов ГТС и аварий на объектах-аналогах, уникальности сооружений, отсутствия исчерпывающих исходных данных о сооружениях, условиях размещения и эксплуатации целесообразно применение сочетания указанных подходов и процедур, адаптированных к специфике целей и задач анализа риска конкретного ГТС [\[22-24, 74, 77\]](#).

Оценка последствий аварий ГТС (количественная или качественная) включает анализ возможных аварийных воздействий ГТС на основные группы реципиентов риска, к которым относятся [\[12, 27, 31, 35\]](#):

- ✓ персонал объекта - владельца гидротехнического сооружения или эксплуатирующей организации;
- ✓ население прилегающей территории, попадающей в зону затопления при гидродинамической аварии или лишенной энергоснабжения при остановке электростанции в результате аварии ГТС;
- ✓ имущество третьих лиц (предприятия, здания и сооружения промышленных и селитебных зон);
- ✓ окружающая природная среда.

Для оценки последствий необходимо оценить негативные эффекты аварийного воздействия ГТС - физические (глубина затопления, скорость воды, температура и т.д.), социально-экономические (потери устойчивости затопленных зданий и сооружений, характер и продолжительность прекращения энергоснабжения и т.д.) и экологические (затопление сельхозугодий, ущерб рыбным запасам, загрязнение природных вод, почв, грунтов и т.д.) [\[19, 27, 31\]](#). При оценке последствий аварий ГТС необходимо использовать модели аварийных процессов на ГТС и критерии поражения людей, имущества и окружающей природной среды с учетом неизбежных ограничений в выборе таких критериев [\[18, 19, 21, 27, 34, 52, 63, 70-74\]](#).

Этап оценки риска должен (помимо оценки частоты и последствий нежелательных опасных явлений, событий и процессов, способных привести к аварии ГТС) включать анализ неопределенностей и точности полученных результатов [\[22, 23, 74, 77\]](#). Основными источниками неопределенностей при анализе и оценке риска, как показывает практика, являются

недостаточность информации о надежности сооружения и его элементов, человеческих ошибках, особенно в нестандартных ситуациях, а также неизбежные допущения и ограничения при моделировании аварийных процессов на ГТС. Анализ неопределенностей - это перевод ограничений и допущений, а также недостатка исходных данных, используемых при анализе риска, в погрешность (неопределенность) результатов. Источники неопределенности должны быть идентифицированы и представлены в результатах анализа риска аварий ГТС.

При необходимости по результатам анализа и оценки частоты выявленных опасных событий и их последствий определяется значение риска аварий ГТС в целом путем обобщения показателей риска (частот и последствий) всех выявленных опасных событий (см. рис. 4). Здесь также возможны как количественные, так и качественные оценки [22, 23, 66, 74, 77].

Собственно оценка риска по результатам предыдущих этапов - это процесс выработки решения, является ли определенный качественно или количественно риск аварий ГТС допустимым, а меры контроля за безопасностью ГТС - адекватными [22, 77]. В случае количественной оценки риска аварий ГТС и наличия нормативных значений критериев допустимого риска сооружений данного типа, класса и назначения процедура оценки риска включает сравнение вычисленных показателей риска аварий конкретного ГТС с критериями допустимого риска (см. рис.1). В случае качественных оценок риска суждение о допустимости риска аварий ГТС выносится группой экспертов-исполнителей. Аналогичным образом проверяется адекватность мер контроля за уровнем безопасности ГТС.

Если риск опасного события, приводящего к аварии ГТС, признан недопустимым, а меры контроля за уровнем безопасности сооружения - неадекватными потенциальной опасности, то на этапе оценки риска определяется характер дополнительных мер контроля состояния сооружения и уровня его безопасности.

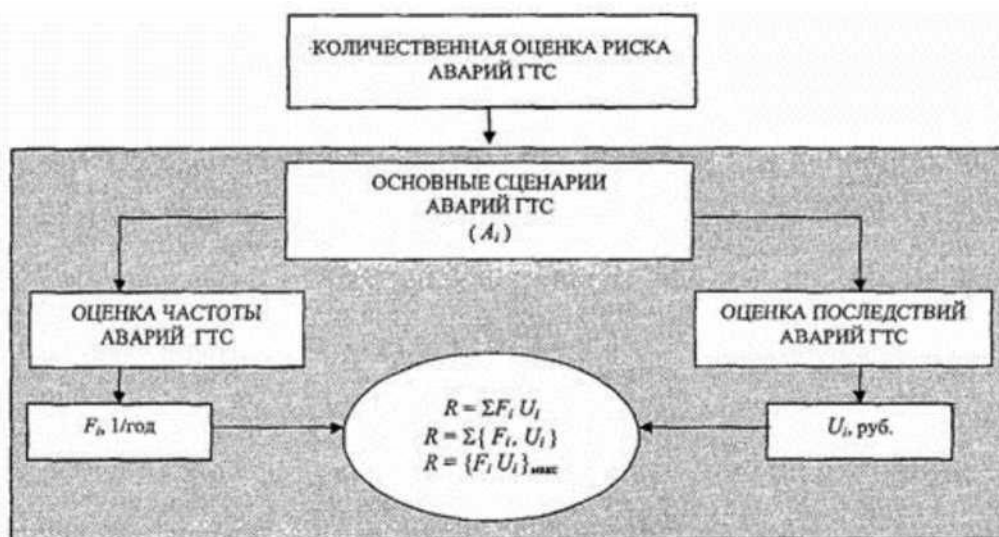


Рис. 4. Способы обобщения оценок составляющих риска аварий ГТС

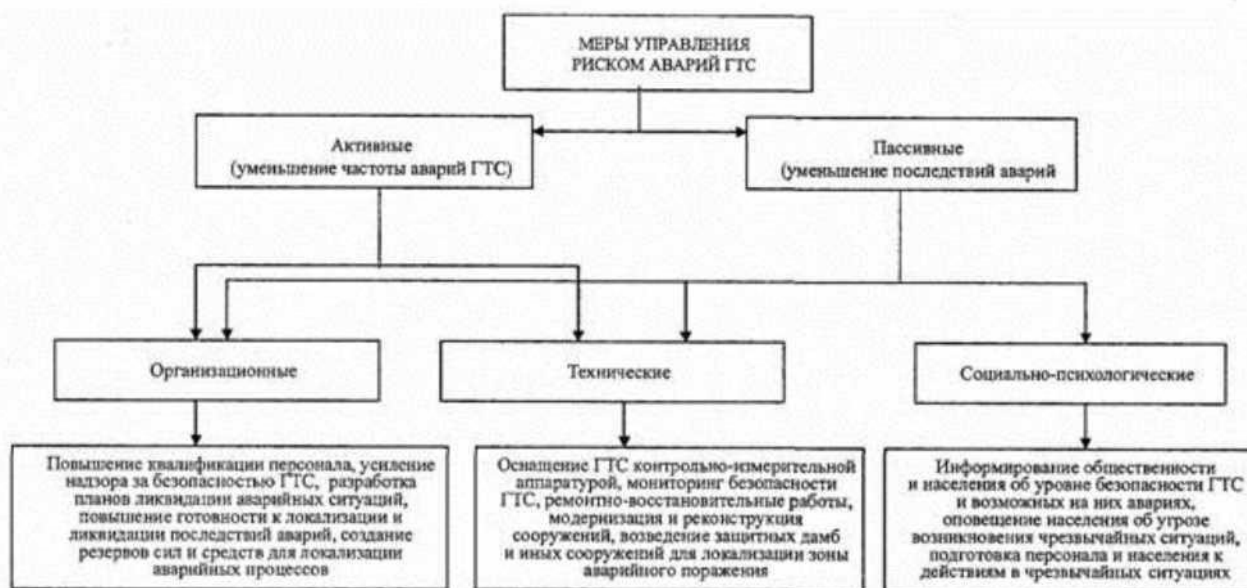
#### 4.4. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ РИСКА

Рекомендации по уменьшению риска аварий гидротехнического сооружения разрабатываются на заключительном этапе анализа риска в случае, если вычисленный или качественно определенный риск опасных событий и процессов, приводящих к аварии ГТС, признан недопустимым и значимым по своим последствиям для основных групп реципиентов риска.

Меры по уменьшению риска могут иметь организационный, технический или

социально-психологический характер (рис. 5) [12, 22, 57, 74, 77]. В выборе характера мероприятий решающее значение имеет общая оценка действенности мер по уменьшению риска.

Наиболее предпочтительны технические и организационные меры, поскольку социально-психологические меры не изменяют уровень риска и касаются только проблем его восприятия обществом. На стадии эксплуатации организационные меры управления риском могут компенсировать ограниченные возможности владельца ГТС для принятия эффективных, но дорогостоящих технических мер по уменьшению риска аварий гидротехнического сооружения.



**Рис. 5. Возможные меры управления риском аварий гидротехнических сооружений**

Во всех случаях, где это возможно, меры уменьшения ожидаемой частоты аварий ГТС (активные меры управления риском) должны иметь приоритет над мерами уменьшения возможных последствий аварий (пассивные меры управления риском) [12, 22, 57, 77]. Это означает, что при выборе технических и организационных мер для уменьшения риска аварий обязательно должны рассматриваться:

- ✓ активные меры управления риском, включающие меры уменьшения частоты (вероятности) возникновения опасных событий и процессов, ведущих к аварии ГТС;
- ✓ меры уменьшения частоты (вероятности) перерастания неполадки на ГТС в аварию;
- ✓ пассивные меры управления риском, имеющие, в свою очередь, свои приоритеты;
- ✓ меры, предусматриваемые уже на стадии проектирования гидротехнического сооружения;
- ✓ меры, относящиеся к системам противоаварийной защиты и контроля за состоянием ГТС;
- ✓ меры в части организации, оснащённости и готовности к действиям противоаварийных служб на объекте.

При обосновании и оценке эффективности предлагаемых мер по уменьшению риска рекомендуется придерживаться одной из двух альтернативных целей их оптимизации:

- ✓ при заданных средствах обеспечить максимальное снижение риска аварии гидротехнического сооружения;

- ✓ при минимальных затратах обеспечить снижение риска аварии гидротехнического сооружения до допустимого уровня.

Установление приоритетности мер по уменьшению риска аварий ГТС в условиях заданных объемов средств или ограниченных ресурсов выполняется следующим образом:

- ✓ определяется совокупность мер, которые могут быть реализованы при заданных объемах финансирования;
- ✓ выполняется ранжирование этих мер по показателю «эффективность - затраты»;
- ✓ выполняется обоснование и оценка эффективности предлагаемых мер.

## **5. МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

При выборе методов проведения анализа риска аварий гидротехнических сооружений необходимо учитывать цели анализа риска, тип, класс, назначение и этап жизненного цикла анализируемого ГТС, характер опасностей, объем и качество исходных данных, наличие временных и финансовых ресурсов для проведения анализа риска, опыт и квалификацию исполнителей.

Для анализа риска аварий гидротехнических сооружений рекомендуется использовать хорошо отработанные и апробированные в других отраслях техногенной деятельности методы анализа риска сложных технических систем [12, 21, 22, 36, 37, 57, 61, 74, 77], однако применение их в гидротехнике возможно лишь с учетом всего спектра отличий ГТС от механических, электрических и технологических систем.

Методы проведения анализа риска аварий гидротехнических сооружений должны удовлетворять следующим общим требованиям [21, 22, 61, 74]:

- ✓ методы должны быть научно обоснованы и соответствовать целям анализа риска и анализируемому сооружению;
- ✓ методы должны давать результаты в виде, позволяющем лучше понимать уровень риска и намечать наиболее эффективные пути его снижения;
- ✓ результаты применения методов должны быть воспроизводимыми.

На этапе идентификации опасностей рекомендуется использовать один или несколько из перечисленных ниже методов анализа риска [54, 58, 61, 62, 71, 73, 74]\*:

- ✓ Что будет, если...? («What - if?»);
- ✓ Проверочный лист («Check List»);
- ✓ Анализ опасности и работоспособности («Hazard and Operability Study» - HAZOP);
- ✓ Анализ вида и последствий отказов («Failure Mode and Effects Analysis» - FMEA);
- ✓ Анализ вида, последствий и критичности отказов («Failure Mode, Effects and Critical Analysis» - FMESA), другие эквивалентные методы.

Перечисленные методы дают структурированные логические схемы систематического использования экспертных оценок и данных о сооружении для наглядного и воспроизводимого анализа риска аварий ГТС.

Применение указанных методов особенно эффективно при идентификации гидротехнических сооружений, подлежащих обязательному декларированию безопасности.

В табл. 4 представлены рекомендации по выбору метода или комбинации методов анализа риска аварий ГТС при проведении идентификации опасностей с учетом этапа жизненного цикла сооружений. Методы могут применяться изолированно или в дополнение друг друга, причем качественные и количественные оценки могут сочетаться.

Краткая характеристика методов анализа риска, рекомендуемых на стадии предварительного анализа опасностей, приведена в [Приложении 1](#) к настоящим Методическим указаниям.

Таблица 4

**Рекомендации по выбору методов анализа риска гидротехнических сооружений на этапе идентификации опасностей**

Метод	Этап жизненного цикла ГТС				
	проектирование	ввод в эксплуатацию	эксплуатация	вывод из эксплуатации	реконструкция
Что будет, если...?	+	*	*	*	+
Проверочный лист	+	+	*	+	+
Анализ опасности и работоспособности	*	+	+	+	*
Анализ вида и последствий отказов	*	+	+	+	*
Анализ вида, последствий и критичности отказов	*	+	+	+	*

+ - рекомендуемый метод;

\* - наиболее подходящий метод

На этапе оценки риска аварий гидротехнических сооружений для определения качественных или количественных показателей частот прогнозируемых нежелательных явлений, процессов и событий целесообразно использовать один или комбинацию следующих методов [\[22, 23\]](#):

- ✓ анализ дерева отказов (Fault Tree Analysis - FTA) [\[10, 12, 22, 23, 61, 62\]](#);
- ✓ анализ дерева событий (Event Tree Analysis - ETA) [\[22, 23, 61, 62, 68\]](#);
- ✓ математическое моделирование состояния сооружений (статистические, детерминистические, смешанные модели) [\[1, 5, 12, 36, 37, 42-51, 58, 59\]](#).

Краткая характеристика рекомендуемых методов оценки риска аварий гидротехнических сооружений представлена в Приложении 1 к настоящим Методическим указаниям.

Примеры реализации предлагаемых подходов и перечисленных методов приведены в [Приложение 2](#) к настоящим Методическим указаниям.

## **6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Общие требования к проведению и оформлению результатов анализа риска аварий гидротехнических сооружений должны соответствовать основным положениям [Федерального Закона «О безопасности гидротехнических сооружений» \[13\]](#), Постановления Правительства РФ «Об утверждении Положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений» [\[30\]](#), правил и норм в области безопасности гидротехнических сооружений [\[11, 19-21, 27, 28, 32, 33, 51\]](#).

Результаты анализа риска аварий гидротехнических сооружений должны быть обоснованы и оформлены таким образом, чтобы выполненные оценки, расчеты и выводы могли быть воспроизведены специалистами, не участвовавшими в первоначальном анализе.

Состав и объем документации, фиксирующей результаты анализа риска аварий ГТС,

определяется целями и задачами анализа риска, включая идентификацию ГТС, подлежащих обязательному декларированию безопасности, разработку деклараций безопасности ГТС, экспертизу безопасности ГТС, расчет вреда от аварий ГТС, выбор приоритетов при проведении ремонтно-восстановительных работ, обоснование страховых тарифов и ставок, апостериорную оценку частот и последствий аварии ГТС и т. д.

В тех случаях, когда проведение анализа риска аварий ГТС имеет самостоятельные цели, результаты следует документировать отчетом, включающим [\[22, 23, 61, 77\]](#):

- ✓ титульный лист; список исполнителей; содержание (оглавление) отчета; цели анализа риска и сферу исследований; краткое описание ГТС, исходные данные и их источники; методологию анализа риска - описание используемых методов анализа риска, моделей развития аварийных процессов и обоснование их применения; ограничения и допущения, используемые при анализе;
- ✓ результаты идентификации опасностей; результаты оценки риска аварий ГТС; анализ неопределенностей результатов анализа риска; рекомендации по снижению риска аварий ГТС; выводы; список источников информации.

При проведении анализа риска аварий гидротехнических сооружений в рамках декларирования безопасности ГТС, находящихся в ведении, собственности или эксплуатации организаций топливно-энергетического комплекса Российской Федерации, результаты анализа риска ГТС как составная часть декларации безопасности должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих Правил

[\[32\]](#).

При проведении анализа риска аварий гидротехнических сооружений в рамках декларирования безопасности ГТС организаций, поднадзорных Министерству природных ресурсов России, Министерству транспорта России или Госгортехнадзору России, результаты анализа риска ГТС как составная часть декларации безопасности должны быть оформлены в соответствии с требованиями порядков разработки деклараций безопасности ГТС, утвержденных соответственно МПР России, Минтранс России или Госгортехнадзором России [\[11, 28, 33\]](#).

Результаты анализа риска, выполняемые с целью обоснования сценариев наиболее тяжелой по последствиям и наиболее вероятной аварии, возможных на ГТС, как составной части документа «Расчет вероятного вреда...» [\[19, 21, 27, 31\]](#), должны быть оформлены в соответствии с требованиями Порядка определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения [\[27\]](#).

## **ПРИМЕРЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ КОНКРЕТНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

### **2.1. Анализ и оценка риска аварий ГТС Чирюртской ГЭС**

Состав сооружений: земляная плотина, донный бетонный водосброс, сопрягающий лоток, деривационный канал, напорный бассейн, напорные трубопроводы, здание ГЭС, отводящий канал, ОРУ 110 кВт.

- Класс сооружений - II.
- Длина напорного фронта - 0,35 км.
- Полная емкость водохранилища - 0,1 км<sup>3</sup>,
- полезная емкость - 0,004 км<sup>3</sup>.

- Максимальный статический напор - 49,5 м.
- Установленная мощность ГЭС при расчетном напоре 40,7 м составляет 72 тыс. кВт.

Согласно результатам предварительного анализа опасностей (ПАО), выполненного экспертной группой в рамках комиссионного обследования состояния ГТС, обязательному декларированию безопасности подлежат: земляная плотина, донный водосброс, деривационный канал.

Земляная плотина - насыпная грунтовая зонированная, с глинистым ядром;

- длина - 430 м,
- максимальная высота- 37,5 м;
- ширина гребня - 9,5 м;
- заложение откосов: верхового от 1:2,5 до 1:3,5 низового от 1:2 до 1:2,25;
- в зоне переменного уровня верховой откос имеет крепление сборными железобетонными плитами.

Донный бетонный водосброс в теле земляной плотины совмещен с водоприемником;

- водосброс длиной 34 м имеет 4 пролета шириной по 7 м и рассчитан на пропуск 3000 м<sup>3</sup> /с воды (паводок 0,1 % обесп.);
- удельный расход на рисберме - 80 м /с.

Внешними причинами аварий и чрезвычайных ситуаций на декларируемых гидротехнических сооружениях Чирюртовской ГЭС, как показывают результаты ПАО, могут быть следующие природные и техногенные воздействия:

- сверхрасчетное землетрясение;
- сверхрасчетный ливень;
- сверхрасчетный паводок;
- потеря внешнего электропитания;
- террористический акт на ГЭС.

Техногенные воздействия - случайные и злонамеренные - рассматриваются ввиду сложившейся на Северном Кавказе обстановки.

К внутренним причинам аварий ГТС Чирюртовской ГЭС относятся:

- отказы механического оборудования водосброса;
- нарушение фильтрационной прочности грунтов тела и/или основания плотины или насыпной части деривационного канала;
- нарушение статической устойчивости низовой призмы грунтовой плотины; старение бетонной облицовки насыпной части деривационного канала; нарушение водонепроницаемости противофильтрационных элементов плотины.

Анализ природно-климатических условий территории размещения гидротехнических сооружений Чирюртовской ГЭС, показателей природных и техногенных воздействий на ГТС, компоновки сооружений, их конструкций и опыта эксплуатации, выполненный экспертной группой, позволяет считать, что на Чирюртовской ГЭС возможны следующие основные сценарии возникновения и развития аварий гидротехнических сооружений, способных привести к чрезвычайным ситуациям:

**A1:** перелив через гребень грунтовой плотины в паводок при снижении пропускной способности водосброса, возможном вследствие отказов механического оборудования водосбросных устройств, при потере внешнего электропитания или в результате террористического акта. Следствием перелива будет размыв участка плотины, образование прорана в теле плотины, волна прорыва и затопление нижнего бьефа.

**A2:** локальное разрушение участка грунтовой плотины вследствие возможной потери

статической устойчивости плотины или фильтрационной прочности грунтов тела и/или основания плотины, сверхрасчетного землетрясения или злонамеренного разрушения плотины (террористический акт) может привести к переливу в зоне локального понижения гребня на разрушенном участке плотины даже при НПУ. Следствием перелива будет дополнительный размыв разрушенного участка плотины, образование прорана, волна прорыва и затопление нижнего бьефа.

**A3:** разрушение участка деривационного канала, возможное вследствие нарушения целостности бетонной облицовки или разрушения насыпной части борта канала, может привести к изливу массы воды из канала на прилегающую территорию.

Иные сценарии аварий, возможных на ГЭС Чирюртовской ГЭС, как показывает предварительный анализ опасностей и качественное ранжирование сценариев по уровню риска, к чрезвычайным ситуациям привести не могут, и поэтому далее не рассматриваются. Блок-схема анализа основных вероятных сценариев возникновения и развития аварий на ГЭС Чирюртовской ГЭС приведена на рис. П.2.1.

Моделирование прорана в теле грунтовой плотины, оценка параметров зоны затопления и ущерба от аварий А1 и А2 позволяют классифицировать их как территориальные чрезвычайные ситуации [29]. Оценка габаритов зоны затопления и ущерба от аварии А3 позволяет классифицировать ее как локальную чрезвычайную ситуацию.

Причинами снижения пропускной способности водосброса могут быть:

- механические повреждения затворов;
- механические повреждения в пазах затворов;
- неисправности приводных устройств;
- потеря внешнего электропитания;
- злонамеренные действия - террористический акт.

Возможные причины разрушения грунтовой плотины вследствие потери статической устойчивости или фильтрационной прочности (перелив через гребень рассматривается как отдельный сценарий аварии):

- потеря статической устойчивости низовой призмы плотины;
- сверхрасчетное землетрясение;
- террористический акт;
- суффозия в основании плотины;
- суффозия в теле плотины;
- нарушение водонепроницаемости противофильтрационных устройств плотины.

Возможные причины разрушения участка деривационного канала представляются следующими:

- старение бетона облицовки участка канала в отсутствие контроля за ее целостностью;
- злонамеренное разрушение бетонной облицовки или насыпи;
- суффозия грунтов насыпной части канала;
- сверхрасчетное землетрясение.

Качественная оценка риска основных сценариев развития аварий на декларируемых ГЭС Чирюртовской ГЭС, выполненная экспертным путем, показывает, что существенным является риск отказа водосброса в паводок (сценарий А1) и риск разрушения участка грунтовой плотины (сценарий А2), поскольку последствия аварий по этим сценариям классифицируются как территориальные чрезвычайные ситуации [29]. Риск разрушения участка деривационного канала может считаться несущественным, так как его последствия классифицируются как локальная чрезвычайная ситуация.

Для количественной оценки риска основных сценариев развития аварий А1, А2, А3, возможных

на ГЭС Чирютовской ГЭС, использован метод анализа «дерева отказов» (Fault Tree Analysis - FTA), рекомендованный СПИ ВНИИГ 230.2.001-00 [22]. На рис. П.2.2 - П.2.4 представлены «деревья отказов» для головных событий каждого из идентифицированных сценариев аварий на ГЭС Чирютовской ГЭС.



Рис. П.2.2. «Дерево отказов» для сценария аварии А1



Рис. П.2.3. «Дерево отказов» для сценария аварии А2

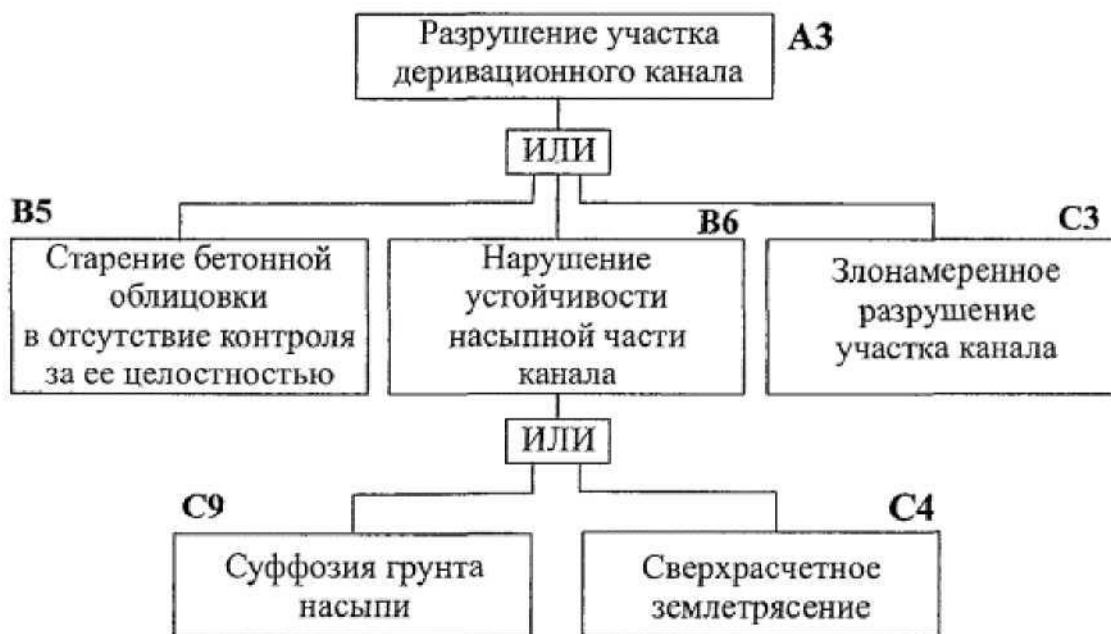


Рис. П.2.4. «Дерево отказов» для сценария аварии А3

Решение «деревьев отказов» выполнено по следующим формулам (обозначения элементов «деревьев отказов» приведены на рис. П.2.2 - П.2.4):

Сценарий А1 - перелив через гребень плотины в паводок при снижении пропускной

способности водосброса\*

$$P_{A1} = P_{B1} \cdot P_{B2}; \quad (\text{П.2.1})$$

$$P_{B1} = 1 - (1 - P_{C1})(1 - P_{C2})(1 - P_{C3}). \quad (\text{П.2.2})$$

**Сценарий А2 - локальное разрушение участка грунтовой плотины**

$$P_{A2} = 1 - (1 - P_{B3})(1 - P_{B4}). \quad (\text{П.2.3})$$

$$P_{B3} = 1 - (1 - P_{C3})(1 - P_{C4})(1 - P_{C5}). \quad (\text{П.2.4})$$

$$P_{B4} = 1 - (1 - P_{C6})(1 - P_{C7})(1 - P_{C8}). \quad (\text{П.2.5})$$

**Сценарий А3 - разрушение участка деривационного канала**

$$P_{A3} = 1 - (1 - P_{B5})(1 - P_{B6})(1 - P_{C9}). \quad (\text{П.2.6})$$

$$P_{B5} = 1 - (1 - P_{C9})(1 - P_{C4}). \quad (\text{П.2.7})$$

Численные значения ожидаемых среднегодовых частот реализации событий - элементов «деревьев отказов» - определялись следующим образом:

C1, C2, C3, C8, C9, C10 - по опубликованным источникам информации;

C4, B2 - по данным проекта;

C5, C6, C7 - по методике R. Fell, рекомендуемой СТП ВНИИГ [22];

A1, A2, A3, B1, B3, B4, B5, B6 - по формулам (П.2.1)-(П.2.7).

**Таблица П.2.1**

Численные значения среднегодовых вероятностей отказов и инцидентов, возможных на гидротехнических сооружениях Чирюртовской ГЭС

Обозначение элемента «деревя отказов»	Наименование элемента «деревя отказов»	Среднегодовая частота отказа Р, 1/год
A1	Перелив через гребень грунтовой плотины	10-6
A2	Разрушение участка грунтовой плотины	10-3
A3	Разрушение участка деривационного канала	10-3
B1	Снижение пропускной способности водосброса	10-3
B2	Сверхрасчетный паводок	10-3
B3	Потеря статической устойчивости грунтовой плотины	10-3
B4	Потеря фильтрационной прочности грунтовой плотины	10-5
B5	Старение бетонной облицовки в отсутствие контроля за ее целостностью	10-4
B6	Нарушение устойчивости насыпной части деривационного канала	10-3
C1	Потеря внешнего электропитания	10-2
C2	Отказ механического оборудования	10-4

	водосброса	
C3	Террористический акт	10-3
C4	Сверхрасчетное землетрясение	< 10-3
C5	Потеря статической устойчивости низовой призмы плотины	10-6
C6	Суффозия в основании плотины	10-7
C7	Суффозия в теле плотины	10-6
C8	Отказ противофильтрационных устройств плотины	10-5
C9	Суффозия грунтов насыпной части деривационного канала	10-5

## 2. Задание к лабораторному занятию

1. Провести анализ риска аварий на гидротехнических сооружениях.

### Лабораторная работа № 6

#### Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу от различных производств

##### 6.1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от газораспределительного пункта

В условиях нормальной эксплуатации газопровода, выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух происходить не будет, так как газопровод представляют собой герметичную систему, которая закладывается в футляр, а так же защищается двумя слоями грунтовки и двумя слоями краски. Однако при регламентной работе ГРПБ и отключающих устройств через неподвижные уплотнения в атмосферный воздух возможно выделение углеводородов предельных C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, смеси природных меркаптанов (в пересчете на этилмеркаптан).

Величина неорганизованных выбросов в г/с через неподвижные уплотнения всех аппаратов, агрегатов, трубопроводов, находящихся вне производственных зданий, рассчитывается по формуле:

$$M_i^c = q_{Hy} \cdot n \cdot x \cdot 10^{-3},$$

где:

$q_{Hy}$  - величина утечки потока через одно фланцевое уплотнение, мг/с, согласно приложения 1;

$n$  - число неподвижных уплотнений, шт.;

$x$  - доля уплотнений, потерявших герметичность, в долях единицы.

В соответствии с п. 4.21. [Правила безопасности при эксплуатации магистральных газопроводов. 1984 г.] концентрация этилмеркаптана в природном газе после одорирования должна составлять не более 0.016 г/м<sup>3</sup>. Содержание углеводородов предельных C<sub>1</sub>–C<sub>5</sub> – 99.27 %.

В составе ГРПБ:

- шаровой кран (20 шт.);
- фильтр газовый фланцевый (2 шт.);
- регулятор давления газа (фланцевый, 2 шт.);
- предохранительный клапан – 1 шт.

$$M_c = (5.83 \cdot 20 \cdot 0.293 + 0.2 \cdot 2 \cdot 0.03 + 37.78 \cdot 2 \cdot 0.46) \cdot 10^{-3} = 0.068933 \text{ г/с};$$

$$V = 0.068933 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-6} = 2.173871 \text{ т/год.}$$

Объемная скорость истечения газа составит:

$$W = 0.068933/680 = 0.0001014 \text{ м}^3/\text{с};$$

Максимально-разовые выбросы составят:

$$M^{C1-C5} = 0.068933 \cdot 0.9927 = 0.071792 \text{ г/с};$$

$$M^{C2H5SH} = 0.0001014 \cdot 0.0003 = 3.04 \cdot 10^{-8} \text{ г/с.}$$

Валовые выбросы составят:

$$V^{C1-C5} = 2.173871 \cdot 0.9927 = 2.158002 \text{ т/год};$$

$$V^{C2H5SH} = 3.04 \cdot 10^{-8} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-6} = 9.6 \cdot 10^{-7} \text{ т/год.}$$

Вещество	Код	M, г/с	G, т/год
Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>5</sub>	0415	0.071792	2.158002
Смесь меркаптанов	1716	3.04·10 <sup>-8</sup>	9.6·10 <sup>-7</sup>

## 6.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ от металлообрабатывающего оборудования

- металлообработка с использованием СОЖ (масло и эмульсол) и без;
- отсутствие очистного оборудование (применение понижающего коэффициента)

Максимально-разовые выбросы от металлообрабатывающего оборудования, время непрерывной работы которых менее 20 минут, рассчитаны по следующей формуле 1.2 [2]:

$$M = Q/1200, \text{ г/с,}$$

где:

- Q - суммарная масса загрязняющего вещества, выброшенная в атмосферу из рассматриваемого источника в течение времени его действия, г;

$$Q = K \times T, \text{ г/с,}$$

где:

- К - удельные выделения пыли технологическим оборудованием, г/с.  
Т - продолжительность выделения пыли, с.

Валовые выбросы от металлообрабатывающего оборудования без применения СОЖ, рассчитаны по следующей формуле:

$$M_{\text{выд}} = 3.6 \cdot K \cdot T \cdot 10^{-3}, \text{ т/год},$$

где:

- К - удельные выделения пыли технологическим оборудованием, г/с;  
Т - фактический годовой фонд времени работы оборудования, час;  
3.6 и  $10^{-3}$  - переводные коэффициенты.

Валовые выбросы от металлообрабатывающего оборудования с применением СОЖ, рассчитаны по следующей формуле:

$$M_{\text{выд}} = 3.6 \cdot K_x \cdot N \cdot T \cdot 10^{-3}, \text{ т/год},$$

где:

- $K_x$  - удельные выделения эмульсола согласно таблице 5.2.1. [1], г/с;  
Т - фактический годовой фонд времени работы оборудования, час;  
N - Мощность установленного оборудования, кВт.

При обработке металлов на шлифовальных станках выделяется пыль в количестве 10 % от количества пыли при сухой обработке (см. табл. 5.1.1 - 5.1.4. [1]).

Согласно п. 1.6 [2] в случае отсутствия местного отсоса от источника выделения (выброс через систему общеобменной вентиляции) при расчете выбросов твердых компонентов в атмосферу следует вводить поправочный коэффициент к значениям расчетных показателей выделений вредных веществ.

В настоящее время временно рекомендуется принимать для пыли древесной, металлической и абразивной значение поправочного коэффициента к величине выделения – 0.2.

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во, шт.	Выделяемое вещество	Удельное выделение загрязняющих веществ, г/с	Максимально-разовый выброс, г/с	Фонд рабочего времени, мин/ч/год	Валовый выброс, т/год
1	2	3	4	5	6	7	8
токарно-винторезный	6,24	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000003	990	0.000010
токарно-винторезный	22	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000010	990	0.000035
токарно-винторезный	11	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000005	990	0.000018
токарно-винторезный	13	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000006	990	0.000021
токарно-винторезный	10	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.0000045	990	0.000016
токарно-винторезный	7,5	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000003	990	0.000012
токарно-винторезный	2,4	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000001	990	0.000004
радиально-сверлильный	5,5	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000002	990	0.000009
кругло-шлифовальный	3	1	Пыль металлическая	0.0026	0.000390	15*/990	0.001853
			Эмульсол	$1.035 \cdot 10^{-5}$	0.000031		0.000111
			Пыль абразивная	0.0017	0.000255		0.001212

внутришлифовальный	7,5	1	Пыль металлическа я	0.0014	0.00021	15*/990	0.000998
			Эмульсол	$1.035 \cdot 10^{-5}$	0.000078		0.000277
			Пыль абразивная	0.001	0.00015		0.000713
плоскошлифовальный	51	1	Пыль металлическа я	0.0036	0.00054	15*/990	0.002566
			Эмульсол	$1.035 \cdot 10^{-5}$	0.000528		0.001881
			Пыль абразивная	0.0023	0.000345		0.001639
мех. ножовка	1,5	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.0000007	990	0.000002
зубодолбежный	1,7	1	Масло	$0.56 \cdot 10^{-6}$	0.000001	990	0.000003
зубострогальный	4	1	Масло	$0.56 \cdot 10^{-6}$	0.000002	990	0.000008
зубофрезерный	10	1	Масло	$0.56 \cdot 10^{-6}$	0.000006	990	0.000020
зубострогальный	3,5	1	Масло	$0.56 \cdot 10^{-6}$	0.000002	990	0.000007
вертикально-фрезерный	6,825	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000003	990	0.000011
вертикально-фрезерный	6	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000003	990	0.000010
универсально-фрезерны й	10	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.0000045	990	0.000016
универсально-фрезерны й	7	1	Эмульсол	$0.45 \cdot 10^{-6}$	0.000003	990	0.000011
протяжной	12,5	1	Масло	$0.56 \cdot 10^{-6}$	0.000007	990	0.000025

Примечание: \* - максимальное, непрерывное время работы оборудования в течении 20 минут.

**Пример расчета для токарно-винторезного станка:**

$$G_{\text{эмульсол}} = 0.45 \cdot 10^{-6} \cdot 6.24 = 0.000003 \text{ г/с};$$

$$M_{\text{эмульсол}} = 3.6 \cdot 0.45 \cdot 10^{-6} \cdot 6.24 \cdot 990 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 0.000010 \text{ т/год.}$$

**Пример расчета для круглошлифовального станка:**

$$G_{\text{FeO}_2} = \frac{0.0026 \cdot 15 \cdot 60}{1200} \cdot 0.2 = 0.00039 \text{ г/с};$$

$$M_{\text{FeO}_2} = 3.6 \cdot 0.0026 \cdot 990 \cdot 10^{-3} \cdot 0.2 \cdot 1 = 0.001853 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{эмульсол}} = 1.035 \cdot 10^{-5} \cdot 3 = 0.000031 \text{ г/с};$$

$$M_{\text{эмульсол}} = 3.6 \cdot 1.035 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 990 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 0.000111 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{пыльабразивная}} = \frac{0.0017 \cdot 15 \cdot 60}{1200} \cdot 0.2 = 0.000255 \text{ г/с};$$

$$M_{\text{пыльабразивная}} = 3.6 \cdot 0.0017 \cdot 990 \cdot 10^{-3} \cdot 0.2 \cdot 1 = 0.001212 \text{ т/год.}$$

**Пример расчета для зубодолбежного станка:**

$$G_{\text{масло}} = 0.56 \cdot 10^{-6} \cdot 1.7 = 0.000001 \text{ г/с};$$

$$M_{\text{масло}} = 3.6 \cdot 0.56 \cdot 10^{-6} \cdot 1.7 \cdot 990 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 0.000003 \text{ т/год.}$$

Очистное оборудование на участке не установлено.

Выброс загрязняющих веществ при функционировании оборудования осуществляется через оконные проёмы.

### Задание к лабораторному занятию

1. Провести расчет по оставшемуся оборудованию из таблицы

### 6.3. Расчет выбросов загрязняющих веществ при проведении покрасочных работ

- используемые материалы: лак, эмаль, грунтовка;
- краска и сушка в одном помещении (выбросы суммируются);
- очистное оборудование не используется.

#### Окрасочный участок

Расчет максимально разовых выбросов выполнен в соответствии с «Методикой расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (по величинам удельных выделений)», С-Пб, 1999 г /1/.

На окрасочных участках проводится как подготовительная работа - приготовление краски и поверхностей к окраске, так и само нанесение краски и сушка. Окраска и сушка производится в помещении окрасочного участка. В процессе выполнения этих работ выделяются загрязняющие вещества в виде паров растворителей и аэрозоля краски. Количество выделяемых загрязняющих веществ зависит от применяемых окрасочных материалов, методов окраски и эффективности работы очистных устройств.

Так как нанесение шпатлевки, как правило, осуществляется вручную и загрязняющих веществ в атмосферный воздух поступает в очень малом количестве, расчет их не производится.

Расчет выделения загрязняющих веществ на окрасочном участке следует вести отдельно для каждой марки краски и растворителей.

Количество аэрозоля краски, выделяющегося при нанесении ЛКМ на поверхность изделия (детали), определяется по формуле 1.54 /1/:

$$\Pi_{\text{н.ок}}^{\text{а}} = m_{\text{к}} \cdot \delta_{\text{а}} \cdot (100 - f_{\text{р}}) \cdot 10^{-4}, \text{кг.}$$

где:

- $m_{\text{к}}$  - масса краски, используемой для покрытия, кг;
- $\delta_{\text{а}}$  - доля краски, потерянной в виде аэрозоля (% , мас.) (табл. 2) /1/;
- $f_{\text{р}}$  - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, (% , мас.), табл. 1 /1/.

Количество летучей части ЛКМ, выделяющейся при окраске, рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{\text{ок}}^{\text{пар}} = \frac{m_{\text{к}} \cdot f_{\text{р}} \cdot \delta'_{\text{р}}}{10^4}, \text{кг.}$$

где:

- $m_{\text{к}}$  - масса краски, используемой для покрытия, кг;
- $f_{\text{р}}$  - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, (% , мас.), табл. 1 /1/;

$\delta'_p$  - доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при нанесении покрытия, (% , мас.), табл. 2 /1/.

Количество летучей части ЛКМ, выделяющейся при сушке, рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{\text{пар}}^{\text{с}} = \frac{m_k \cdot f_p \cdot \delta''_p}{10^4}, \text{ кг};$$

где:

$m_k$  - масса краски, используемой для покрытия, кг;

$f_p$  - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, (% , мас.), табл. 1 /1/;

$\delta''_p$  - доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при сушке покрытия, (% , мас.), табл. 2 /1/.

Максимально разовое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, определяется в г за секунду в наиболее напряженное время работы, когда расходуется наибольшее количество окрасочных материалов. Такой расчёт производится для каждого компонента отдельно по формуле 1.55 /1/:

$$G_{\text{ок(суш)}} = \frac{P \cdot 10^3}{n \cdot t \cdot 3600}, \text{ г / с};$$

где:

$P$  - валовый выброс аэрозоля краски и отдельных компонентов растворителей за месяц, выделившихся при окраске и сушке, кг/мес.;

$n$  - число дней работы участка в этом месяце;

$t$  - число рабочих часов в день в наиболее напряженный месяц, час.

При этом принимается  $m$  -масса краски и  $m$  - масса растворителя, израсходованного за самый напряженный месяц.

Валовый выброс аэрозоля краски (в зависимости от марки) при окраске производится по формуле (1.54) /1/.

$$\Pi_{\text{н.ок}}^a = m'_k \cdot \delta_a (100 - f_p) \cdot 10^{-4}, \text{ кг};$$

где:

$m'_k$  - фактический годовой расход ЛКМ, кг;

$\delta_a$  - доля краски, потерянной в виде аэрозоля (% , мас.) (табл. 2) /1/;

$f_p$  - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, (% , мас.), табл. 1 /1/.

Валовый выброс индивидуальных летучих компонентов рассчитывается по формуле (5.7) /1/:

$$M^x_{\text{общ}} = M^x_{\text{окр}} + M^x_{\text{с}}, \text{ т / год};$$

где:

$M^x_{\text{окр}}$  - валовый выброс компонента при окраске, т/год;

$M^x_{\text{с}}$  - валовый выброс компонента при сушке, т/год.

Валовый выброс компонента при окраске рассчитывается по формуле (5.5) /1/:

$$M^x_{\text{окр}} = m'_k \cdot f_p \cdot \delta'_p \cdot \delta_x \cdot (1 - j) \cdot 10^{-9}, \text{ т / год};$$

где:

$m'_k$  - фактический годовой расход ЛКМ, кг;

- $f_p$  - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, (% , мас.), табл. 1 /1/;  
 $\delta'_p$  - доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при нанесении покрытия, (% , мас.), табл. 2 /1/;  
 $\delta_x$  - содержание компонента «х» в летучей части ЛКМ, (% , мас.), (табл. 1 /1/);  
 $j$  - степень очистки воздуха газоочистным оборудованием (в долях единицы).

Валовый выброс компонента при сушке рассчитывается по формуле (5.5) /1/:

$$M_{\text{окр}}^x = m'_k \cdot f_p \cdot \delta''_p \cdot \delta_x \cdot (1 - j) \cdot 10^{-9}, \text{ т / год};$$

где:

- $m'_k$  - фактический годовой расход ЛКМ, кг;  
 $f_p$  - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, (% , мас.), табл. 1 [1];  
 $\delta''_p$  - доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при сушке покрытия, (% , мас.), табл. 2 [1];  
 $\delta_x$  - содержание компонента «х» в летучей части ЛКМ, (% , мас.), (табл. 1 [1]);  
 $j$  - степень очистки воздуха газоочистным оборудованием (в долях единицы).

Так как в рассматриваемом случае окраска и сушка производится в одном помещении, то мощность выбросов загрязняющих веществ при проведении грунтовки, окраски и сушки суммируются.

Исходные данные для проведения расчета выбросов:

- Способ нанесения краски – пневматический;
- Масса грунтовки, израсходованной за самый напряженный месяц – 4,0 кг (25.2 кг/год);
- Масса краски, израсходованной за самый напряженный месяц – 4.5 кг (385.05 кг/год);
- Масса лака, израсходованного за самый напряженный месяц – 8,7 кг (358 кг/год).
- Применяемая марка грунтовки – ХС010;
- Применяемая марка лакокрасочного материала – эмаль ПФ -115;
- Применяемая марка лака – НЦ211.

Исходные данные приведены в таблице:

Таблица 7

Лак НЦ-211		Эмаль ПФ-115		Грунтовка ХС-010	
Наименование компонента	%	Наименование компонента	%	Наименование компонента	%
ацетон	7	Ксилол	50	ацетон	26
Н-бутиловый спирт	10	Уайт-спирит	50	бутилацетат	12
бутилацетат	10			толуол	62
Толуол	50				
этиловый спирт	15				
2-этоксизтанол	8				

#### Ход расчета:

Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ:

#### Аэрозоль краски (на операции грунтовки):

$$M_k = 25.2 \cdot 30 \cdot (100 - 67) \cdot 10^{-4} = 2.4948 \text{ кг} = 0.002495 \text{ т/год};$$

С учетом очистки на фильтре:

$$M_k = 0.002495 \cdot (1 - 0.94) = 0.000150 \text{ т/год.}$$

Аэрозоль краски (на операции покраски):

$$M_k = 385.05 \cdot 30 \cdot (100 - 45) \cdot 10^{-4} = 63.53325 \text{ кг} = 0.063533 \text{ т/год.}$$

С учетом очистки на фильтре:

$$M_k = 0.063533 \cdot (1 - 0.94) = 0.003812 \text{ т/год.}$$

Расчет валового выброса отдельных компонентов на операции грунтовки:

$$M_{\text{ацетон}} = 25.2 \cdot 67 \cdot 25 \cdot 26 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 25.2 \cdot 67 \cdot 75 \cdot 26 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.004390 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{бутилацетат}} = 25.2 \cdot 67 \cdot 25 \cdot 12 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 25.2 \cdot 67 \cdot 75 \cdot 12 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.002026 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{толуол}} = 25.2 \cdot 67 \cdot 25 \cdot 62 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 25.2 \cdot 67 \cdot 75 \cdot 62 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.010468 \text{ т/год.}$$

Расчет валового выброса отдельных компонентов на операции покраски:

$$M_{\text{ксилол}} = 385.05 \cdot 45 \cdot 25 \cdot 50 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 385.05 \cdot 45 \cdot 75 \cdot 50 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.086636 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{уайт-спирит}} = 385.05 \cdot 45 \cdot 25 \cdot 50 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 385.05 \cdot 45 \cdot 75 \cdot 50 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.086636 \text{ т/год.}$$

**Выбросы от лака:**

$$M_{\text{ацетон}} = 358 \cdot 76 \cdot 25 \cdot 7 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 358 \cdot 24 \cdot 75 \cdot 7 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.009272 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{Н-бутиловый спирт}} = 358 \cdot 76 \cdot 25 \cdot 10 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 358 \cdot 24 \cdot 75 \cdot 10 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.013246 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{бутилацетат}} = 358 \cdot 76 \cdot 25 \cdot 10 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 358 \cdot 24 \cdot 75 \cdot 10 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.013246 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{толуол}} = 358 \cdot 76 \cdot 25 \cdot 50 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 358 \cdot 24 \cdot 75 \cdot 50 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.066230 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{этанол}} = 358 \cdot 76 \cdot 25 \cdot 15 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 358 \cdot 24 \cdot 75 \cdot 15 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.019869 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{2-этоксиэтанол}} = 358 \cdot 76 \cdot 25 \cdot 8 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} + 358 \cdot 24 \cdot 75 \cdot 8 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-9} = 0.010597 \text{ т/год.}$$

*Расчет максимально-разовых выбросов загрязняющих веществ:*

Расчет валового выброса аэрозоля краски и отдельных компонентов, выделившихся в самый напряженный месяц:

Аэрозоль краски (на операции грунтовки):

$$M_k = 4 \cdot 30 \cdot (100 - 67) \cdot 10^{-4} = 0.396 \text{ кг/мес.};$$

С учетом очистки на фильтре:

$$M_k = 0.396 \cdot (1 - 0.94) = 0.02376 \text{ кг/мес.}$$

Аэрозоль краски (на операции покраски):

$$M_k = 4.5 \cdot 30 \cdot (100 - 45) \cdot 10^{-4} = 0.743 \text{ кг/мес.};$$

С учетом очистки на фильтре:

$$M_k = 0.743 \cdot (1 - 0.94) = 0.044580 \text{ кг/мес.}$$

$$M_{\text{грунтовка}}^{\text{летучаячасть}} = \frac{4.0 \cdot 67 \cdot 25}{10^4} + \frac{4.0 \cdot 67 \cdot 75}{10^4} = 2.68 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{ацетон}} = 2.68 \cdot 0.26 = 0.696800 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{бутилацетат}} = 2.68 \cdot 0.12 = 0.321600 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{толуол}} = 2.68 \cdot 0.62 = 1.661600 \text{ кг/мес.}$$

$$M_{\text{краска}}^{\text{летучаячасть}} = \frac{4.5 \cdot 45 \cdot 25}{10^4} + \frac{4.5 \cdot 45 \cdot 75}{10^4} = 2.025 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{ксилол}} = 2.025 \cdot 0.5 = 1.012500 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{уайт-спирит}} = 2.025 \cdot 0.5 = 1.012500 \text{ кг/мес.}$$

$$M_{\text{лак}}^{\text{летучаячасть}} = \frac{8.7 \cdot 76 \cdot 25}{10^4} + \frac{8.7 \cdot 76 \cdot 75}{10^4} = 6.612 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{ацетон}} = 6.612 \cdot 0.07 = 0.462840 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{Н-бутиловыйирт}} = 6.612 \cdot 0.10 = 0.661200 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{бутилацетат}} = 6.612 \cdot 0.10 = 0.661200 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{толуол}} = 6.612 \cdot 0.50 = 3.306 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{этиловыйспрт}} = 6.612 \cdot 0.15 = 0.991800 \text{ кг/мес.};$$

$$M_{\text{2-этоксиэтанол}} = 6.612 \cdot 0.08 = 0.528960 \text{ кг/мес.}$$

Расчет максимально разового выброса аэрозоля краски и отдельных компонентов, выделившихся в самое напряженное время:

#### **Выбросы от грунтовки:**

##### **Аэрозоль краски:**

$$G = \frac{0.02376 \cdot 10^3}{8 \cdot 5 \cdot 3600} = 0.000165 \text{ г/с};$$

#### **Выбросы от покраски:**

##### **Аэрозоль краски:**

$$G = \frac{0.044580 \cdot 10^3}{8 \cdot 5 \cdot 3600} = 0.000310 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{ацетон}} = \frac{0.696800 \cdot 10^3}{8 \cdot 5 \cdot 3600} = 0.004839 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{бутилацетат}} = \frac{0.321600 \cdot 10^3}{8 \cdot 5 \cdot 3600} = 0.002233 \text{ г/с};$$



расчётов															
1.	Масса грунтовок, израсходованной за самый напряженный месяц	4,0 кг (25. 7 кг/г од)	4,0 кг (25. 9 кг/г од)	4,3 кг (26. 2 кг/г од)	4,6 кг (28. 2 кг/г од)	4,7 кг (27. 2 кг/г од)	4,9 кг (21. 2 кг/г од)	5,0 кг (23. 2 кг/г од)	5,5 кг (20. 2 кг/г од)	6,1 кг (15. 2 кг/г од)	6,8 кг (35. 2 кг/г од)	7,0 кг (45. 2 кг/г од)	7,8 кг (28. 9 кг/г од)	8,2 кг (31. 2 кг/г од)	9,0 кг (32. 2 кг/г од)
2.	Масса краски, израсходованной за самый напряженный месяц	5.5 кг (385. .05 кг/г од)	6.5 кг (385. .05 кг/г од)	7.5 кг (385. .05 кг/г од)	8.5 кг (385. .05 кг/г од)	9.5 кг (385. .05 кг/г од)	14.5 кг (385. .05 кг/г од)	24.5 кг (385. .05 кг/г од)	11.5 кг (385. .05 кг/г од)	14.5 кг (385. .05 кг/г од)	13.5 кг (385. .05 кг/г од)	34.5 кг (385. .05 кг/г од)	26.5 кг (385. .05 кг/г од)	17.5 кг (385. .05 кг/г од)	19.5 кг (385. .05 кг/г од)
3.	Масса лака, израсходованного за самый напряженный месяц	3,7 кг (358 кг/г од)	4,7 кг (358 кг/г од)	5,7 кг (358 кг/г од)	6,7 кг (358 кг/г од)	9,7 кг (358 кг/г од)	7,7 кг (358 кг/г од)	11,7 кг (358 кг/г од)	12,7 кг (358 кг/г од)	12,1 кг (358 кг/г од)	4,9 кг (358 кг/г од)	12,2 кг (358 кг/г од)	10,7 кг (358 кг/г од)	7,9 кг (358 кг/г од)	18,7 кг (358 кг/г од)

### Задание

По примерам, приведенным в методике и заданию преподавателя, провести расчет выбросов вредных веществ в атмосферу от различных вредных и опасных производств

## ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Малаян К.Р. Ефремов С.В. Безопасность жизнедеятельности. Учебно-методические материалы для студентов заочного обучения. – СПб.: СПбГПУ. – 2015. – 146 с.
2. Орлов Г.Г. Охрана труда в строительстве. Учебник – М.: Высшая школа, – 1984. – 343 с.
3. Охрана труда: организация и управление: Учебное пособие/ под редакцией О.Н. Русака. – СПб.: Профессия, 2012. – 240 с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов/С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. Под общ. ред. С.В.Белова.- М.: Высшая школа, 1999.-448 с.
5. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие/ А.С. Гринин, В.Н. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2019. – 288 с.
6. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие/ Под ред. О.Н. Русака. – СПб.: «Лань», 2018.– 448 с.
7. Хван Т.А., Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности: Экзаменационные ответы. Ростов н/Д: «Феникс», 2002. – 320 с.
8. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. М.: Медицина, 1988.-576с.
9. Охрана окружающей среды. Учебник под ред. С.В.Белова. М.: Высшая школа, 1991.-307с.
10. Русак О.Н. Безопасность и охрана труда. Учебное пособие. С-П. ЛТА, МАНЭБ, 1998, 320с.
11. Ефремов С. В., Фролов А. К., Черных Ю. В. Экологическая экспертиза, оценка воздействия на окружающую среду и сертификация. Учебное пособие. – СПб.: СПбГПУ. – 2017. – 129 с.
12. Ефремов С.В., Косиченко Н.В. Декларирование опасных производств. Уч. пос. – СПб.: СПбГПУ, 2014. – 234 с.
13. Ефремов С.В. Опасные технологии и производства. Уч. пос. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 220 с.
14. Ефремов С.В. Радиационная, химическая и биологическая защита населения и спасателей. Уч. пос. . – СПб.: СПбГПУ, 2004. – 315 с.
15. Ефремов С.В. Защита населения и территорий в мирное и военное время. Краткий курс. – СПб.: СПбГПУ. – 2018. – 91 с.

### Интернет-ресурсы

1. [www.tehlit.ru](http://www.tehlit.ru) - сайт нормативной документации;
2. [www.tehdoc.ru](http://www.tehdoc.ru) -сайт нормативной технической документации.
3. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - российский информационный портал в области науки, медицины, технологии и образования;
4. [www.elanbook.com](http://www.elanbook.com) - электронно-библиотечная система.