

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тверской государственный университет»

А.А. Цыганов

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

Часть 2.
Решения и ответы

Учебное пособие
Издание второе, дополненное и переработанное

ТВЕРЬ 2013

УДК 577.4
ББК 31.4
Ц 94

Рецензенты:

Доктор географических наук, профессор
В.В. Панов
Кандидат сельскохозяйственных наук
И.С. Шмидт

Цыганов А.А.

Ц 94 Техногенные системы и экологический риск. Часть 2. Решения и ответы: Учеб.пособие. 2-е изд., доп. и перераб.– Тверь: Твер. гос. ун-т, 2013. – 54 с.

Книга состоит из трех модулей, в каждом из которых есть задания для практических работ. Применен рейтинговый контроль. Предназначено для студентов специальностей «География», «Геоэкология» и «Экология». Может быть полезно для специалистов-экологов, работающих в системе экологических органов, а также государственной экспертизы и государственной экологической экспертизы.

Электронное издание, имеющее бумажный вариант.

УДК 577.4
ББК 31.4

©Цыганов А.А., 2013
© Тверской государственной университет, 2013

Оглавление

Модуль 1. Экологические риски	4
Практическая работа 1. Расчет риска методом «доза-эффект»	4
Практическая работа 2. Расчет индивидуального пожизненного и популяционного рисков для канцерогенных веществ.....	4
Практическая работа 3. Социально-экономический ущерб.....	5
Модуль 2. Простые методы определения опасности.....	5
Практическая работа 5. Предварительные ситуации. Метод EPSC	5
Практическая работа 6. Исследования HAZOP	11
Вариант 1. Железнодорожная цистерны и разгрузочные трубопроводы	
Таблица 6.1. Решение.	11
Вариант 2. Система сжатого воздуха. Таблица 6.2. Решение.	18
Вариант 3. Поступление пара в испаритель. Таблица 6.3. Решение. ...	24
Вариант 4. Испарители и газопроводы. Таблица 6.4. Решение.	31
Вариант 5. Поступление газообразного хлора на линию отбеливания «А». Таблица 6.5. Решение.	36
Практическая работа 7. Метод определения опасностей HAZID	40
Таблица 7.1. Решение. Карта контроля безопасности компрессора	40
Модуль 3. Сложные методы определения опасностей.....	46
Практическая работа 8. Исследование FTA	46
Вариант 1. FTA. Железнодорожные цистерны и разгрузочные трубопроводы.....	46
Вариант 2. FTA. Система сжатого воздуха.....	49
Вариант 3. FTA. Поступление пара в испаритель.....	51
Вариант 4. FTA. Испарители и газопроводы	53
Вариант 5. FTA. Поступление газообразного хлора на линию отбеливания «А».....	55
Указатель сокращений	57

Модуль 1. Экологические риски

Практическая работа 1. Расчет риска методом «доза-эффект»

Доза воздействия (среднесуточное поступление) рассчитывается по формуле $CDI = AC \cdot IR \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT)$.

Результаты расчетов упражнений 1-5 представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Ответы по вариантам упражнений 1-6

Вариант	Упражнения				
	1	2	3	4	5
	1×10^{-4} мг/кг/сут				
1	2,74	1,48	3,91	0,023	100600
2	1,37	74	7,82	0,782	50321
3	27,4	14,8	11,73	1,566	10060
4	137	74	11,73	0,391	20120
5	109,6	5,92	15,64	3,915	120720
6	27,4	14,8	7,82	0,782	130780
7	137	74	15,64	0,0782	231380
8	5,48	2,96	31,28	0,00782	503000
9	13,7	7,4	23,46	0,0078	100600
10	54,8	29,6	1,955	0,054	5030

Практическая работа 2. Расчет индивидуального пожизненного и популяционного рисков для канцерогенных веществ

Результаты расчетов упражнения 1 и 2 представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Ответы по вариантам упражнений 1 и 2

Вариант	Упражнения		
	1	2	
		a	б
	$LR, \times 10^{-4}$	$R_{ж}, \text{ чел}$	$R_{ж}, \text{ чел}$
1	2	3	4
1	20	68500	39730
2	10	34250	19865
3	20	68500	39730
4	1000,1	3425000	1986500
5	800,08	2740000	1580500
6	200,02	685000	397300
7	1000,1	3425000	1986500
8	40	137000	79460

Вариант	Упражнения		
	1	2	
		а	б
	$LR, \times 10^4$	$R_{ж}, чел$	$R_{ж}, чел$
9	100	342500	198650
10	400	1370000	794600

Практическая работа 3. Социально-экономический ущерб

Социально-экономический ущерб рассчитывается по формуле

$$Y = A C.$$

Цена риска (натуральный ущерб) рассчитывается по формуле

$$A = A_0 + A_c$$

Результаты расчетов (в млн. долларов США) представлены в таблице 3.1, где а) США; б) Россия.

Таблица 3.1. Результаты расчетов социально-экономического ущерба, 1×10^6 \$

Вариант	Социально-экономический ущерб, Y					
	1		2		3	
	а	б	а	б	а	б
1	1443,6	90,036	361875	13202,25	0,219	0,009018
2	9624	600,24	1206250	44007,5	0,73	0,03006
3	19248	1200,48	2412500	88015	1,46	0,06012
4	962496,24	60030,002	120667060	4401190	73,0073	3,0063
5	769996,98	48024	96509650	3520952	58,40584	2,40504
6	192499,24	12006	24127412	880238,01	14,60146	0,60126
7	962496,24	60030,002	1206670060	4401190	73,0073	3,0063
8	38496	2400,96	48250000	176030	2,92	0,12024
9	96240	6002,4	12062500	440075	7,3	0,3006
10	384960	24009,6	482500000	1760300	29,2	1,2024

Модуль 2. Простые методы определения опасности

Практическая работа 5. Предаварийные ситуации. Метод EPSC

Решения упражнений 1-3 по оценке предаварийных ситуаций с помощью метода EPSC приведены в таблицах 5.1, 5.2, 5.3.

Таблица 5.1. Отчет о происшествии EPSC. Происшествие № 1

1. Класс происшествия: предаварийная ситуация			
2. Характер происшествия: выброс газа	Травмы: нет	Материальный ущерб: значительный	
3. Детали происшествия (предприятие, расположение, время): В изгибе трубы образовалась трещина, через нее газ просочился в помещение. Возникла угроза взрыва, но сработали газоопределители, клапаны подачи газа автоматически закрыли подачу			
4. Эксплуатация: нарушение технологического процесса			
5. Краткое описание задействованного оборудования (осуществляемого процесса и режима его нормальной работы): газовая турбина с трубами			
6. Описание происшествий или потенциальных последствий: угроза взрыва			
7. Тяжесть последствий или потенциальных последствий:			
	Крупномасштабные	Серьезные	Незначительные
Производственные потери		+	
8. Тип и количество выброса, сброса, утечки: выброс нескольких м ³ метана			
9. Непосредственные причины (описание причины происшествия):			
Опасные условия эксплуатации		Негативные действия персонала	
Ненадежное состояние изгиба		Необходима не просто замена деталей, а ремонт и изменение проекта трубы	
10. Как часто происходит остановка процесса (насколько надежно оборудование)? Это третий случай			
11. Немедленно приняты меры: отключение оборудования			

12. Подлежит ли регистрации в официальных структурах: нет			
13. Основная причина происшествия (опишите факторы, которые этому способствовали): ненадежное состояние изгиба, образование трещины, ошибка проектирования			
14. Классификация основных причин (недостатки управления безопасностью):			
Проверка	Адекватность элементов	Проверка	Адекватность элементов
+	Проектирования	+	Проверки при подготовке к пуску
+	Проверки и тестирования	+	Информация по безопасности процесса
		+	Обучения / инструктажа
15. Рекомендации (дальнейшие действия): новый проект			
16. Необходимо ли расследование всего случая? Да			
17. Список превентивных мероприятий:			
Превентивные меры		Ответственный	Срок
		Завершено?	
1. Составление проекта газоснабжения			
2. Реконструкция газоснабжения.			
Ликвидация изгиба, т.е. подача напрямую			
3. Переобучение и инструктаж персонала			
18. Список собранных самостоятельных отчетов: два отчета отдела экологии			
19. Общие уроки: Непосредственной причиной происшествия был износ изгибов. Ошибкой проекта был сам изгиб. Следует впредь внимательно расследовать каждый сходный случай			
20. Эти уроки являются новыми? Нет			
21. Важно иметь эту информацию внутри компании: операторам газовой турбины, специалисту безопасности, экологу			

Таблица 5.2. Отчет о происшествии EPSC. Происшествие № 2

1. Класс происшествия: предаварийная ситуация			
2. Характер происшествия: пожар	Травмы: нет		Материальный ущерб: минимальный
3. Детали происшествия (предприятие, расположение, время): газовые баллоны на месте сварки находились под местом сварки			
4. Эксплуатация: обслуживание			
5. Краткое описание задействованного оборудования (осуществляемого процесса и режима его нормальной работы): сварочные аппараты с резиновыми шлангами			
6. Описание происшествий или потенциальных последствий: аппараты находились на земле, сварка осуществлялась на высоте 1,5 м, раскаленная частичка упала сверху на резиновый шланг, возник пожар			
7. Тяжесть последствий или потенциальных последствий:			
	Крупномасштабные	Серьезные	Незначительные
Ущерб			+
Производственные потери			+
8. Тип и количество выброса, сброса, утечки: утечка метана, который горел на выходе из шланга			
9. Непосредственные причины (описание причины происшествия):			
Опасные условия эксплуатации		Негативные действия персонала	
Сварка осуществлялась на уровне 1,5 м от земли, а сварочные цилиндры находились на земле		Не была произведена огнезащита резиновых шлангов	
10. Как часто происходит остановка процесса (насколько надежно оборудование)? Это первый случай, резиновые шланги ненадежны			
11. Немедленно приняты меры: вспыхнувший огонь был быстро потушен ручным огнетушителем			

12. Подлежит ли регистрации в официальных структурах: нет			
13. Основная причина происшествия (опишите факторы, которые этому способствовали): нарушение техники безопасности при производстве сварочных работ			
14. Классификация основных причин (недостатки управления безопасностью):			
Проверка	Адекватность элементов	Проверка	Адекватность элементов
+	Процедур	+	Информации по
+	Изучения производственных опасностей	+	безопасности процесса Обучения / инструктажа
15. Рекомендации (дальнейшие действия): замена оборудования			
16. Необходимо ли расследование всего случая? Нет			
17. Список превентивных мероприятий:			
Превентивные меры		Ответственный	Срок
		Завершено?	
1. Правильное расположение оборудования, установка газовых цилиндров на большом расстоянии от сварочного аппарата			
2. Огнезащитное покрытие			
3. Приобретение современных аппаратов			
4. Инструктаж сварщиков			
18. Список собранных самостоятельных отчетов: нет			
19. Общие уроки: правильное расположение оборудования, производство огнезащиты шлангов и цилиндров, необходимость проведения инструктажа			
20. Эти уроки являются новыми? Да			
21. Важно иметь эту информацию внутри компании, ответственному за технику безопасности и непосредственному производителю сварочных работ, главному инженеру, экологу			

Таблица 5.3. Отчет о происшествии EPSC. Происшествие № 3

1. Класс происшествия: предаварийная ситуация			
2. Характер происшествия: остановка процесса	Травмы: нет		Материальный ущерб: средний
3. Детали происшествия (предприятие, расположение, время): выход из строя одного из элементов ПЛК, вследствие чего подъемная площадка и загрузочные рукава произвольно двигались вверх-вниз			
4. Эксплуатация: нормальная эксплуатация			
5. Краткое описание задействованного оборудования (осуществляемого процесса и режима его нормальной работы): ПЛК, используемый для управления шлагбаума, подъемной площадки, загрузочных рукавов			
6. Описание происшествия: элемент ПЛК вышел из строя в результате конденсата влаги, лифт и загрузочные рукава стали произвольно двигаться, задвижки остались закрытыми			
7. Тяжесть последствий или потенциальных последствий:			
	Крупномасштабные	Серьезные	Незначительные
Производственные потери			+
8. Тип и количество выброса, сброса, утечки: нет			
9. Непосредственные причины (описание причины происшествия):			
Опасные условия эксплуатации	Негативные действия персонала		
Образование конденсата внутри ПЛК	Необходимо производить тестирование оборудования		
10. Как часто происходит остановка процесса (насколько надежно оборудование)? Это первый случай			
11. Немедленно приняты меры: отключение гидравлической энергии			
12. Подлежит ли регистрации в официальных структурах: нет			
13. Основная причина происшествия (опишите факторы, которые этому способствовали): образование конденсата в помещении из-за высокой влажности			
14. Классификация основных причин (недостатки управления безопасностью):			

Проверка	Адекватность элементов	Проверка	Адекватность элементов	
+	Проверки и тестирования	+	Проверки при подготовке к запуску	
15. Рекомендации (дальнейшие действия): 1. Установка у ограждения воздушных вентиляторов. 2. Регулярное тестирование. 3. установка фиксированной блокировки для закрытия задвижек				
16. Необходимо ли расследование всего случая? Да				
17. Список превентивных мероприятий:				
Превентивные меры		Ответственный	Срок	Завершено?
1. Установка вентиляторов 2. Регулярное тестирование 3. Установка фиксированной блокировки задвижек				
18. Список собранных самостоятельных отчетов: нет				
19. Общие уроки: проведение регулярного тестирования оборудования, оснащение системы автоматическими блокаторами, фиксаторами				
20. Эти уроки являются новыми? Да				
21. Важно иметь эту информацию внутри компании, обслуживающему персоналу погрузочной площадки, ответственному за технику безопасности, ответственному за эксплуатацию оборудования, инженеру по технике безопасности, экологу				

Практическая работа 6. Исследования HAZOP

*Вариант 1. Железнодорожная цистерны и разгрузочные трубопроводы.
Таблица 6.1. Решение.*

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
1.1. Высокий уровень	Противоток на линии разгрузки хлора, вскоре после подсоединения новой ж/ц к системе разгрузки программируемый контроллер прерываний (ПКП) закрыт (3.3)	Высокое давление в результате термического расширения жидкости (1.5)		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Ж/ц переполнена поставщиком	Высокое давление	Опыт загрузки у поставщика	
То же	Ошибочная подача сырья в неиспользуемую ж/ц на линии разгрузки хлора (ж/ц уже полна) (3.4)	То же	Высокая эксплуатационная дисциплина	1. Предупредить операторов о возможности перегрузки емкости, так как испаритель-дозатор закрывается после того, как новая ж/ц подсоединяется к разгрузочной системе
1.2. Низкий уровень		Последствия, не представляющие интереса		
1.3. Высокая температура	Внешнее возгорание	Высокое давление (1.5)	Бетонные перекрытия на рельсовых ответвлениях и устройства, предотвращающие возгорание в зоне разгрузки	2. Проверить наличие противопожарных средств в разгрузочной зоне
То же	Высокая температура ОС	То же	То же	

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
1.4. Низкая температура	Утечка хлора при удалении в систему нейтрализации через эжектор	Вероятность хрупкого излома трубопровода, приводящего к выбросу ЗВ (1.9)		3. Удостовериться, что оборудование может выдержать самоохлаждение хлора
1.5. Высокое давление	Высокий уровень с последующим термическим расширением жидкости (1.1)	Вероятность выброса ЗВ (1.9)		4. Установить дополнительный масляный фильтр и периодически обслуживать его
То же	Высокая температура (1.3)	То же		
То же	Интенсивная реакция, вызванная высокой концентрацией органических ЗВ (1.7)	То же		
То же	Высокое давление в компрессоре (2.7)	То же		5. Давление на выходе из компрессора не превышает 15,3 бар, следует предусмотреть вентиль сброса давления в нем, отрегулированный на давление, ниже установленного для вентиля на ж/ц
То же	Высокое давление в испарителе (4.5)	То же		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
1.6. Низкое давление	Оператор использует эжектор системы нейтрализации для удаления хлора из ж/ц	Вероятность повреждения ж/ц во время удаления хлора через эжектор системы нейтрализации, могут быть незначительные утечки хлора		6. Проверка оборудования разгрузки хлора и испарителей на максимальный вакуум, создаваемый системой нейтрализации. В случае вероятности повреждения из-за избыточного давления, следует модифицировать ее для минимизации повреждений
То же	Низкая подача/отсутствие подачи из компрессора	Низкая подача/отсутствие подачи на линии разгрузки (3.2)		
1.7. Высокая концентрация ОЗВ	Ремонтник/эксплуатационник использует органические материалы (присадки для труб при подсоединении шланга к ж/ц	Высокое давление в результате возможной интенсивной реакции (1.5)	Поставки сырья высокого качества	7. Операторы должны использовать во время эксплуатации исключительно совместимые с хлором материалы
То же	Высокая концентрация ОЗВ в компрессоре (2.9)	То же	То же	

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
1.8. Высокая концентрация воды	Противоток из системы нейтрализации во время загрузки	Утечка ЗВ, в результате кислотой коррозии (1.9). Высокая концентрация воды на линии разгрузки хлора (3.11)		8. Удостовериться в достаточности защитных средств от противотока из системы нейтрализации
То же	Оператор подает на привод ж/ц воздух из системы вентиляции, а не специально обезвоженный из компрессора	То же		9. Установить сигнализацию у воздушной установки для напоминания, не использовать необезвоженный воздух для подачи на привод ж/ц
То же	Дождевая вода в местах подсоединения вентилях ж/ц	То же	Заглушки на всех вентилях выхода в атмосферу, когда они не используются	
То же	Вода в хлоре, поставляемом поставщиком	То же	Поставки сырья высокого качества	

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
1.9. Утечка ЗВ	Коррозия/эрозия	Значительный выброс хлора в атмосферу	Обеспечение технического обслуживания ж/ц. СИЗ. Инструктаж оператора по проведению действий в случае необходимости, включая перекрытие вентиля. Видео наблюдение в зоне разгрузки	11. Установление системы обнаружения хлора в зоне разгрузки и эвапорации (в точках утечек) 12. Контроль проведения техобслуживания и осмотров по инструкциям
То же	Внешнее воздействие	То же	Ограниченный транспортный доступ к зоне действия	13. Запрет на использование тяжелого оборудования (кранов) при разгрузки хлора, пока не будут предприняты меры по предотвращению повреждения оборудования
То же	Воспламенение от удара	То же		14. Предусмотреть систему разбрызгивания воды в зоне разгрузки и испарения в целях смягчения последствий утечек хлора из ж/ц
То же	Повреждение прокладок, уплотнителей или сальников	То же		
То же	Неправильное обслуживание	То же		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Дефекты материала	То же		1
То же	Оператор неполностью закрыл или неосторожно открыл вентиль выхода в атмосферу (вентиль на подсоединительном шланге)	То же		
То же	Из-за неосторожности ж/ц сошла с рельс	То же		
То же	Протечки вентилей выхода в атмосферу	То же	Оператор периодически проводит мониторинг вентилей на ж/ц во время разгрузки	
То же	Низкая температура (1.4)	То же	См. (1.4)	
То же	Высокое давление (1.5)	То же	См. (1.5)	
То же	Кислотная коррозия в результате высокой концентрации воды (1.8)	То же	См. (1.8)	

Вариант 2. Система сжатого воздуха.
Таблица 6.2. Решение.

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
2.1. Высокая подача воздуха		Последствия, не представляющие интереса		
2.2. Низкая подача/отсутствие подачи	Выход из строя компрессора для запуска или отсутствие перемещения воздуха	Низкое давление в ж/ц с хлором (2.6)		15. Разработка контрольных листов операторов для предотвращения ошибок (неотрегулирование)
То же	Отказ вентиля при открытии	То же		
То же	Неполадки в системе включения осушителя, блокирующие поток воздуха	То же		
То же	Оператор не открыл/ошибочно закрыл вентиль с ручным приводом	То же		
То же	Оператор не запустил/ошибочно остановил компрессор	То же		
То же	Оператор не правильно установил нормальное давление на вентиле регулировки	То же		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Засоры в фильтре системы подачи воздуха или осушителе	То же		
То же	Неполадки в вентолях регулировки давления в открытом положении/переход в закрытое	То же		
2.3. Ошибочное направление		Последствия, не представляющие интереса		
2.4. Противоток	Оператор при подаче воздуха в ж/ц создал в ней более высокое давление, чем в компрессоре	Вероятности: 1) коррозии оборудования подачи воздуха (контакта хлора с влажным воздухом); 2) среднего выброса хлора через систему подачи воздуха; 3) возникновения интенсивной реакции в следствие взаимодействия с ОВ, накапливающимися в системе подачи воздуха	Проверять автоматические вентили на разгрузочных пунктах и в местах выпуска сжатого воздуха из компрессора, проверка вентиля регулировки давления (с защитой от реверсивного потока), который закрывается в случае подачи на вентиль более высокого давления в сравнении с давлением на выходе из вентиля	Мероприятие 9

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
2.5. Высокая t		Последствия, не представляющие интереса		
2.6. Низкая t		Последствия, не представляющие интереса		
2.7. Высокое давление	Неправильно установлено нормативное давление на вентиле регулировки	Высокое давление в ж/ц с хлором (2.5)	Индикатор местного давления на вентиле регулировки давления	Мероприятие 5
То же	Отказ вентиле регулировки давления при закрытии/переход в открытое положение			
2.8. Низкое давление		Последствия, не представляющие интереса		
2.9. Высокая концентрация ОЗВ	Дефектный или неправильно обслуживаемый масляный фильтр	Высокая концентрация органических загрязнителей в ж/ц с хлором (2.7)	Ежедневная замена масляного фильтра в линии подачи воздуха	

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Неполадка диафрагменных приборов, приводящая к проникновению масла в систему подачи воздуха	То же		16. Проверить диафрагменные приборы на содержание органических жидкостей (гликоль и т.п.), которые не совместимы с хлором
То же	Механические повреждения компрессора, приводящие к проникновению масла в систему подачи воздуха	То же		
2.10 Высокая концентрация воды	Дефектный или некорректно эксплуатируемый осушитель	Высокая концентрация воды в ж/ц с хлором	Указание значения точки росы и ее вывод на контрольный пульт аварийной сигнализации. Проверка оператором показателей точки росы каждую смену	17. Чаще проверять данные точки росы и запретить использования компрессора, при неработающем анализаторе содержания влаги
То же	Дефектный или некорректно эксплуатируемый фильтр для удаления влаги	То же	То же	
То же	Протечки воды из системы охлаждения в систему подачи воздуха	То же	То же	

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Линия плохо дренируется и очищается после обслуживания	То же	То же	18. Усовершенствовать процедуру разгрузки ж/ц с хлором, чтобы осушитель воздуха функционировал. Проводите продувку линии подачи воздуха перед проведением разгрузки
То же	Отказ системы регенерации осушителя из-за недостаточного отвода влаги	То же	То же	19. Предусмотреть установление ресивера
То же	Неполадки в переключении осушителя (отказ при включении)	То же	То же	
2.11. Утечка 3В	Внешнее воздействие		Ограничение доступа транспорта в зону разгрузки	Мероприятия 13
То же	Возгорание			Мероприятия 2,11
То же	Разрушение прокладок, уплотнителей, сальников		Замена прокладок после каждой разгрузки ж/ц	
То же	Неполадки или некорректное подсоединение шланга		Ежегодная замена шлангов. Квартальная замена патрубков шлангов	
То же	Ошибки при обслуживании			

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Неполадки с приборами на линии			
То же	Коррозия/эрозия	Неполадки на линии подачи воздуха на выходе вентиля регулировки давления с реверсивной защитой могут привести к среднему выбросу хлора в атмосферу. Небольшие утечки воздуха не приводят к значительным последствиям	Проверка вентилей линии подачи воздуха на входе и выходе ж/ц. Инструктаж оператора по проведению действий в случае необходимости, включая перекрытие вентиля. Соблюдение мер безопасности и наличие ИСЗ в зоне разгрузки. Ремонтный комплект инструментов для разгрузки хлора. Видеонаблюдение за зоной разгрузки	20. Установить требования по ношению респираторных масок в качестве меры безопасности при соединении шлангов или отсоединении шлангов на ж/ц
То же	Ошибки при обслуживании			
То же	Неполадки с приборами на линии			
То же	Дефектный материал			

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Оператор забыл закрыть/ошибочно открыл вентиль выхода в атмосферу (на шланге подсоединения)		Оператор периодически производит проверки вентилей во время разгрузки ж/ц	Мероприятие 15
То же	Движение ж/ц при присоединенных шлангах		Тормоза ж/ц включены, колеса заблокированы, башмак установлен, сигнальный флаг выставлен	

*Вариант 3. Поступление пара в испаритель.
Таблица 6.3. Решение.*

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
3.1. Высокий расход		Следствия, не представляющие интереса		
3.2. Низкий расход/отсутствие подачи	Оператор не смог открыть или неосторожно закрыл вентиль, управляемый вручную	Низкий уровень в испарителе хлора (4.2)		Мероприятие 15
То же	Низкое давление в ж/ц с хлором (1.6)			

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
3.3. Реверсивный поток	Отключение испарителей хлора	Высокий уровень в ж/ц в случае, если новая ж/ц была недавно подсоединена к системе разгрузки (1.1)		
3.4. Ошибочное подключение к пустой ж/ц	Оператор забыл закрыть или неосторожно открыл вентиль неиспользуемой ж/ц	Непредусмотренный перевод хлора в пустую ж/ц. Небольшой выброс хлора в атмосферу через разъединенные шланги в неиспользуемой ж/ц. Высокий уровень в ней, если она уже заполнена (1.1)	Оператор периодически производит мониторинг вентилях во время разгрузки на ж/ц	Мероприятия 11, 15,21. Четкая маркировка линий разгрузки хлора и системы испарения для предотвращения эксплуатационных ошибок. 22. Перекрытие разгрузочных вентилях перед тем, как будут очищены разгрузочные шланги
То же	Подтекание вентиля неиспользуемой ж/ц	То же	Запрещение перекрытия вентилях на одну четверть	
3.5. Ошибочная подача в систему нейтрализации	Оператор забыл закрыть или ошибочно открыл вентиль подачи в систему нейтрализации	Избыточный хлор в системе нейтрализации может привести к среднему выбросу хлора в случае, если система не эксплуатируется или некорректно загружена	Запрещение перекрытия вентилях на одну четверть	Мероприятия 15, 21

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
3.6. Ошибочная подача хлора в незадействованный испаритель	Оператор не смог закрыть или ошибочно открыл вентиль в систему нейтрализации. Подтекание вентиля в незадействованном испарителе	Избыточный хлор в системе нейтрализации при очистке испарителя, что может привести к выбросу хлора в случае, если система не эксплуатируется или некорректно загружена. Непредвиденное поступление жидкого хлора из незадействованного испарителя при открытых выпускных вентилях приводящее к наличию жидкого хлора на пинии газообразного хлора и перехлорированию в процессе отбеливания в испарителе. Возможен небольшой выброс хлора. В испарителе, во время запуска, возможно сверхдавление, способное повредит испаритель	Регламент перекрытия вентилях во время их обслуживания. Запрещение перекрытия вентилях на одну четверть	Мероприятия 10, 15, 21, 23. Предусмотреть просеивающие фланцы на оборудовании во время обслуживания, когда вентиль открыт или подтекает перекрытый вентиль, в результате чего может иметь место выброс хлора. 24. Предусмотреть дополнительный выпускной вентиль на отводе трубы каждого испарителя хлора для предотвращения сверхдавления
3.7. Высокая температура		Последствия, не представляющие интереса		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
3.8. Низкая температура	Утечка хлора при удалении в систему нейтрализации через эжектор	Вероятность хрупкого излома трубопровода, приводящего к выбросу ЗВ (3.12)		Мероприятие 3
3.9. Высокое давление	Термическое расширение жидкости	Возможная утечка ЗВ (3.12)	Индикаторы местного давления на ряде секторов технологической линии	
3.10. Низкое давление		Последствия, не представляющие интереса		
3.11. Высокая концентрация воды	Противоток из системы нейтрализации во время продувки	Утечка ЗВ вследствие кислотной коррозии (3.12). Высокая концентрация воды в испарителе хлора (4.7)		Мероприятие 10
То же	Линия недостаточно дренируется и очищается после обслуживания	То же		
То же	Дождевая вода в шлангах и подсоединениях шлангов	То же	Установить заглушки во всех шлангах, когда они не используются	
То же	Высокая концентрация воды в ж/ц (1.8)	То же		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
3.12. Утечка ЗВ	Коррозия/ эрозия	Крупный выброс хлора в атмосферу	Инструктаж оператора на случай перекрытия вентиля. ИЗС в зоне разгрузки. Ремонтный комплект инструментов разгрузки хлора. Видеонаблюдение за разгрузкой	Мероприятия 12, 25. Предусмотреть дистанционное управление группой вентилей на линиях жидкого хлора на разгрузочных станциях
То же	Внешнее воздействие		Ограниченный доступ транспорта	Мероприятие 13
То же	Воспламенение			Мероприятия 2, 11
То же	Разрушение прокладок, уплотнителей или сальников		Прокладки заменяются каждый раз при разгрузке ж/ц	
То же	Неправильные подсоединения шлангов или шланговых соединений	То же	Ежегодная замена шлангов и ежеквартальная штуцеров шлангов. Установление вентиля сброса избыточного давления в подсоединениях к ж/ц. Заглушки на всех выпускных клапанах хлора в атмосферу, когда вентили не используются	

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Ошибки при обслуживании	То же		26. Рассмотреть возможность защитного покрытия всей линии для предотвращения внешней
То же	Выход из строя прибора или приборной линии	То же		
То же	Дефект материала	То же		
То же	Оператор не смог закрыть / ошибочно открыл вентиль в атмосфере (вентиль на шланговом подсоединении)	То же	Оператор периодически производит наблюдение за вентилями во время разгрузки	Мероприятие 1
То же	Движение ж/ц с подсоединенными шлангами	То же	Тормоза у ж/ц включены, колеса заблокированы, башмаки установлены, сигнальный флаг выставлен. Вентили избыточного давления на подсоединениях ж/ц действуют	
То же	Низкая температура (3.8)	То же		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Кислотная коррозия из-за высокой концентрации воды (3.11)	То же		29. Предусмотреть проверку состояния оборудования
То же	Высокое давление (3.9)	То же	Компенсационные емкости, предохраняющие некоторые секторы технологической линии от избыточного давления вследствие термического расширения	27. Компенсационные емкости для участков разгрузочной линии, которые не защищены от давления при термическом расширении. 28. Дополнительная аварийная сигнализация избыточного давления (индикаторы) для облегчения определения момента выхода из строя диска цилиндра
То же				30. Удостовериться, что вентили расхода в отводных трубах ж/ц запроектированы для правильной эксплуатации даже при эксплуатации обоих отводов

*Вариант 4. Испарители и газопроводы.
Таблица 6.4. Решение.*

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
4.1. Высокий уровень	Низкая температура (4.4)	Вероятность наличия жидкого хлора в хлорном газе и перехлорирования в процессе отбеливания, незначительный выброс хлора		
То же	Высокая подача газообразного хлора на линию А (5.1)			
4.2. Низкий уровень	Низкая подача /отсутствие подачи на линии разгрузки хлора (3.2)	Высокая температура (4.3). Низкое давление газообразного хлора на линии А (5.9)		
4.3. Высокая температура	Подача перегретого газа	Ускоренная коррозия. Высокое давление (4.5)	Индикатор температуры и аварийная сигнализация высокой температуры для испарителя в операционном зале с выводом на селекторный переключатель	31. Устройство по снятию парового перегрева для системы испарителей. 32. Замена ручного селектора в цепи аварийной сигнализации повышенной температуры на автоматическое переключение или установление ее для каждого испарителя в отдельности

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления	То же	То же	33. Предусмотреть блокировку, при которой паровые вентили на испарителях будут закрыты при высокой температуре
То же	Низкий уровень (4.2)	То же	То же	
То же	Экзотермическая реакция между хлором и материалом, из которого сделан испаритель	То же + повреждение испарителя и вероятность среднего выброса хлора	То же	
То же	Отказ вентилей регулировки давления при закрытии или их переход в открытое положение	То же	То же	34. Установка вентиля для сброса давления на кожухе испарителя для ограничения давления пара в оболочке испарителя, даже если вышли из строя контрольные вентили. 35. Предусмотреть более простую схему управления испарением жидкого хлора (управление температурой на выходе из испарителя путем регулирования расхода пара)

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
4.4. Низкая температура	Оператор не смог открыть или ошибочно закрыл вентиль в системе подачи пара	Высокий уровень (4.1). Низкая температура газообразного хлора, подаваемого на линию А (5.7)	Индикатор температуры и аварийная сигнализация низкой температуры в операционном зале для испарителя, с выводом на селекторный переключатель	Мероприятия 15, 32, 35
4.5. Высокое давление	Высокая температура (4.3)	Высокое давление в ж/ц (1.5). Вероятность повреждения испарителя при изолировании выпускного вентиля на ж/ц (4.9)	Индикатор местного давления	36. Предусмотреть установление аварийной сигнализации высокого давления для каждого испарителя
То же	Низкая подача/отсутствие подачи газообразного хлора на линию А 5.2			
4.6. Низкое давление	Оператор использует эжектор системы нейтрализации для удаления хлора из испарителя	Вероятность выхода из строя испарителя при выпуске хлора через эжектор системы нейтрализации, происходит незначительный выброс хлора		Мероприятие 6

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
4.7. Высокая концентрация воды	Испаритель некорректно дрежируется и очищается после периодического обслуживания испарителя	Повреждение трубы в результате кислотной коррозии (4.9). Высокая концентрация воды в газообразном хлоре, подающимся на линию А (5.10)	Регламент запуска испарителя	
То же	Подтекают трубы испарителя, в то время пока испаритель находится вне работы	То же		37. Каждому оператору проверить наличие воды в испарителях перед каждым запуском
То же	Высокая концентрация воды на линии разгрузки хлора (3.11)	То же		
4.8. Высокая концентрация треххлористого азота	Перегонка треххлористого азота в испарителе	Вероятность взрыва, вследствие повреждения трубы (4.9)		38. Предусмотреть внедрение порядка по периодическому удалению хлористого азота из испарителей

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
4.9. Подтекание/разрушение трубы	Коррозия/эрозия	Незначительный выброс хлора в систему пароснабжения и канализацию. Средний выброс хлора в случае, если оголовок трубы поврежден	Возможность перекрытия трубы вручную. Инструктаж оператора по проведению действий в случае необходимости, включая перекрытие вентиля. Видеонаблюдение за зоной испарения	Мероприятие 11.39. Предусмотреть мониторинг линий дренирования парового конденсата
То же	Повреждения прокладок, уплотнений или сальников	То же	То же	
То же	Ошибки при обслуживании	То же	То же	Мероприятие 12
То же	Дефект материала	То же	То же	
То же	Высокая температура	То же	То же	
То же	Высокое давление (4.5)			Мероприятие 24
То же	Детонация треххлористого азота	То же	То же	
4.10. Подтекание сальника/его повреждение		Последствия, не представляющие интереса		

Вариант 5. Поступление газообразного хлора на линию отбеливания «А».

Таблица 6.5. Решение.

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
5.1. Высокая подача газообразного хлора	Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления	Избыток хлора во время процесса отбеливания и значительный выброс хлора. Высокий уровень в испарителе хлора (4.1)	Индикатор давления в операционном зале управления	Мероприятие 15
То же	Неполадки в вентилях регулировки давления при закрытии/переход в открытое положение	То же	То же	
5.2. Низкая подача/отсутствие подачи	Оператор забыл открыть или ошибочно закрыл вентиль с ручным приводом	Высокое давление в испарителе хлора (4.5). Потеря расхода хлора на линии А		Мероприятие 15
То же	Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления	То же		
То же	Неполадки в вентилях регулировки давления при открытии/переход в закрытое положение	То же		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Низкое давление (5.9)	То же		
5.3. Противоток	Низкое давление (5.9)	Высокая концентрация воды (5.10)	Барометрические компенсационные петли в питающих технологических линиях	40. Убедиться, что барометрические компенсирующие петли находятся выше отметки жидкости (не менее 1,2 м)
5.4. Ошибочная подача хлора в систему нейтрализации	Оператор забыл закрыть или ошибочно открыл входной вентиль системы нейтрализации	Избыток хлора в системе нейтрализации может привести к выбросу хлора в случае, если система не функционирует или некорректно загружена, незначительный выброс хлора	Запрещение перекрытия вентилей на одну четверть	Мероприятие 15, 21
То же	Подтекание входного вентиля системы нейтрализации	То же		
5.5. Ошибочная подача хлора на линию В	Оператор забыл закрыть или небрежно открыл входной вентиль линии отбеливания В	Избыток хлора на линии В, не большой выброс хлора. Вероятность среднего выброса хлора в случае, если линия В не функционирует	Запрещение перекрытия вентилей на одну четверть	
То же	Подтекание вентиля на линии В	То же		Мероприятия 11, 15, 21

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
5.6. Высокая температура		Последствия, не представляющие интереса		
5.7. Низкая температура	Низкая температура окружающей среды	Вероятность конденсации жидкого хлора на линии газообразного хлора и избыток хлора в процессе отбеливания. Незначительный выброс хлора		
То же	Низкая температура в испарителе хлора (4.4)			
5.8. Высокое давление		Последствия, не представляющие интереса		
5.9. Низкое давление	Низкий уровень в испарителе хлора (4.2)	Низкий расход /отсутствие расхода (5. 2). Противоток (5.3)	Индикатор давления и аварийная сигнализация низкого давления в операционном зале	41. Установка блокировки низкого давления автоматического управления вентиля для предотвращения противотока (5.9)
5.10. Высокая концентрация воды	Линия недостаточно осушается и очищается после обслуживания	Утечка 3В в результате кислотной коррозии (5.11)		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Высокая концентрация воды в испарителе (4.7)	То же		
То же	Противоток (5.3)	То же		
5.11. Утечка ЗВ	Внешнее воздействие	То же	Ограниченный доступ транспорта в промзону	Мероприятие 13
То же	Возгорание	То же		
	Коррозия/эрозия	Средний выброс хлора	Возможность изолирования линии вручную. Инструктаж оператора на случай перекрытия вентилей. Ремонтный комплект инструментов по разгрузке хлора. ИСЗ	Мероприятия 11, 27
То же	Разрушение прокладок, уплотнителей, сальников	То же		
То же	Ошибки при обслуживании	То же		Мероприятие 12
То же	Отказ прибора/неполадки на линии контрольных приборов	То же		
То же	Дефект материала	То же		

<i>Отклонение</i>	<i>Возможные случаи</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Кислотная коррозия вследствие высокой концентрации воды (5.10)			

Практическая работа 7. Метод определения опасностей HAZID

Таблица 7.1. Решение. Карта контроля безопасности компрессора

<i>№</i>	<i>Причина</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Действие</i>
1	Отсутствие или низкий уровень масла. Нарушена система охлаждения	Выход из строя поршней, подшипников, вала	Температурный датчик и контроль за температурой масла и охлаждающей жидкости	Срочно отключить компрессор, проверить уровень масла в картере и циркуляцию охлаждающей жидкости
2	Забивка или протечка трубопроводов рециркуляции охлаждающей жидкости. Выход из строя рециркуляционного насоса. Отсутствие охлаждающей жидкости	Повышение температуры в компрессоре	Контроль за температурным режимом в компрессоре	Отключить компрессор. Проверить наличие охлаждающей жидкости, работу рециркуляционного насоса, рециркуляцию охлаждающей жидкости через трубопроводы (на выходе)
3	Изменение температуры вокруг компрессора. Климатические изменения (зима - лето)	Нагрев компрессора с вытекающими последствиями	Контроль температуры охлаждающей жидкости	Отрегулировать расход охлаждающей жидкости

<i>№</i>	<i>Причина</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Действие</i>
4	Не проведен планово-предупредительный ремонт. Высокая температура в подшипниках	Выход из строя подшипников, заклинивание компрессора, возгорание электродвигателя	Срочно отключить компрессор	Провести смазку согласно технической схеме
5	Износ седла клапана при попадании под него инородных твердых частиц	Клапан не будет удерживать воздушный поток, плохо работает компрессор	Контроль давления в ресивере и время наполнения ресивера	Остановить компрессор, сменить клапан
6	Не открывается клапан	Падение давления	Контроль в ресивере	Проверить (заменить) клапан
7	Не срабатывает клапан нагнетания	Уплотнение элементов поршня,	Контроль давления в компрессоре	Остановить компрессор, проверить клапана нагнетания
8	Повышение температуры всасываемого воздуха и увеличение сжатия	Нагрев компрессора	Контроль температуры компрессора	Остановить до охлаждения и выяснить причины
9	Замыкание обмотки электродвигателя или пускового устройства	Возгорание обмотки	Отключить электропитание. Тушить углекислотным огнетушителем	Профилактический ремонт, проверка крепления контактных проводов, проверка сопротивления
10	Нет фильтра-влажготделителя на всосе или он неисправен	Поломка поршней и клапанов	Контроль фильтра-влажготделителя	Остановить компрессор, заменить фильтр
11	Нет или не работает воздушный фильтр	Поломка седла клапанов или поршней	Контролировать и заменять вовремя воздушный фильтр	Остановить, проконтролировать состояние седел, клапанов, заменить фильтрующий элемент

<i>№</i>	<i>Причина</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Действие</i>
12	Нарушение герметичности всасывающих трубопроводов, коллекторов и т. д	Последствий никаких	Провести профилактический ремонт всасывающих и нагнетательных трубопроводов	Изолировать участки, где нарушена герметичность
13	Неправильно подключен электродвигатель	Нарушится система смазки и работа клапанной группы	Контролировать вращение согласно указателям на компрессоре	Произвести смену фаз подключения электродвигателя
14	Не исправен клапан	Перегрев двигателя/выход из строя	Давление на ресивере не увеличивается	Остановить ком-прессор, устранить поломку клапана
15	Не исправен предохранительный клапан	Повышение давления в ресивере и его разрыв	Контроль по манометру на ресивере	Проверка исправности предохранительного клапана и его замена
16	Не работает нагнетательный клапан	Поломка компрессора (поршня, клапанов)	Контроль давления в компрессоре	Отключить, устранить неполадки
17	Не срабатывают нагнетательные клапаны. В ресивере очень большое давление	Придут в негодность уплотнительные элементы клапанов и цилиндров. Разорвет ресивер	Контроль за показаниями манометров на ресивере и клапане	Остановить компрессор. Сбросить давление в ресивере. Проверить работоспособность предохранительного и нагнетательного клапанов

<i>№</i>	<i>Причина</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Действие</i>
18	Увеличение давления в коллекторе подачи	Увеличивается производительность компрессора по подаче. Режим клапанов более нагружен. Быстрый износ уплотнительных элементов на клапанах и поршнях	Контроль давления на питающем коллекторе	Отрегулировать давление на подающем коллекторе
19	Отключен потребитель воздуха	Компрессор работает на ресивер	Последствий нет, если работоспособен предохранительный клапан	Действий никаких, нормальный режим работы компрессора
20	Пришли в негодность манометры давления воздуха в компрессоре, ресивере и масла в компрессоре	Поломка компрессора, его клапанной группы, цилиндров. Разрушение ресивера	В случае поломки манометров не включать компрессор	Срочно остановить компрессор. Сменить манометры
21	Поломка клапана	Компрессор не будет работать. Большая нагрузка на электродвигатель, перегрев и сгорание	Контролировать манометры на ресивере и нагрев электродвигателя	Отремонтировать клапан
22	Забивка трубопровода, неисправность клапана	Нагрев электродвигателя, низкая производительность компрессора	Контроль за показаниями на ресивере	Остановить компрессор. Продуть трубопровод и отремонтировать клапан

<i>№</i>	<i>Причина</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Действие</i>
23	Потеря фазы на электродвигателе. Подключение его по схеме вместо Y (звезды)	Длительный набор давления. Повышенный расход электроэнергии	Следить за показаниями манометра	Произвести контроль электродвигателя
24	Не соблюдаются правила эксплуатации	Компрессор не будет выполнять свои функции	Соблюдать правила эксплуатации согласно прилагаемому техописанию и инструкции по эксплуатации	Провести осмотр и ремонт компрессора согласно технической документации
25	Попадание в механизмы посторонних предметов. Недостаточное крепление механизмов	Поломка механических узлов компрессора	Проводить планово-предупредительный ремонт	При появлении посторонних шумов срочно остановить компрессор. Определить источник шума, отремонтировать
26	Попадание под шкиф посторонних предметов. Не проведение вовремя текущего осмотра и ремонта	Разрыв или слетание со шкифов клиновых ремней	Осмотр перед пуском компрессора состояния шкифов и натяжения клиновых ремней	Пуск компрессора запрещен. Замена шкифа
27	Ослабление на раме крепления электродвигателя и натяжного ремня	Проскальзывание в шкифах клиновых ремней с возможностью их слетания со шкифов	Перед пуском контроль натяжения ремней и крепления электродвигателя и компрессора	Произвести крепление компрессора и электродвигателя на раме и натянуть ремни согласно норме

<i>№</i>	<i>Причина</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Действие</i>
28	Физическое старение. Эксплуатация при повышенных температуре и влажности. Физическое воздействие	Короткое замыкание в обмотке электродвигателя и пусковых устройств и их возгорание	Периодическая проверка изоляционных материалов на электрическое сопротивление	При искрении электропроводов срочно ОТК-лючить электропитание. Произвести замену или ремонт электроаппаратуры или двигателя
29	Халатность, безграмотность	Выйдет из строя компрессор, его узлы и агрегаты	Назначить ответственного за работу на компрессоре	Пройти обучение
30	Плохое обслуживание и контроль за системой управления	Не запустится электродвигатель или срабатывают средства аварийной защиты и блокировок	Контроль за индикацией системы управления	Найти причину поломки, отремонтировать
31	Плохое профилактическое обслуживание, поломка	Выход из строя электродвигателя	Периодический контроль за состоянием электродвигателя (температура кожуха, масла и т.п)	Срочно отключить коллектор, разобраться в причине
32	Не срабатывает предохранительный клапан. Засорена труба сброса	Повышение давления выше нормы. Разрушение ресивера и частей компрессора	Постоянный визуальный контроль за показаниями манометра на ресивере	Срочно отключить компрессор. Проверить, отремонтировать, заменить предохранительный клапан

№	Причина	Последствия	Меры безопасности	Действие
33	Забивка трубопровода сброса давления	Повышение давления в ресивере выше нормы	Постоянный контроль за давлением в ресивере	Срочно остановить компрессор. Заменить или прочистить
34	Низкая квалификация	Возможность выхода из строя любого агрегата и узла	Контроль за работой специалиста	Замена на другого оператора
35	Плохая профилактика, поломка	Выход из строя электродвигателя	Контроль за электродвигателем (температура кожуха, масла т.п)	Срочно отключить коллектор, разобраться в причине
36	Неисправность предохранительного клапана	Компрессор не будет набирать давление	Контроль показаний манометра на ресивере	Заменить или отремонтировать предохранительный клапан

Модуль 3. Сложные методы определения опасностей

Практическая работа 8. Исследование FTA

Вариант 1. FTA. Железнодорожные цистерны и разгрузочные трубопроводы

1)

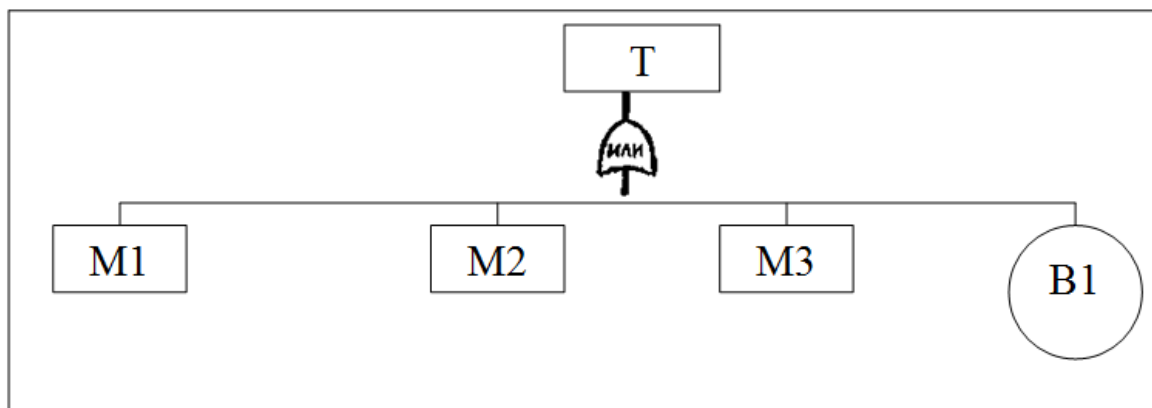


Рис. 8.1. Простое дерево отказов

- 2) Минимальное число событий равно одному, В1.
- 3) $P(T) = P(B1+(B8+B9+B10+B11) \times (B12+B13) + (B2+B3+B4) + (B5+B6+B7)) = 5,8 \times 10^{-2} \text{ год}^{-1}$.
- 4) Особое внимание необходимо обратить на наиболее чувствительные к отклонениям параметры системы, а именно на события В1, В2-В7.
- 5)

Таблица 8.1. Иницирующие события

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, год ⁻¹
М1	Разрыв подсоединительных шлангов	$2,2 \cdot 10^{-2}$
В2	Неполадки со шлангом или некорректное подсоединение шланга	$1 \cdot 10^{-2}$
В3	Оператор забыл закрыть или ошибочно открыл вентиль выхода в атмосферу (например, вентиль на шланге подсоединения)	$2 \cdot 10^{-1}$
В4	Движение железнодорожной цистерны при присоединенных шлангах	$8 \cdot 10^{-3}$
М2	Коррозия	$3,6 \cdot 10^{-2}$
В5	Дефектный или некорректно эксплуатируемый фильтр для удаления влаги	$1 \cdot 10^{-3}$
В6	Протечки воды из системы охлаждения в систему подачи воздуха воздушного компрессора	$5 \cdot 10^{-3}$
В7	Подача влажного воздуха из осушителя	$3 \cdot 10^{-2}$
М3	Повреждение компенсационных емкостей	$1,3 \cdot 10^{-6}$
М4	Высокое давление	$2,6 \cdot 10^{-3}$
В8	Отказ вентиля при открытии	$3 \cdot 10^{-4}$
В9	Неполадки в вентилях регулировки давления в открытом положении или переход в закрытое положение	$1 \cdot 10^{-5}$
В10	Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления	$2 \cdot 10^{-3}$
В11	Отказ вентиля регулировки давления при закрытии или переход в открытое положение во время разгрузки	$3 \cdot 10^{-4}$
М5	Вентиль выхода хлора закрыт	$5 \cdot 10^{-4}$
В12	Оператор не правильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления	$2 \cdot 10^{-4}$
В13	Протечка вентиля	$3 \cdot 10^{-4}$
В1	Внешнее воздействие	$3 \cdot 10^{-4}$

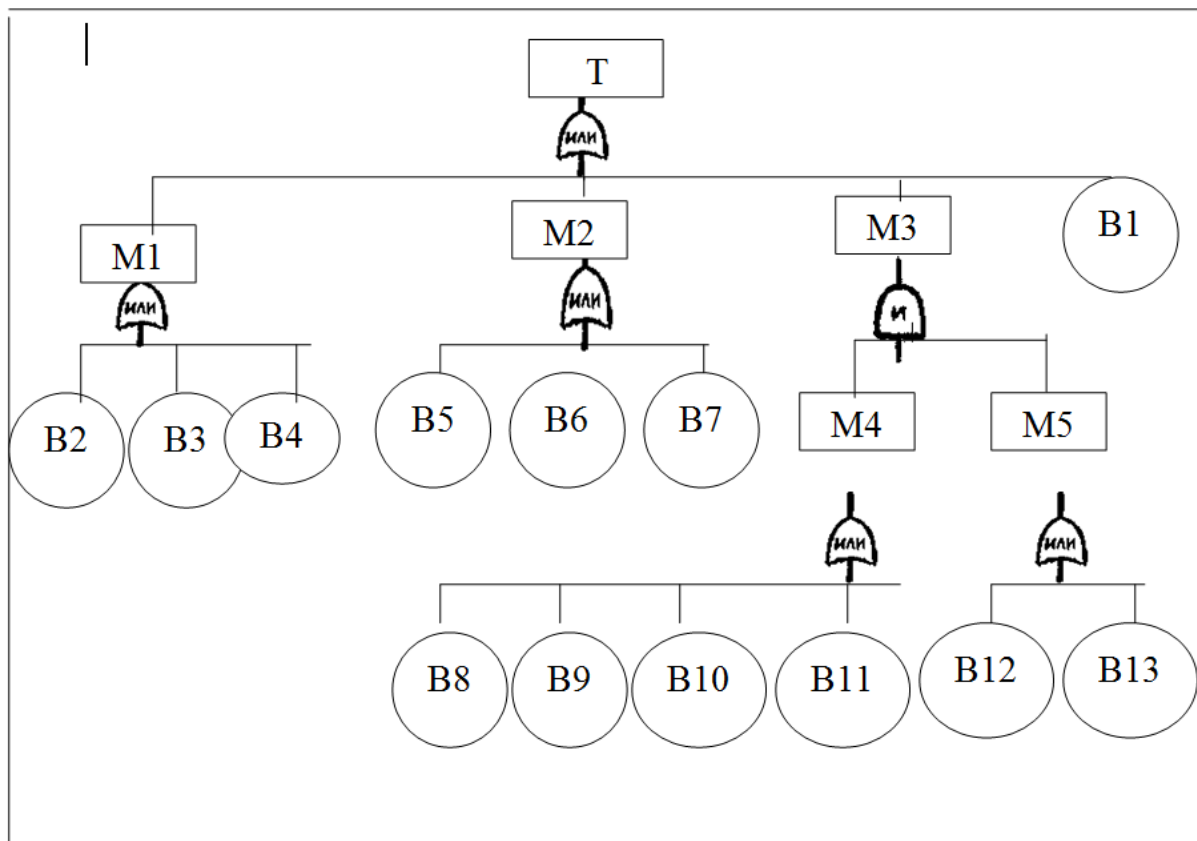


Рис. 8.2. Полное дерево отказов

б) В1-Т.

7) Для всех вариантов преимущества:

- наглядность;
- возможность логически обоснованного выявления всех возможных причин возникновения главного события;
- возможность выявления непосредственной причины возникновения неполадок для их устранения;
- возможность классификации событий по степени опасности возникновения главного события;
- возможность экстраполяции на другие подобные системы;
- возможность исключить из рассмотрения события, развитие которых не представляет интереса;

Для всех вариантов недостатки:

- не учитывается степень опасности событий одной группы, невозможно выявить главные источники опасности;
- не показаны способы устранения либо предупреждения наступления различных событий;
- метод не дает возможность учета того, что одно событие может привести к нескольким последствиям.

Вариант 2. FTA. Система сжатого воздуха

1)

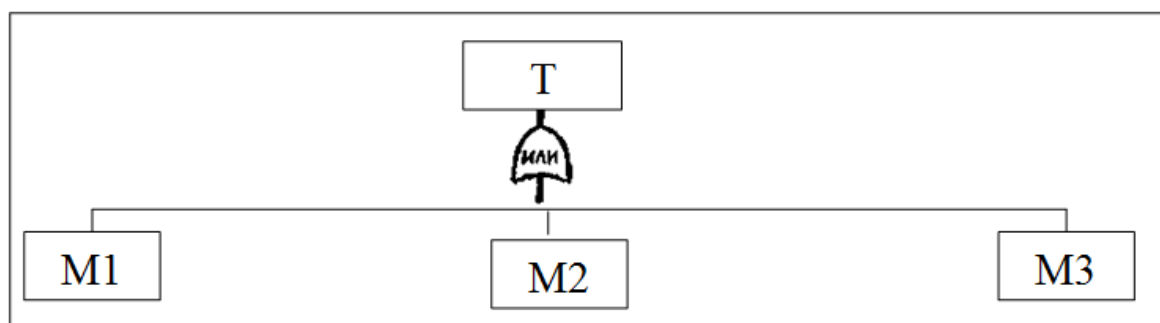


Рис. 8.3. Простое дерево отказов

2) Минимальное число событий равно двум, например В2-М2.

3) $P(T) = P(B1 \times (B8 + B9 + (B10 + B11 + B12)) + (B2 + B3 + B4) + (B5 + B6 + B7)) = 5 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

4) Особое внимание необходимо обратить на наиболее чувствительные к отклонениям параметры системы, а именно на события В2-В7.

5)

Таблица 8.2. Иницирующие события

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, год ⁻¹
1	2	3
М1	Разрыв компрессора из-за превышения давления	$1,1 \cdot 10^{-4}$
М4	Противоток на линии разгрузки хлора	$1,1 \cdot 10^{-2}$
В1	Вентиль выхода сжатого воздуха	$2 \cdot 10^{-1}$
М5	Утечка сжатого воздуха из вентиля	$8,2 \cdot 10^{-3}$
В8	Низкая подача/отсутствие подачи из компрессора	$2 \cdot 10^{-3}$
В9	Железнодорожная цистерна переполнена поставщиком	$1 \cdot 10^{-3}$
В10	Протечки вентиля выхода в атмосферу	$5 \cdot 10^{-3}$
В11	Оператор не полностью закрыл/неосторожно открыл вентиль выхода в атмосферу (на подсоединительном шланге)	$3 \cdot 10^{-2}$
В12	Повреждение прокладок, уплотнителей или сальников	$2 \cdot 10^{-4}$
М2	Механическое повреждение компрессора	$3,3 \cdot 10^{-5}$

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, год ⁻¹
В2	Воспламенение от удара	$3 \cdot 10^{-4}$
В3	Внешнее воздействие	$1 \cdot 10^{-5}$
В4	Внешнее возгорание	$2 \cdot 10^{-3}$
М3	Коррозия	$3,5 \cdot 10^{-4}$
В5	Вода в самом хлоре, поставляемом поставщиком	$3 \cdot 10^{-3}$
В6	Дождевая вода в местах подсоединения вентилей ж/ц	$2 \cdot 10^{-4}$
В7	Оператор подает на привод ж/ц обычный воздух из вентиляции, а не обезвоженный из компрессора	$3 \cdot 10^{-4}$

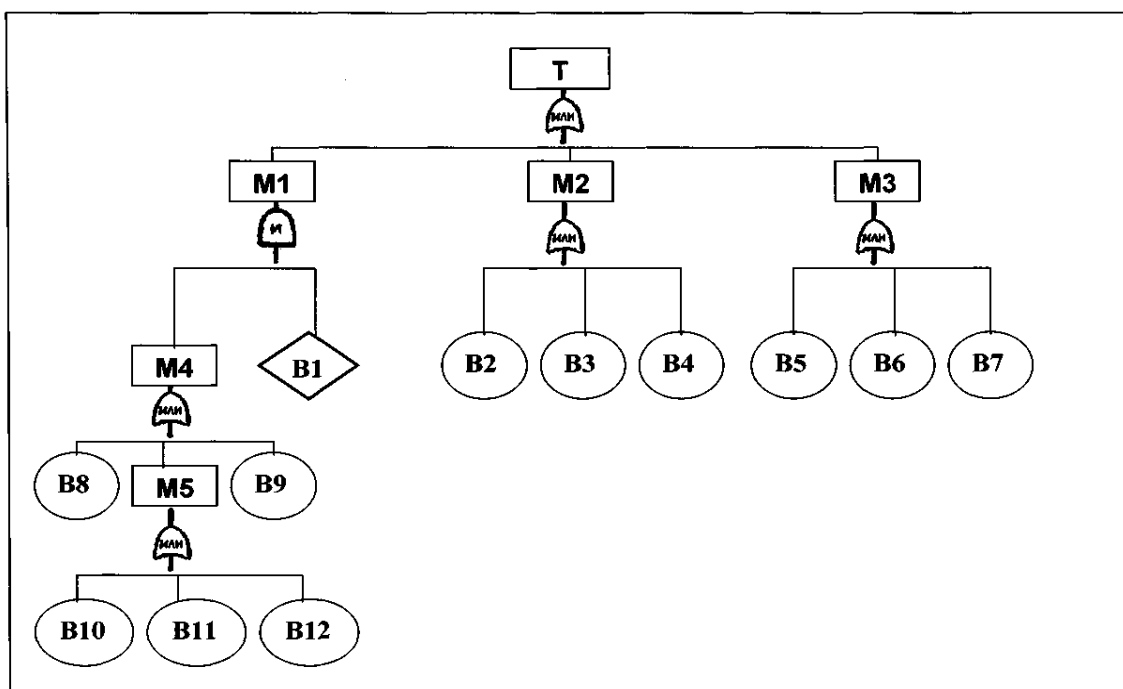


Рис. 8.4. Полное дерево отказов

6) (B2-B4)-M2-T, (B5-B7)-M3-T.

Вариант 3. FTA. Поступление пара в испаритель

1)

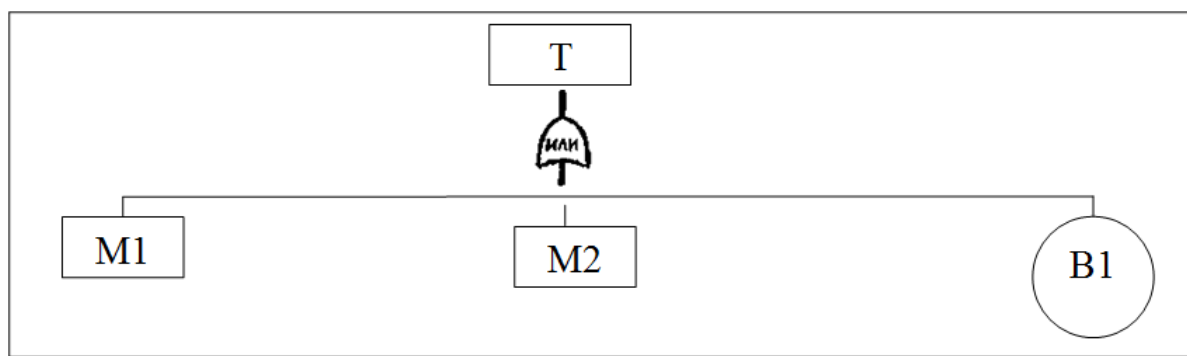


Рис. 8.3. Простое дерево отказов

2) Минимальное число событий равно одному, В1.

3) $P(T)=P(V1+(V5+V6+V7)+(V2+V3+V8) \times (V9+V10))= 3,5 \times 10^{-2} \text{ год.}^{-1}$

4) Особое внимание необходимо обратить на наиболее чувствительные к отклонениям параметры системы (на события В1, В2-В3, В5-В7).

5)

Таблица 8.3. Иницирующие события

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, год ⁻¹
М1	Разрыв труб испарителя из-за высокого давления	$3 \cdot 10^{-2}$
В2	Оператор забыл закрыть вентиль подачи в систему нейтрализации	$1 \cdot 10^{-2}$
В3	Оператор не смог закрыть вентиль подачи в систему нейтрализации	$2 \cdot 10^{-1}$
М3	Накопление жидкого хлора	$1,8 \cdot 10^{-4}$
М4	Низкая температура	$6 \cdot 10^{-3}$
В4	Оператор не остановил подачу хлора	$1 \cdot 10^{-3}$
В5	Отключение испарителей хлора	$5 \cdot 10^{-3}$
В6	Оператор не смог открыть вентиль	$3 \cdot 10^{-2}$
М2	Коррозия	$2,3 \cdot 10^{-3}$
В7	Линия не достаточно дренируется и очищается после обслуживания	$2 \cdot 10^{-3}$
В8	Высокая концентрация воды в железнодорожной цистерне с хлором	$3 \cdot 10^{-4}$
В9	Кислотная коррозия, вызванная высокой концентрацией воды	$1 \cdot 10^{-5}$

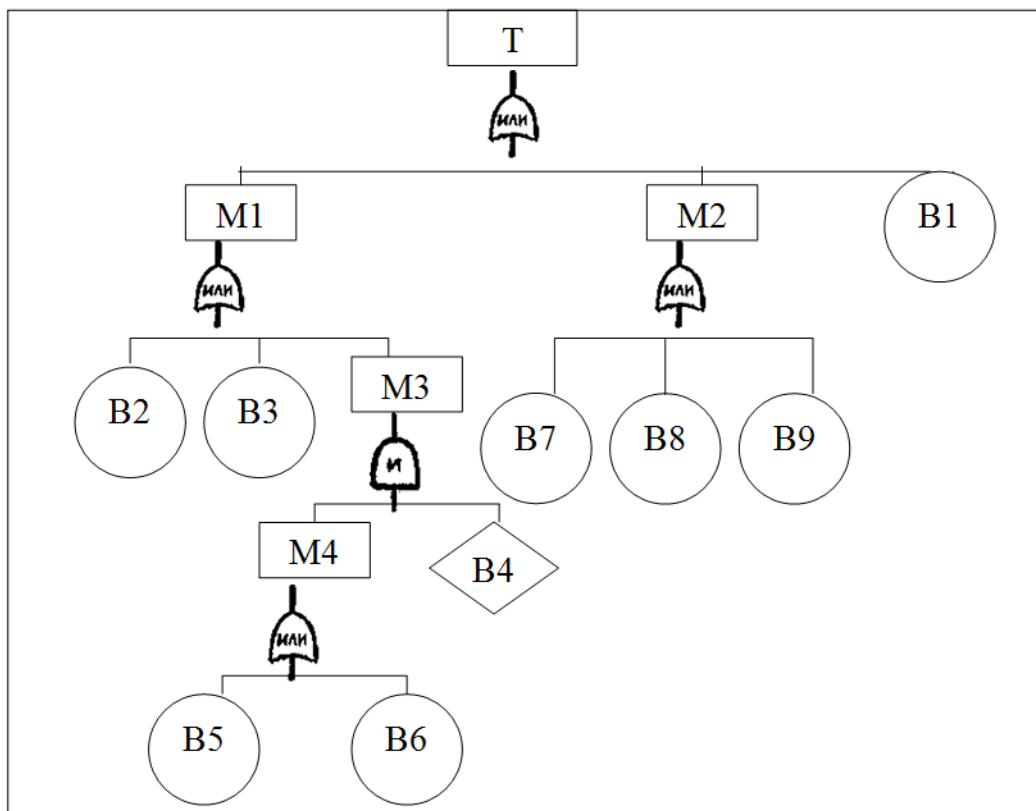


Рис. 8.6. Полное дерево отказов

6. B1-T.

Вариант 4. FTA. Испарители и газопроводы

1.

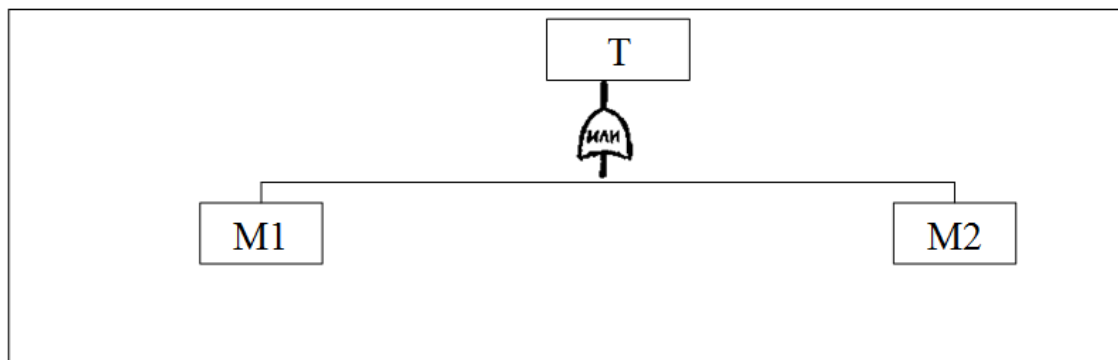


Рис. 8.7. Простое дерево отказов

2. Минимальное число событий равно двум, В1-М1.

3. $P(T)=P(V1 \times (V2+V3+V4+V5)+V6+V7+V8+V9+V10)= 1,01 \times 10^{-2} \text{ год}^{-1}$.

4. Особое внимание необходимо обратить на наиболее чувствительные к отклонениям параметры системы, а именно на события В6, В7.

5.

Таблица 8.4. Иницирующие события

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, год ⁻¹
М1	Повреждение испарителя	$1,2 \cdot 10^{-4}$
В1	Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления	$1 \cdot 10^{-2}$
М3	Высокое давление	$1,2 \cdot 10^{-2}$
В2	Высокое давление в ж/ц с хлором	$1 \cdot 10^{-3}$
В3	Высокая подача газообразного хлора на линию отбеливания	$6 \cdot 10^{-3}$
В4	Отказ вентилей регулировки давления при закрытии или их переход в открытое положение	$1 \cdot 10^{-3}$
В5	Оператор не смог открыть или ошибочно закрыл вентиль в системе подачи пара	$5 \cdot 10^{-3}$
М2	Повреждение труб	$1 \cdot 10^{-2}$
В6	Повреждения прокладок, уплотнений или сальников	$2 \cdot 10^{-3}$
М4	Кислотная коррозия в результате высокой концентрации воды	$5 \cdot 10^{-3}$

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, год ⁻¹
B7	Повреждение оголовка трубы	$3 \cdot 10^{-3}$
B8	Испаритель некорректно дренируется и очищается после периодического обслуживания испарителя	$1 \cdot 10^{-3}$
B9	Высокая концентрация воды в газообразном хлоре, подающимся на линию отбеливания	$2 \cdot 10^{-3}$
B10	Высокая концентрация воды на линии разгрузки хлора	$2 \cdot 10^{-3}$

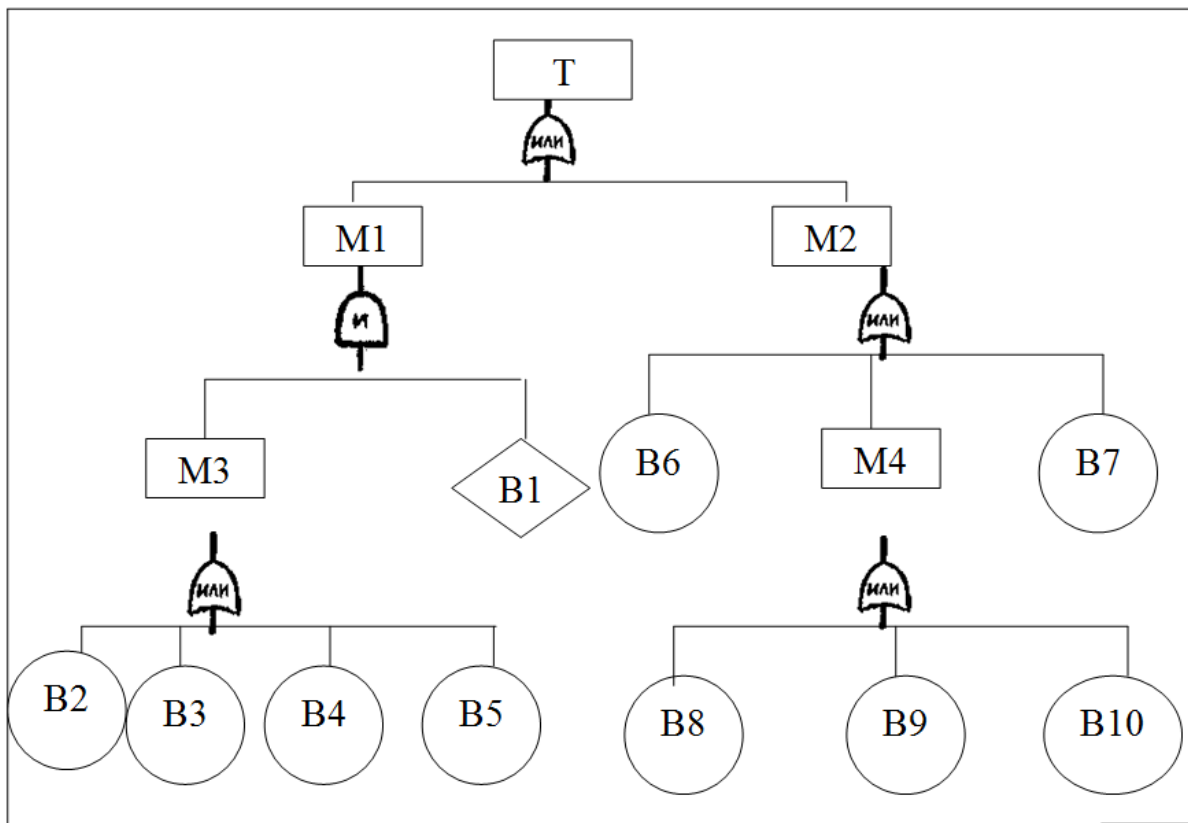


Рис. 8.8. Полное дерево отказов

6. B6-M2-T.

Вариант 5. FTA. Поступление газообразного хлора на линию отбеливания «А»

1.

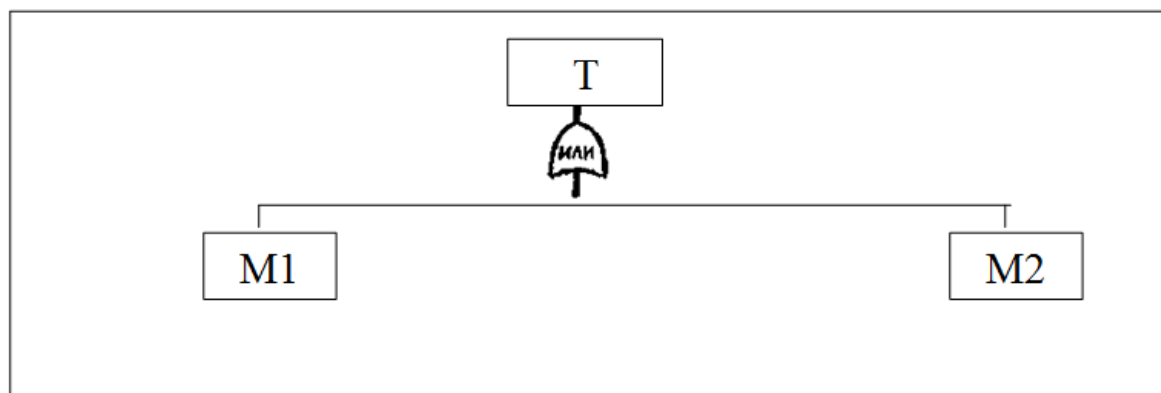


Рис. 8.9. Простое дерево отказов

2. Минимальное число событий равно двум, В7-М2.
3. $P(T)=P((B1+B2+B3+B4)+(B5+B6)+(B7+B8))= 5 \times 10^{-2} \text{ год}^{-1}$.
4. Особое внимание необходимо обратить на наиболее чувствительные к отклонениям параметры системы, а именно на события В7-В8.
- 5.

Таблица 8.5. Иницирующие события

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, год ⁻¹
М1	Избыток хлора во время процесса отбеливания	$3 \cdot 10^{-2}$
М3	Высокое давление	$1,8 \cdot 10^{-2}$
В1	Неполадки в вентилях регулировки давления при закрытии или их переход в открытое положение	$1 \cdot 10^{-2}$
В2	Неполадки в вентилях регулировки давления при закрытии или их переход в открытое положение	$1 \cdot 10^{-3}$
В3	Высокая подача газообразного хлора на линию отбеливания	$6 \cdot 10^{-3}$
В4	Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления	$1 \cdot 10^{-3}$
М4	Неполадки в системе нейтрализации	$1,2 \cdot 10^{-2}$
В5	Оператор забыл закрыть или ошибочно открыл входной вентиль системы нейтрализации	$1 \cdot 10^{-2}$
В6	Подтекание входного вентиля системы нейтрализации	$2 \cdot 10^{-3}$

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, год ⁻¹
М2	Кислотная коррозия в результате высокой концентрации воды	$4 \cdot 10^{-2}$
В7	Линия недостаточно осушается и очищается после обслуживания	$3 \cdot 10^{-3}$
В8	Высокая концентрация воды в испарителе	$1 \cdot 10^{-3}$

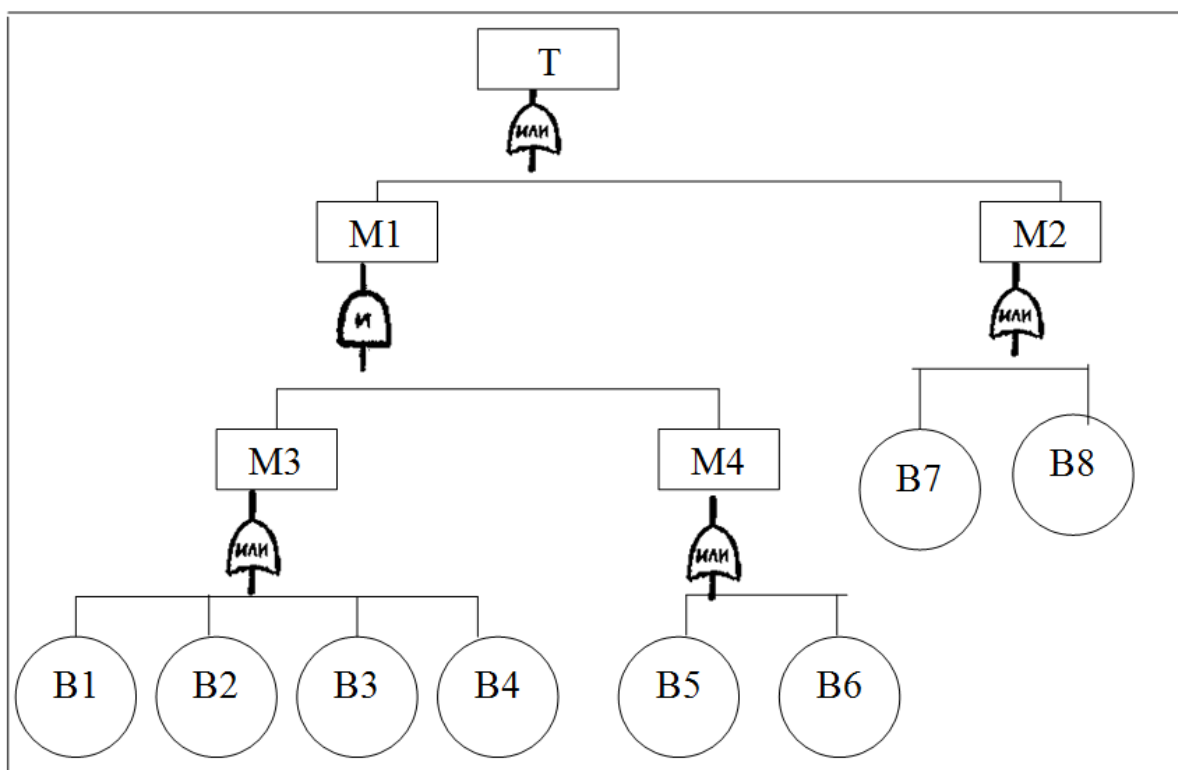


Рис. 8.10. Полное дерево отказов

6. В7-М2-Т.

Указатель сокращений

ж/ц – железнодорожная цистерна
ЗВ – загрязняющие вещества
ОВ – органические вещества
ОЗВ – органические загрязняющие вещества
ОС – окружающая среды
ПКП – программируемый контролер прерывания
СИЗ – средства индивидуальной защиты

Технический редактор С.В. Борисова

Подписано в печать 18.10.2013 г.

Заказ № 395. Усл. печ. л. 3,5.

На 1 CD диске с этикеткой. Тираж 10 экз.

Тверской государственный университет

Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33

Редакционно-издательское управление

Тел. РИУ: (4822) 35-60-63

Управление интеллектуальной собственности

Тел. УИС: (4822) 34-74-70