

Регистрационный номер, присваиваемый Центральным аппаратом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к декларации промышленной безопасности
опасного производственного объекта
«Корпус 502б. Производство неконцентрированной
азотной кислоты мощностью 510 тыс. тонн в год
на базе 1-4 агрегатов УКЛ-7-76»
ПАО «КуйбышевАзот»
РФ, г. Тольятти, Самарская область**

2024 г.

Информация, содержащаяся в настоящем документе, является конфиденциальной и не может использоваться и передаваться третьему лицу без письменного разрешения ОАО «ГИАП»



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
АЗОТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И
ПРОДУКТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА» (ОАО «ГИАП»)**

Ассоциация в области архитектурно-строительного проектирования «Саморегулируемая организация «Совет проектировщиков»
Регистрационный номер записи в государственном реестре саморегулируемых организаций СРО-П-011-16072009
Выписка из реестра членов саморегулируемой организации Ассоциация «СРО «Совет проектировщиков»

Инв. № _____

ПАО «КУЙБЫШЕВАЗОТ»

**КОРПУС 502Б. ПРОИЗВОДСТВО НЕКОНЦЕНТРИРОВАННОЙ
АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ МОЩНОСТЬЮ 510 ТЫС. ТОНН В ГОД НА
БАЗЕ 1-4 АГРЕГАТОВ УКЛ-7-76**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 13. Иная документация в случаях,
предусмотренных законодательными и иными нормативными
правовыми актами Российской Федерации**

**Подраздел 1. Декларация промышленной безопасности
опасных производственных объектов**

Часть 2. Расчетно-пояснительная записка

33770.24.05-502б – ДПБ1.2

Том 13.1.2

2024 г.



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
АЗОТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И
ПРОДУКТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА» (ОАО «ГИАП»)**

Ассоциация в области архитектурно-строительного проектирования «Саморегулируемая организация «Совет проектировщиков»
Регистрационный номер записи в государственном реестре саморегулируемых организаций СРО-П-011-16072009
Выписка из реестра членов саморегулируемой организации Ассоциация «СРО «Совет проектировщиков»

ПАО «КУЙБЫШЕВАЗОТ»

**КОРПУС 502Б. ПРОИЗВОДСТВО НЕКОНЦЕНТРИРОВАННОЙ
АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ МОЩНОСТЬЮ 510 ТЫС. ТОНН В ГОД НА
БАЗЕ 1-4 АГРЕГАТОВ УКЛ-7-76**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 13. Иная документация в случаях,
предусмотренных законодательными и иными нормативными
правовыми актами Российской Федерации**

**Подраздел 1. Декларация промышленной безопасности
опасных производственных объектов**

Часть 2. Расчетно-пояснительная записка

33770.24.05-5026 – ДПБ1.2

Том 13.1.2

Взам. инв.№	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	XXXXXX

Директор по проектированию

А.Н. Овечкин

Главный инженер проекта

Ю.Б. Слизовский

2024 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	Сведения о технологии	4
1.1	Сведения об опасных веществах.....	4
1.2	Данные о технологии и аппаратурном оформлении	15
1.2.1	Принципиальная технологическая схема с обозначением основного технологического оборудования, указанием направлений потоков опасных веществ и отсекающей арматуры и кратким описанием технологического процесса	15
1.2.2	Планы размещения основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества производства неконцентрированной азотной кислоты на агрегатах УКЛ-7-76 №3,4.....	30
1.2.3	Перечень основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества.....	35
1.2.4	Данные о распределении опасных веществ по оборудованию.....	40
1.3	Описание технических решений по обеспечению безопасности.....	45
1.3.1	Описание решений, направленных на исключение разгерметизации оборудования и предупреждение аварийных выбросов опасных веществ.....	45
1.3.2	Решения, направленные на предупреждение развития промышленных аварий и локализацию выбросов опасных веществ.....	46
1.3.3	Описание решений, направленных на обеспечение взрыво-.....	50
	пожаробезопасности	50
1.3.4	Описание систем автоматического регулирования, блокировок, сигнализации и других средств обеспечения безопасности	51
	Анализ риска	56
2.1	Анализ известных аварий.....	56
2.1.1	Перечень аварий и обобщенные данные об инцидентах, имевших место на декларируемом объекте	56
2.1.2	Перечень наиболее опасных по последствиям аварий, имевших место на других аналогичных объектах, или аварий, связанных с обращающимися опасными веществами	57

2.1.3 Анализ основных причин произошедших аварий	65
2.2 Анализ условий возникновения и развития аварий	68
2.2.1 Определение возможных причин возникновения аварий и факторов, способствующих возникновению и развитию аварий.....	68
2.2.2 Определение сценариев аварий с участием опасных веществ	76
2.2.3 Обоснование применяемых физико-математических моделей и методов расчета.....	88
2.2.4 Оценка количества опасных веществ, участвующих в аварии	94
2.2.5 Расчет вероятных зон действия поражающих факторов	97
2.2.6 Оценка возможного числа пострадавших.....	99
2.2.7 Оценка возможного ущерба	99
2.3 Оценка риска аварий, включающая данные о вероятности аварий, показателях риска причинения вреда работникам декларируемого объекта и физическим лицам.....	103
Выводы и предложения.....	109
3.1. Перечень составляющих (производственных участков) декларируемого объекта с указанием рассчитанных показателей риска аварии.....	109
3.2. Сравнительный анализ рассчитанных показателей риска аварии на декларируемом объекте со среднестатистическими показателями риска техногенных происшествий и/или критериями приемлемого риска	110
3.3 Предложения по внедрению мер, направленных на уменьшение риска аварии.....	111
Список использованных источников.....	115

1 СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ

1.1 Сведения об опасных веществах

Продуктом производства является неконцентрированная азотная кислота концентрацией 57%, в процессе производства используется аммиак, природный газ.

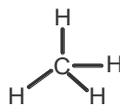
Наименование и характеристики опасных веществ, обращающихся на опасном производственном объекте «Корпус 502б. Производство неконцентрированной азотной кислоты мощностью 510 тыс. тонн в год на базе 1-4 агрегатов УКЛ-7-76» учитываемых при идентификации декларируемого объекта, приведены ниже - Таблица 1.

Таблица 1 - Характеристика опасных веществ

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
Аммиак			
1	Название вещества		
1.1	Химическое	Аммиак	/1.39/
1.2	Торговое	Аммиак марки А, Ак, Б	/1.39/
2.	Вид	Бесцветный газ с удушливым резким запахом	/1.39/
3.	Формула	NH ₃	/1.39/
3.1	Эмпирическая		
3.1	Структурная	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{N} \\ \diagup \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} $	
2			
4.	Состав, %: вес.		/1.39/
4.1	Основной продукт, не менее	99,9	
4.2	Примеси: вода, не более	0,1	
5.	Физические свойства:		/1.39/
5.1	Молекулярный вес	17,03	
5.2	Температура кипения, °С (при давлении 101 кПа)	минус 33,4	
5.3	Плотность при 20 °С, кг/м ³ (при давлении 101 кПа)	610	
5.4	Плотность по воздуху	0,597	

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
6.	Взрывоопасность:	Аммиачно-воздушная смесь относится по взрывоопасности к категории IIА, группе Т1	паспорт безопасности
6.1	Температура самовоспламенения, °С	630	
6.2	Пределы воспламенения, % (об.)	15÷33,6	
7.	Токсическая опасность:	4 класс опасности	/1.39/
7.1	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	20	
7.2	ПДК в атмосферном воздухе, мг/м ³	0,2 максимально разовая. (0,04 среднесуточная)	
7.3	ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л	1,5	
7.4	Пороговая токсодоза РСt50, мг мин/л	15	
7.5	Летальная токсодоза LCt50, мг мин/л	150	паспорт безопасности
7.6	Порог восприятия обонянием, мг/м ³	0,50-0,55	
7.7	Концентрация, опасная для жизни, мг/м ³	350-700	
8.	Реакционная способность	Реакционноспособное соединение. Распространенный тип реакций присоединения – образование аммиакатов при действии газообразного или жидкого аммиака на соли. Аммиак реагирует с серой, галогенами, углем, СО ₂ и др. Контакт с ртутью, хлором, бромом, йодом, кальцием, окисью серебра может привести к образованию взрывчатых веществ.	/2.7/
9.	Запах	Резкий удушливый запах	
10.	Коррозионная активность	Щелочные и щелочноземельные металлы реагируют с жидким и газообразным аммиаком, образуя в зависимости от условий нитриды (Na ₃ N) или амиды (NaNH ₂). Растворяет резину.	/2.7/

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
		Стали в жидком аммиаке, с содержанием воды менее 0,2%, в присутствии воздуха или двуокиси углерода могут подвергаться коррозионному растрескиванию.	
11.	Меры предосторожности	Обеспечение герметичности технологического оборудования; помещения, где проводятся работы, должны иметь вытяжную вентиляцию. При утечке аммиака из оборудования следует предусматривать поглощение паров аммиака водой. При работе с аммиаком следует использовать средства индивидуальной защиты.	/1.39/
12.	Воздействие на людей и окружающую среду, в т.ч. от поражающих факторов аварии	Аммиак обладает резко выраженным раздражающим действием. При малых концентрациях вызывает слезотечение и резкий удушливый кашель, при больших концентрациях вызывает острое раздражение глаз, ожоги слизистых оболочек, удушье, головокружение. Жидкий аммиак при попадании на кожные покровы человека вызывает сильные ожоги, а его пар – эритемы кожи.	/2.7/
13.	Средства защиты	Фильтрующие и изолирующие противогазы, непроницаемые для аммиака костюмы, перчатки и др. средства индивидуальной защиты. На складах должны быть фонтанчики для промывания глаз и души с большим напором воды для промывания кожи в случаях попадания аммиака.	/1.39/
14.	Меры первой помощи пострадавшим от воздействия поражающих факторов при аварии	При попадании в глаза обильно смыть водой, при резких болях закапать 1÷2 капли 1% раствора новокаина, или 30% раствора альбucidа; при отравлении через дыхательные пути – свежий	/1.39, 2.7/

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
		воздух, пить теплое молоко с содой, успокаивающие средства. При остановке или при нарушении дыхания – искусственное дыхание	
15.	Методы перевода вещества в безвредное состояние	Разбавление водой. Нейтрализуется углекислотой	/1.39/
Природный газ горючий			
1	Наименование вещества:		
1.1	Химическое	Метан	/2.2/
1.2	Торговое	Природный газ горючий	
2	Вид	Бесцветный газ	/2.2/
3	Химическая формула:		
3.1	Эмпирическая	CH ₄	/1.40/
3.2	Структурная		/1.40/
4	Состав, %: вес.		/1.40/
4.1	Основной продукт (метан), не менее	99,9 вес. %	
4.2	Примеси:		
	этан C ₂ H ₆	0,05 - 7,40	
	пропан C ₃ H ₈	0,01-5,31	
	бутан C ₄ H ₁₀	0,003 - 2,05	
	пентан C ₅ H ₁₂	0,001 - 1,90	
5	Физические свойства:		
5.1	Молекулярный вес	16,04	
5.2	Температура кипения, °С	минус 161,58	
5.3	Плотность при 20°С, кг/м ³	0,7168	
6	Взрывоопасность:	Образовывает взрывоопасные смеси с воздухом. Категория и группа взрывоопасной смеси IIA	/1.40/
6.1	Температура вспышки, °С	T1	
	Температура самовоспламенения, °С	-187,9	
		537,8	
6.2	Концентрационные пределы распространения пламени, %(об.)	5-15	
7	Токсическая опасность:	4 класс опасности	/1.40/
7.1	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	7000	

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
7.2	ОБУВ в атмосферном воздухе, мг/м ³	50	
8	Реакционная способность	Химически инертен, в воде почти нерастворим (0,003308 г в 100 мл при 20°C), растворим в углеводородах; с воздухом образует взрывоопасные смеси (особенно в соотношении 1:10); горит бледным синеватым пламенем; сгорает нацело с образованием двуокиси углерода и паров воды	/1.40/
9	Запах вещества	Без запаха	/1.40/
10	Коррозионная активность	Коррозионного воздействия не оказывает	/1.40/
11	Меры предосторожности	Герметизация оборудования; для предупреждения взрыва при аварийном истечении газа и тушения факела в закрытых объемах использовать смесь с минимальной концентрацией, % объемн: аргона 52, гелия 40, азота 39, двуокиси углерода 26. Вентиляция производственных помещений.	/1.40/
12	Воздействие на людей и окружающую среду, в том числе от поражающих факторов аварии	Оказывает слабое наркотическое действие. При длительном воздействии - вызывает головную боль. При содержании в воздухе 25-29% об. вызывает удушье. При горении и взрыве люди могут получить термические ожоги; симптомы: при ожогах кожи имеются интенсивные боли в пораженной области. Безопасен для окружающей среды.	/1.40/
13	Средства защиты	Фильтрующий противогаз марки А; изолирующие шланговые противогазы ПШ-1, ПШ-2, ДПА-5 и др.	/1.40/
14	Методы перевода вещества в безвредное состояние	Не допускать образования взрывоопасных смесей с воздухом (особенно 1:10) и кислородом	/1.40/

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
15	Меры первой помощи пострадавшим от воздействия вещества	При утечке газа в помещении: немедленно покинуть помещение, обеспечить доступ свежего воздуха, покой, тепло, свободу дыхания. При потере сознания придать горизонтальное положение со слегка опущенной головой, давать вдыхать нашатырный спирт. При нарушении дыхания – искусственное дыхание «изо рта в рот». При термических ожогах: на догоспитальном этапе следует срочно прекратить действие на пострадавшего высокой температуры, дыма, токсических продуктов горения, а также снять с него одежду; при ожогах лица, верхних дыхательных путей удаляют слизь из ротоглотки, вводят воздуховод; после выноса пострадавшего в безопасную зону ему вводят раствор промедола или омнопона, накладывают на обожженную поверхность сухую ватно-марлевую повязку.	/1.40/
Кислота азотная (неконцентрированная)			
1	Наименование вещества:		/1.41/
1.1	Химическое	Азотная кислота	
1.2.	Торговое	Кислота азотная неконцентрированная	
2	Вид	Прозрачная бесцветная или слегка окрашенная в желтый цвет жидкость без механических примесей	
3	Химическая формула:		
3.1	Эмпирическая	HNO_3	
3.2	Структурная	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H} - \text{O} - \text{N} \\ // \\ \text{O} \end{array}$	
4	Состав, %: вес.		
4.1	Основной продукт, не менее	57	
4.2	Примеси		

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
	Массовая доля оксидов азота, %, не более Массовая доля остатка после прокаливания, %, не более	0,07 0,004	
5	Физические свойства:		/1.41/
5.1	Молекулярный вес	63,012	
5.2	Температура кипения, °С (при давлении 101 Кпа)	122	
5.3.	Плотность при 20°С, кг/м ³	1351	
6	Взрывоопасность:	Негорючая пожароопасная жидкость	/1.41/
7	Токсическая опасность:	3 класс опасности	
7.1	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	2	
8	Реакционная способность	Сильный окислитель. Неограниченно растворима в воде, при растворении выделяет тепло, гигроскопична	/1.41/
9	Запах	Колющий	
10	Коррозионная активность	Коррозионно активное вещество	/1.41/
11	Меры предосторожности	Герметичность технологического оборудования; соблюдение общих гигиенических требований к организации технологических процессов; помещения, где проводятся работы, должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию.	
12	Воздействие на людей и окружающую среду, в том числе от поражающих факторов аварии	При попадании на кожу вызывает ожоги. Пары раздражают верхние дыхательные пути, вызывают конъюнктивиты, поражают роговицы глаз и вызывают разрушение зубов	/1.41/
13	Средства защиты	Защитные очки, резиновые перчатки и сапоги, промышленные противогазы с фильтрующе-поглощающими коробками марок БКФ, В, М	/1.41/
14	Методы перевода вещества в безвредное состояние	При проливах неконцентрированной азотной кислоты нейтрализацию её следует проводить кальцинированной или каустической содой. После чего произвести смыв продуктов нейтрализации большим количеством воды.	/1.41/
15	Меры первой помощи пострадавшим от воздействия вещества	При ингаляционном воздействии свежий воздух, чистая одежда, покой, тепло. При попадании внутрь-прополоскать рот 2% раствором питьевой соды, известковое молоко,	/1.41/

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
		взбитые яичные белки. При попадании на кожу – промыть 2% раствором питьевой соды, асептическая повязка. При попадании в глаза - промыть 2% раствором питьевой соды или большим количеством воды в течение 15 мин.	
Нитрозный газ			
1	Наименование вещества:	Нитрозный газ	
2	Вид	Бесцветный газ	
3	Химическая формула:	NO, NO ₂	
4	Состав, %: вес.		
4.1	NO	1,973	
4.2	NO ₂	7,972	
4.3	N ₂ O ₄	0,002	
4.4	O ₂	1,868	
4.5	N ₂	71,319	
4.6	H ₂ O	16,866	
5	Физические свойства:		
5.1	Молекулярный вес	NO - 30 NO ₂ - 46	
5.2	Температура кипения, °С (при давлении 101 Кпа)	NO – минус 151,7 NO ₂ – 20,7	/2.6/
5.3.	Плотность при 20°С, кг/м ³	NO – 1,34 NO ₂ – 3,3	
6	Взрывоопасность:	Взрывопожаробезопасен	
7	Токсическая опасность:	3 класс опасности	
7.1	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	5 (по NO ₂)	
8	Реакционная способность	Оксид азота NO вступает в реакции присоединения с рядом солей (нитрозосоли), с галогенами (нитрозилхлорид NOCl), органическими соединениями. При обычной температуре NO соединяется с кислородом с образованием NO ₂ ; диоксид азота NO ₂ при взаимодействии с водой NO ₂ , N ₂ O ₄ растворяются в ней с образованием HNO ₃ и малоустойчивой HNO ₂ , сильный окислитель	/2.26/
9	Запах	Резкий, удушливый	
10	Коррозионная активность	Оказывает сильное коррозионное воздействие на металл	/2.26/
11	Меры предосторожности	Герметичность технологического оборудования; соблюдение общих гигиенических требований к организации технологических процессов; помещения, где проводятся	/2.6/

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
		работы, должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию.	
12	Воздействие на людей и окружающую среду, в том числе от поражающих факторов аварии	Воздействие на людей: нитрозные газы (кроме N ₂ O) вызывают при ингаляции химические ожоги в области дыхательных путей (образование азотистой и азотной кислот); вместе с выбросом гистамина это приводит к отеку голосовых связок и легких. После всасывания возможно образование метгемоглобина, появляются нарушения со стороны центральной нервной системы; воздействие на окружающую среду: при воздействии нитрозных газов незначительных концентраций на хвое и листьях появляются частично цветочные изменения, а при кратковременном воздействии больших доз вызывается ухудшение эпидермы растений	/2.6/
13	Средства защиты	Промышленный противогаз с фильтрами «ДОТ», защитные очки, спецодежда	/2.6/
14	Методы перевода вещества в безвредное состояние	Сжигание, рассеивание	/2.6/
15	Меры первой помощи пострадавшим от воздействия вещества	Свежий воздух, покой, тепло; транспортировка только в лежачем положении; при угрозе развития отека легких — 20 % глюконат кальция внутривенно (медленно); при отеке легких — фуросемид; при удушье, вызванном рефлекторным бронхоспазмом, атропин или эфедрин; при попадании газов в глаза — немедленное промывание проточной водой в течение 15 минут при раскрытой глазной щели, затем местный анестетик; при поражении кожи — помощь как при ожогах	/2.6/
Масло турбинное			
1	Наименование вещества:	Масло турбинное (Тп-22)	/1.42/
2	Вид	Вязкая жидкость	
3	Состав, %: вес.		
3.1	сера, не более	0,3	
3.2	вода	-	
4	Физические свойства:		
4.1	Плотность при 20°С, кг/м ³	875	

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
5	Взрывоопасность:	Горючая жидкость	
5.1	температура вспышки, °С	186	
5.2	температура самовоспламенения, °С	400	
5.3	температурные пределы распространения пламени, °С	148-182	
6	Токсическая опасность:	пары - 4-й класс опасности аэрозоль – 3-й класс опасности	
6.1	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	300	
6.2	Температурные пределы распространения пламени, °С	5	
7	Реакционная способность	При нормальных условиях с воздухом и водой не реагирует	/1.42/
8	Запах	Нефтепродуктов	
10	Коррозионная активность	Слабая	/1.42/
11	Меры предосторожности	Герметизация оборудования, коммуникаций, арматуры; общеобменная вентиляция; заземление оборудования от накопления статического электричества; исключение источников зажигания; средства индивидуальной защиты персонала; периодические медицинские осмотры персонала	
12	Воздействие на людей и окружающую среду, в том числе от поражающих факторов аварии	Воздействие на людей: в организме человека накапливается в незначительных количествах; одноразовое и многократное действие на неповрежденную кожу вызывает признаки краткосрочных кожно-резорбтивных и местнораздражающих действий, оказывает слабое раздражающее действие на слизистые оболочки глаз; при попадании горячего продукта в глаза возможен ожог; воздействие на окружающую среду: при сгорании - загрязнение атмосферного воздуха оксидами углерода. При аварийных выбросах (проливах) - возможно попадание продукта в почву, загрязнение почвы, грунтовых вод, системы водозабора и источников питьевой воды	/1.42/
13	Средства защиты	Промышленный противогаз с фильтрами «ДОТ», спецодежда	/1.42/
14	Методы перевода вещества в безвредное состояние	При разливе масла в помещении –	/1.42/

№ п/п	Наименование параметра	Параметр	Источник информации
		производится сбор масла в отдельную тару, место разлива протирается сухой тканью; при разливе на открытой площадке - место разлива засыпается песком с последующим его удалением в специально отведенное место	
15	Меры первой помощи пострадавшим от воздействия вещества	При попадании масла на кожу и слизистую оболочку глаз необходимо обильно промыть кожу теплой мыльной водой, слизистую оболочку глаз - теплой водой	/1.42/

1.2 Данные о технологии и аппаратурном оформлении

1.2.1 Принципиальная технологическая схема с обозначением основного технологического оборудования, указанием направлений потоков опасных веществ и отсекающей арматуры и кратким описанием технологического процесса

Объектом строительства являются вновь организуемые агрегаты по производству неконцентрированной азотной кислоты в составе существующей производственной площадке ПАО «КуйбышевАзот».

Технологический процесс получения неконцентрированной азотной кислоты включает следующие основные стадии:

Технологическая схема производства включает в себя следующие основные стадии:

- подготовка и компримирование воздуха – стадия 100;
- подготовка газообразного аммиака – стадия 200;
- подготовка аммиачно-воздушной смеси – стадия 200;
- окисление аммиака и охлаждение нитрозных газов – стадия 200;
- абсорбция оксидов азота – стадия 200;
- каталитическая очистка хвостовых газов от остаточных оксидов азота – стадия 200;
- рекуперация энергии очищенных хвостовых газов – стадии 100 и 200;
- система парообразования и распределения пара.

Технологический процесс представляет собой энерготехнологический цикл с замкнутым энергетическим балансом. Помимо использования тепла экзотермических реакций процесса для подогрева технологических потоков осуществляется рекуперация тепла и энергии сжатия отходящих потоков производства – хвостового газа процесса абсорбции, используемого в газовой турбине, которая является основным приводом газотурбинной установки, подающей воздух в технологический процесс производства.

Исходным сырьем для производства неконцентрированной азотной кислоты являются газообразный аммиак, технологический воздух и конденсат сокового пара (либо кислый конденсат).

Снабжение агрегатов № 3 и № 4 исходным сырьем, энергоресурсами и вспомогательными материалами осуществляется от сетей предприятия ПАО «КуйбышевАзот» через соответствующие системы агрегатов № 1 и № 2 и от вновь проектируемого общецехового оборудования (стадия 800). Подключение агрегатов № 3 и № 4 к потокам, поступающим из сети, и к действующим системам корп. 502б осуществляется на границе с агрегатом № 2. Подключение агрегатов № 3 и № 4 к потокам, поступающим от вновь проектируемого общецехового оборудования (стадия 800), осуществляется на границе с агрегатом № 4.

Неконцентрированная азотная кислота поступает на действующий склад предприятия (корп. 502/2), состоящий из двух хранилищ азотной кислоты емкостью по 700 м³ каждое и насосной, откуда отгружается потребителям предприятия как сырье для производства азотных удобрений – аммиачной селитры, известково-аммиачной селитры (ИАС), карбамидо-аммиачных смесей (КАС).

Побочные продукты при производстве неконцентрированной азотной кислоты не образуются.

Производство неконцентрированной азотной кислоты состоит из следующих технологических блоков, в которых обращаются опасные вещества (см. блок-схема производства – Рисунок 1):

Блок № 1 – Трубопровод природного газа

Блок № № 2/3(4) – Узел подготовки газообразного аммиака

Блок № № 3/3(4) – Отделение конверсии и абсорбции

Блок № № 4 - Теплообменник газообразного аммиака поз. Т-402А

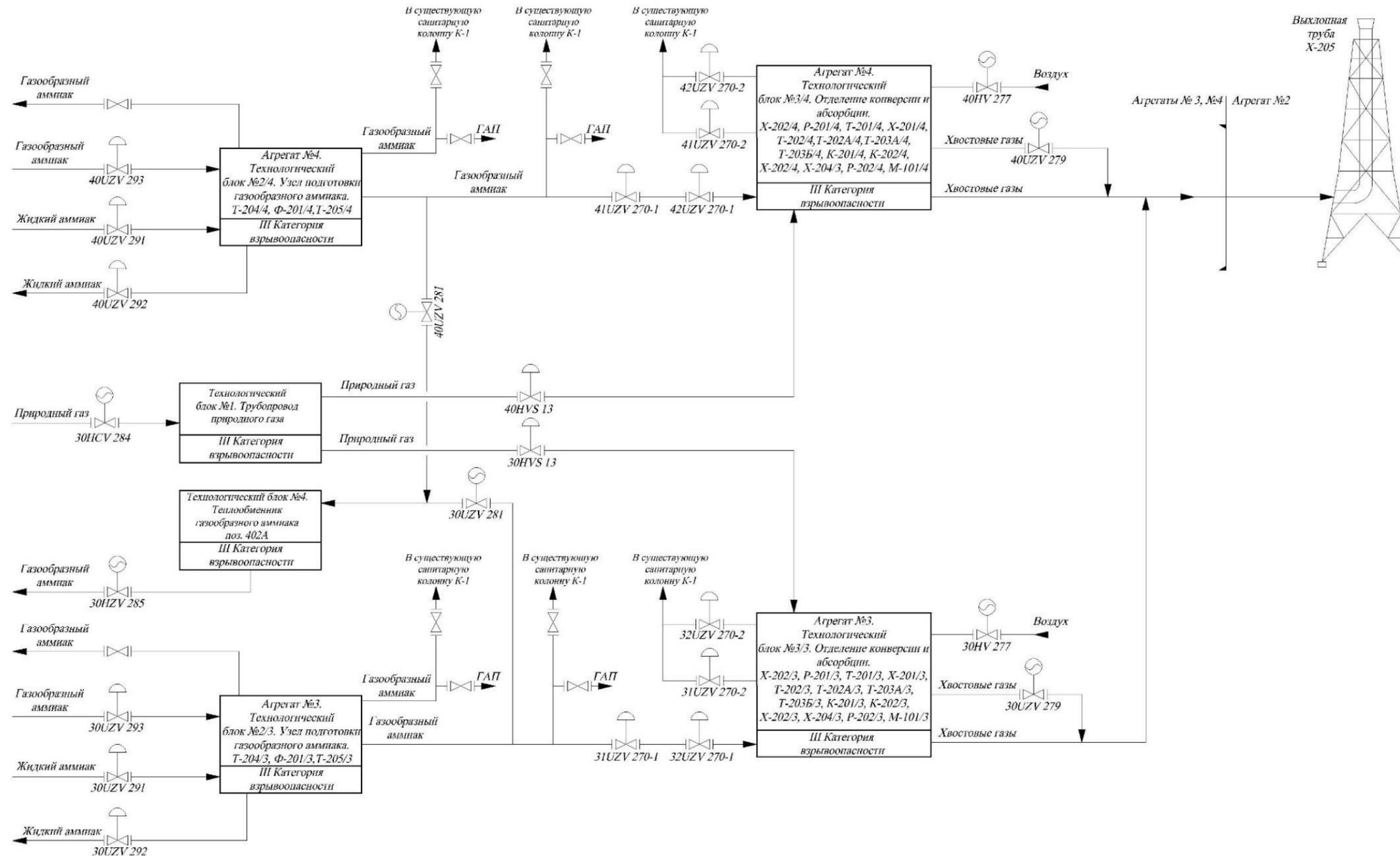


Рисунок 1 – Блок-схема взрывоопасного технологического оборудования производства неконцентрированной азотной кислоты – Агрегаты № 3,4

Краткое описание технологического процесса производства неконцентрированной азотной кислоты

Принципиальные технологические схемы Агрегатов №3,4 производства неконцентрированной азотной кислоты представлены на рисунках 3,4.

1. Подготовка и компримирование воздуха

На данной стадии предусмотрено использование новой газотурбинной установки ГТУ-8, что позволит усовершенствовать энерготехнологическую структуру агрегата УКЛ-7, снизить металлоемкость, энергоемкость, повысить надежность и безопасность эксплуатации.

Атмосферный воздух, являющийся сырьем для производства азотной кислоты, поступает по воздухозаборной трубе в аппарат для очистки воздуха поз. Ф-101/3,4, в котором осуществляется двухступенчатая очистка от пыли и других механических загрязнений, и поступает на всас газотурбинной установки поз. М-101/3,4, подающей воздух на технологический процесс производства. В состав газотурбинной установки ГТУ-8 входят: компрессор, газовая турбина, электростартер, камеры сгорания, маслостанция. система автоматического управления (САУ).

В компрессоре воздух сжимается до давления не более 0,7 МПа (изб). Сжатый воздух от нагнетания компрессора с температурой 290÷300 °С поступает в межтрубное пространство воздухоохладителя поз. Т-101/3,4, в котором происходит охлаждение до температуры 190÷200 °С за счёт передачи тепла от горячего сжатого воздуха, поступающего в межтрубное пространство, к кипящей в трубном пространстве воде. Полученный насыщенный пар с давлением 0,4 МПа используется на вновь проектируемой стадии подготовки питательной воды для котлов-утилизаторов двух проектируемых агрегатов УКЛ-7.

Воздухоохладитель поз. Т-101/3,4 работает в режиме полного заполнения трубок питательной водой, при этом уровень жидкой фазы поддерживается 150 ÷ 200 мм над трубной решеткой испарителя. Испарение питательной воды происходит с зеркала жидкой фазы. Возможный унос капель задерживает сетчатый каплеуловитель.

Основная часть охлажденного сжатого воздуха с температурой 190÷200 °С и избыточным давлением не более 0,7 МПа направляется на конверсию (окисление) аммиака.

Кроме того, сжатый воздух также используется:

- в камерах сгорания газотурбинной установки ГТУ-8 для поддержания процесса горения природного газа;
- в качестве добавочного воздуха в технологии азотной кислоты для повышения степени окисления нитрозного газа;
- в продувочной колонне узла абсорбции поз. К-202/3,4.

Компрессор приводится в движение газовой турбиной, объединенной конструктивно с компрессором на одном валу в силовом корпусе со встроенными в него двумя камерами сгорания. Работа газотурбинного двигателя обеспечивается расширением горячей газовой смеси, состоящей из очищенных хвостовых и топочных газов, образующихся при сгорании природного газа в камерах сгорания.

Часть воздуха, сжатого компрессором, поступает без охлаждения с температурой $280 \div 300$ °С в камеры сгорания ГТУ-8. Туда же на смешение подается природный газ, поступающий под давлением $1,0 \div 1,2$ МПа из общецехового коллектора через блок стопорного и регулирующего клапанов на рабочие и запальные горелки, где полученная топливовоздушная смесь сгорает. Топочные газы в смеси с воздухом после камер сгорания смешиваются с хвостовыми газами технологического тракта агрегата УКЛ-7 и поступают на газовую турбину, где происходит процесс превращения тепловой энергии и энергии сжатия газа в механическую.

Турбина обеспечивает мощность, необходимую для работы компрессора.

ГТУ-8 поставляется в комплекте с маслосистемой. Маслосистема предназначена для смазки и охлаждения опор ГТД, электростартера, зубчатого зацепления статора, а также для хранения, подогрева и деаэрации рабочего масла.

В состав маслосистемы ГТУ-8 входит:

- Маслобак для хранения, подогрева и деаэрации рабочего масла;
- Аккумулятор масла для подачи на подшипники для аварийной остановки ГТУ-8;
- Аккумулятор воздуха для подачи масла из аккумулятора масла для аварийной остановки ГТУ-8;
- Насосы для подачи масла на ГТУ-8;
- Теплообменник для охлаждения циркулирующего масла;
- Фильтры масла.

Для охлаждения масла в теплообменнике маслосистемы ГТУ-8 используется охлаждающая обратная вода, поступающая из общецехового коллектора с давлением $0,35$ МПа (изб) и температурой 28 °С. Отработанная обратная вода с температурой не

более 38 °С и давлением 0,25±0,30 МПа (изб) сбрасывается в существующий общецеховой коллектор.

Автоматизированная система управления, поставляемая комплектно с ГТУ-8, обеспечивает управление и регулирование параметров работы ГТУ-8 и маслосистемы.

2. Подготовка газообразного аммиака

Работа агрегатов УКЛ-7-76/3,4 предусматривается как на жидком, так и на газообразном аммиаке.

По первому варианту работы жидкий аммиак, являющийся сырьем для производства азотной кислоты, поступает в агрегаты №3, 4 с давлением 1,45 - 1,6 МПа.

Испарение аммиака производится в испарителе поз. Т-204/3,4 за счет нагрева перегретым водяным паром с давлением 1,5 МПа. Непрерывная продувка испарителя, дренирование аппаратов и трубопроводов с жидким аммиаком направляется в существующие емкости агрегата УКЛ-7-76/1.

По второму варианту работы газообразный аммиак поступает из заводской сети с давлением 0,98-1,18 МПа и температурой не более 90 °С в испаритель поз. Т-204/3,4.

После испарителя газообразный аммиак проходит очистку в фильтре поз. Ф-201/3,4 от следов масла и механических примесей, которые являются каталитическими ядами для катализаторных сеток на стадии окисления аммиака.

Для исключения проскока жидкого аммиака в фильтр со смесителем поз. Х-202/3,4, в котором производится приготовление реакционной аммиачно-воздушной смеси, производится подогрев аммиака до 80-110 °С паром с давлением 0,5 МПа в подогревателе поз. Т-205/3,4.

Сброс газообразного аммиака при пуске и остановках агрегатов предусматривается в существующую сеть газообразного аммиака, сброс газообразного аммиака от предохранительных клапанов направляется на существующую санитарную колонну поз. К-1.

Аварийное освобождение оборудования от жидкого аммиака осуществляется в аварийную емкость, расположенную на территории действующего агрегата №1.

3. Подготовка аммиачно-воздушной смеси

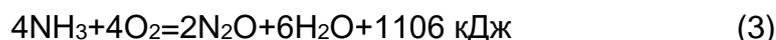
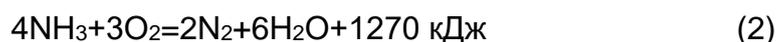
Основной поток воздуха после воздухоохладителя поз. Т-101/3,4 с температурой 190±200 °С и газообразный аммиак с температурой 80-110 °С после подогревателя

поз. Т-205/3,4 поступают в фильтр воздуха со смесителем поз. Х-202/3,4 отделения конверсии аммиака для получения аммиачно-воздушной смеси. В фильтре воздух проходит тонкую очистку от механических примесей на фильтрующих элементах патронного типа, а затем поступает в смеситель, расположенный в верхней части аппарата поз. Х-202/3,4. Смеситель струйного типа предназначен для смешивания воздуха и газообразного аммиака. Полученная в смесителе аммиачно-воздушная смесь с объемной долей аммиака 9,5÷10,7 % является исходной реакционной смесью для окисления аммиака в контактном аппарате поз. Р-201/3,4.

4. Окисление аммиака и охлаждение нитрозных газов

Аммиак окисляется кислородом воздуха в контактном аппарате поз. Р-201/3,4.

Реакции окисления описываются следующими уравнениями:



Реакция окисления аммиака до оксида азота (реакция 1) является основной, реакции (2) и (3) приводят к образованию побочных продуктов.

При обеспечении агрегата аммиаком требуемого качества и соблюдении норм технологического режима степень превращения аммиака в оксид азота составляет не менее 93,5 %.

Для ускорения основной реакции окисления аммиака до оксида азота используется селективно действующий платиновый катализатор. Катализатор находится в контактном аппарате в виде пакета катализаторных сеток.

На поверхности платиноидного катализатора расположено электророзжиговое устройство (ЭРУ) с нагревательной частью в виде линейных элементов, предназначенное для разогрева катализаторных сеток до подачи аммиачно-воздушной смеси при пуске и обеспечения начала реакции окисления аммиака (так называемого «розжига катализатора»).

Оптимальными условиями для проведения процесса конверсии, обеспечивающими высокую селективность катализатора к выходу оксида азота, минимальные потери катализатора вследствие его уноса и автотермичность процесса, являются: температура 880-910 °С, давление не более 0,8 МПа и содержание аммиака в реакционной аммиачно-воздушной смеси 9,5-10,7% об.

Образующаяся в процессе окисления смесь нитрозных газов на выходе из контактного аппарата имеет температуру 880-910 °С.

Утилизация тепла нитрозных газов осуществляется с целью выработки перегретого водяного пара с давлением 2,3 МПа и температурой 300 °С в котле-утилизаторе поз. Т-201/3,4.

Процесс окисления оксида азота, содержащегося в нитрозных газах, в диоксид азота осуществляется в окислителе поз. Х-201/3, совмещенном с подогревателем воздуха, в соответствии с реакцией:



Температура нитрозных газов на входе в окислитель составляет 260-360 °С. За счет тепла реакции окисления температура нитрозных газов повышается до 280-380 °С.

Далее тепло потока нитрозных газов используется для подогрева хвостовых газов последовательно в подогревателях II ступени поз. Т-202/3,4 и I ступени поз. Т-202А/3,4. Температура нитрозных газов в подогревателе поз. Т-202/3,4 при этом снижается до 220-280 °С, в подогревателе поз. Т-202А/3,4 - до температуры 125-190 °С.

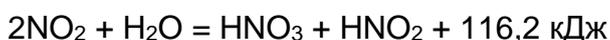
Дальнейшее охлаждение нитрозных газов до температуры не более 60 °С осуществляется оборотной водой в холодильниках-конденсаторах поз. Т-203А/3,4 и поз. Т-203Б/3,4.

Для обеспечения более глубокого окисления в линию нитрозных газов после подогревателя поз. Т-202/3,4 подается добавочный технологический воздух.

В процессе охлаждения нитрозных газов в холодильниках-конденсаторах содержащиеся в газе водяные пары конденсируются и образуют с диоксидом азота азотную кислоту концентрацией 40-55 %. Образовавшаяся кислота подается в абсорбционную колонну поз. К-201/3,4 на одну из тарелок (6, 8 или 10) для дальнейшего закрепления.

5. Абсорбция оксидов азота

Образование азотной кислоты осуществляется в процессе абсорбции – поглощения оксидов азота конденсатом водяного (сокового) пара (или дилуатом) в соответствии со следующими основными химическими реакциями:



Абсорбция является массообменным процессом, протекающим в противоточном режиме при взаимодействии оксидов азота, содержащихся в составе нитрозных газов, с абсорбентом (паровым конденсатом либо кислым конденсатом) в абсорбционной колонне поз. К-201/3,4.

Абсорбционная колонна является колонной барботажного типа с 47-ю ситчатыми тарелками. Нитрозные газы поступают в куб колонны под первую тарелку и поднимаются вверх, проходя последовательно все тарелки. Паровой конденсат (дилкуат) подается на 46-ю тарелку колонны. Верхняя 47-я тарелка служит дополнительным отбойником для снижения каплеуноса при повышенной нагрузке агрегата.

Образование кислоты происходит в процессе массообмена на тарелках колонны. Вследствие большой линейной скорости газа на тарелках создается пенный режим, благодаря которому достигается большая поверхность контакта газа с жидкостью, интенсивно проходит процесс массопередачи и процесс окисления оксида азота в диоксид азота в жидкой фазе.

Образуемая на верхних тарелках абсорбционной колонны слабая азотная кислота перетекает с тарелки на тарелку вниз. Поднимающиеся снизу вверх нитрозные газы барботируют на каждой тарелке через слой кислоты, постепенно увеличивая концентрацию кислоты до не менее 57 % на выходе из колонны. Концентрация оксидов азота в нитрозных газах уменьшается до 0,10 % об.

Предусмотрена подача слабого кислого конденсата азотной кислоты (4-10%) на тарелки абсорбционной колонны поз. К-201/3,4 с соответствующей концентрацией (тарелки №25, 33) от вновь проектируемого общецехового оборудования (стадии 800).

Интенсивность процессов окисления и абсорбции максимальна в нижней части колонны и убывает по мере снижения концентрации оксидов азота и кислорода в нитрозных газах, т.е. при движении газа по колонне снизу вверх.

Реакции кислотообразования являются экзотермическими. Отвод тепла реакций осуществляется с помощью расположенных на тарелках абсорбционной колонны охлаждающих змеевиков, в которые подается обратная вода.

Степень абсорбции оксидов азота в абсорбционной колонне составляет не менее 99 %.

Азотная кислота из куба абсорбционной колонны поступает в продувочную колонну поз. К-202/3,4, в которой на каждой из трех ситчатых тарелок осуществляется отдувка воздухом растворенных в кислоте оксидов азота. Воздух на отдувку подается от воздухоохладителя поз. Т-101/3,4 с температурой 190 – 200 °С. Перед подачей в

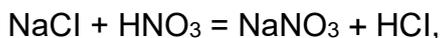
продувочную колонну воздух охлаждается оборотной водой в охладителе продувочного воздуха поз. Т-207/3,4 и поступает в колонну с температурой 120 – 140 °С.

Воздух подается под нижнюю тарелку колонны, кислота поступает на верхнюю тарелку для обеспечения противотока. В процессе массообмена между газовым и жидкостным потоками осуществляется переход растворенных в жидкости оксидов азота в газовую фазу.

Отдутые газы в смеси с воздухом подаются в трубопровод нитрозных газов перед абсорбционной колонной и под шестую тарелку абсорбционной колонны для повторного использования в системе абсорбции.

Продукционная азотная кислота с концентрацией не менее 57 % из продувочной колонны через вновь проектируемый коллектор выдается в хранилища на склад азотной кислоты, корпус 502/2.

В процессе получения азотной кислоты хлор-ионы, содержащиеся в конденсате, вступают во взаимодействие с кислотой в соответствии с реакциями:



Для снижения концентрации накапливающихся в кислоте агрессивных веществ предусмотрен частичный отвод кислоты с 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19 тарелок в линию кислоты после продувочной колонны поз. К-202/3,4.

Из верхней части абсорбционной колонны выходит газовая смесь непоглощенных оксидов азота и инертных газов, называемая хвостовым газом. Температура хвостового газа на выходе из колонны составляет 25-35 °С.

6. Каталитическая очистка хвостовых газов от остаточных оксидов азота

Хвостовой газ после абсорбционной колонны поз. К-201/3,4 поступает в подогреватели I и II ступени поз. Т-202А/3,4 и поз. Т-202/3,4.

Подогрев осуществляется последовательно за счет тепла нитрозного газа:

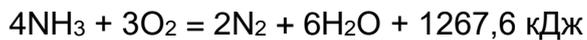
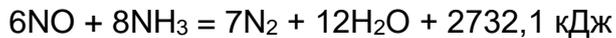
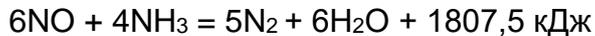
- в подогревателе I ступени поз. Т-202А/3,4 - до 100 - 170 °С;

- в подогревателе II ступени поз. Т-202/3,4 - до 220 - 280 °С.

Для очистки хвостового газа от непоглощенных в абсорбционной колонне оксидов азота используется технология каталитического восстановления оксидов азота газообразным аммиаком.

Подогретый хвостовой газ смешивается с восстановительным реагентом - газообразным аммиаком и поступает в реактор селективной очистки поз. Р-202/3,4. В реакторе

осуществляется восстановление оксидов азота до молекулярного азота на катализаторе АВК-10М (или аналогичном ему) в соответствии с реакциями:



Для равномерного распределения газообразного аммиака в потоке хвостового газа предусмотрен струйный смеситель, встроенный в трубопровод хвостового газа.

Отбор газообразного аммиака для каталитической очистки производится из трубопровода подачи аммиака в фильтр со смесителем поз. Х-202/3,4.

Остаточное содержание оксидов в хвостовом газе после очистки составляет не более 0,005 % об.

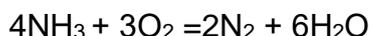
Расход аммиака, подаваемого на очистку, определяется исходя из соотношения $\text{NH}_3:\text{NO}_2 = 0,95:1,2$.

7. Рекуперация энергии очищенных хвостовых газов

Очищенный хвостовой газ поступает на окончательный подогрев до температуры 640-700 °С во встроенные камеры сгорания газотурбинной установки.

Подогрев очищенного хвостового газа осуществляется в процессе прямого контакта с газами, образующимися в камерах сгорания при горении природного газа в потоке воздуха.

В камере сгорания турбины в газовой фазе происходит гомогенное термическое окисление аммиака до молекулярного азота по реакции:



Остаточное содержание аммиака в хвостовых газах составляет не более 0,009 % об.

Нагретая смесь очищенного хвостового газа с продуктами горения является рабочим телом турбины газотурбинного агрегата.

Температура отработанных газов после турбины составляет не более 392 °С.

Дальнейшая рекуперация тепла хвостового газа осуществляется в котле-утилизаторе хвостового газа поз. Т-206/3,4:

- для выработки пара с давлением 1,5 МПа и его перегрева до температуры 250 °С;

- для подогрева питательной воды в экономайзере котла-утилизатора хвостового газа поз. Т-206/3,4;

-для подогрева питательной воды в экономайзере котла-утилизатора нитрозного газа Т-201/3,4.

После экономайзера хвостовой газ с температурой не более 180 °С поступает в общий сбросной коллектор и сбрасывается в атмосферу через новую выхлопную трубу поз. Х 205. Общий сбросной коллектор обеспечивает суммарный сброс очищенных хвостовых газов от четырех агрегатов УКЛ-7 (существующих агрегатов № 1, № 2 и проектируемых агрегатов № 3, № 4) и семи существующих агрегатов 1/3,5 увеличенной производительности.

Осуществляется постоянный автоматический контроль содержания оксидов азота, аммиака и оксида углерода в сбрасываемых газах.

8. Система парообразования и распределения пара

Процесс получения неконцентрированной азотной кислоты является энерготехнологическим, система парообразования – автономной.

В условиях нормального технологического режима в агрегате вырабатывается пар следующих параметров:

- перегретый пар с давлением 2,3 МПа и температурой 300 °С;
- перегретый пар с давлением 1,5 МПа и температурой 230÷250 °С;
- насыщенный пар с давлением 0,4 МПа.

Производство пара осуществляется за счет утилизации тепла высокотемпературных технологических потоков:

- в котле-утилизаторе поз. Т-201/3,4 за счет использования тепла нитрозных газов, полученных в процессе конверсии аммиака в контактном аппарате поз. Р-201/3,4;
- в котле-утилизаторе поз. Т-206/3,4 за счет использования тепла отходящего потока смеси очищенных хвостовых газов с продуктами сгорания природного газа после турбины газотурбинной установки поз. М-101/3;
- в воздухоохладителе поз. Т-101/3,4 за счет использования тепла сжатого воздуха на нагнетании газотурбинной установки поз. М-101/3,4.

Выработанный перегретый пар с давлением 2,3 МПа выдается в сеть предприятия. Перегретый пар с давлением 1,5 МПа частично используется в технологическом процессе проектируемого агрегата, избыток пара выдается в сеть предприятия через паровую систему действующего агрегата № 1. Насыщенный пар с давлением 0,4 МПа направляется на собственные нужды агрегата (на деаэрацию питательной воды для котлов) в системы вновь проектируемого общецехового оборудования (стадию 800).

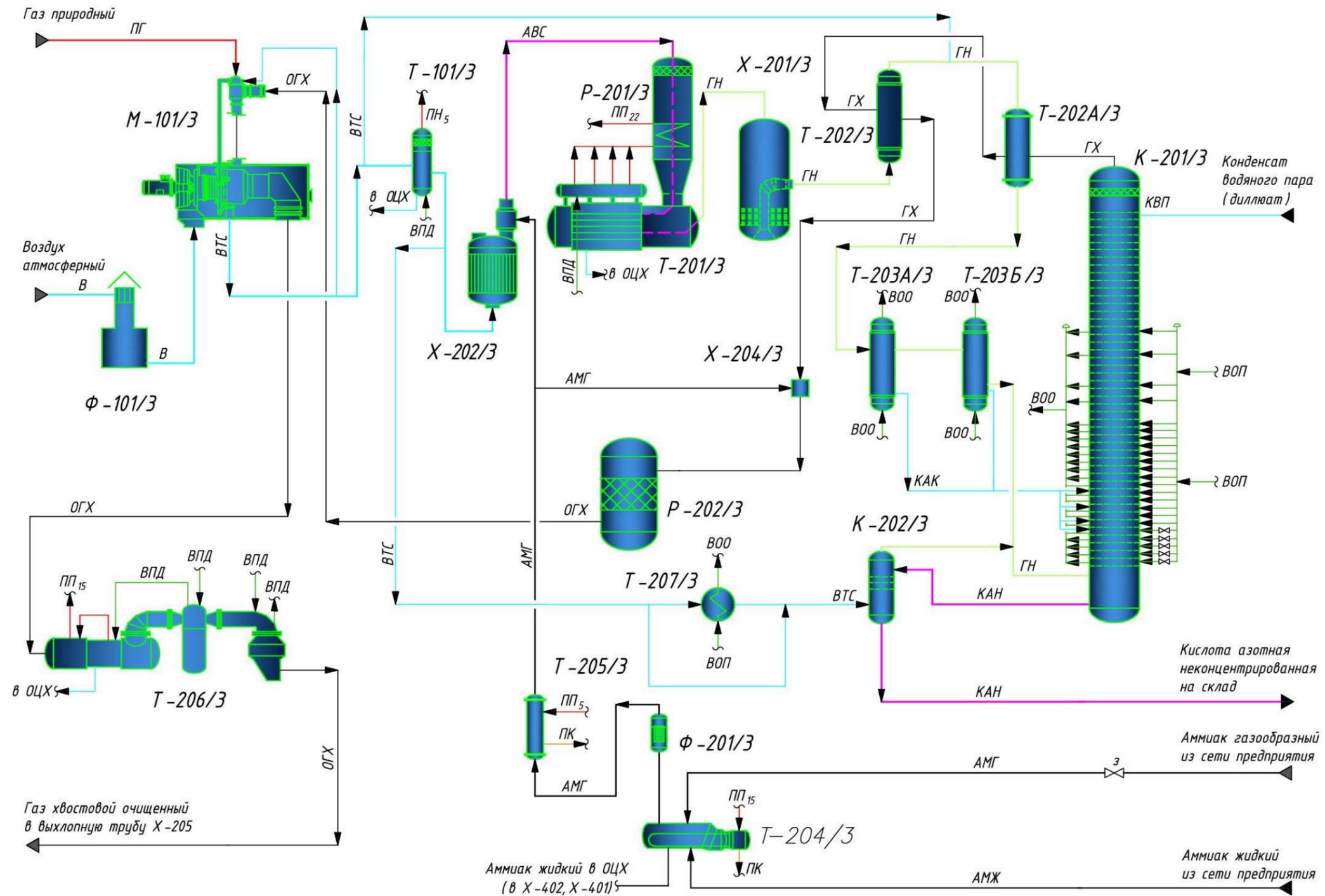


Рисунок 2 - Принципиальная технологическая схема производства неконцентрированной азотной кислоты Агрегата №3

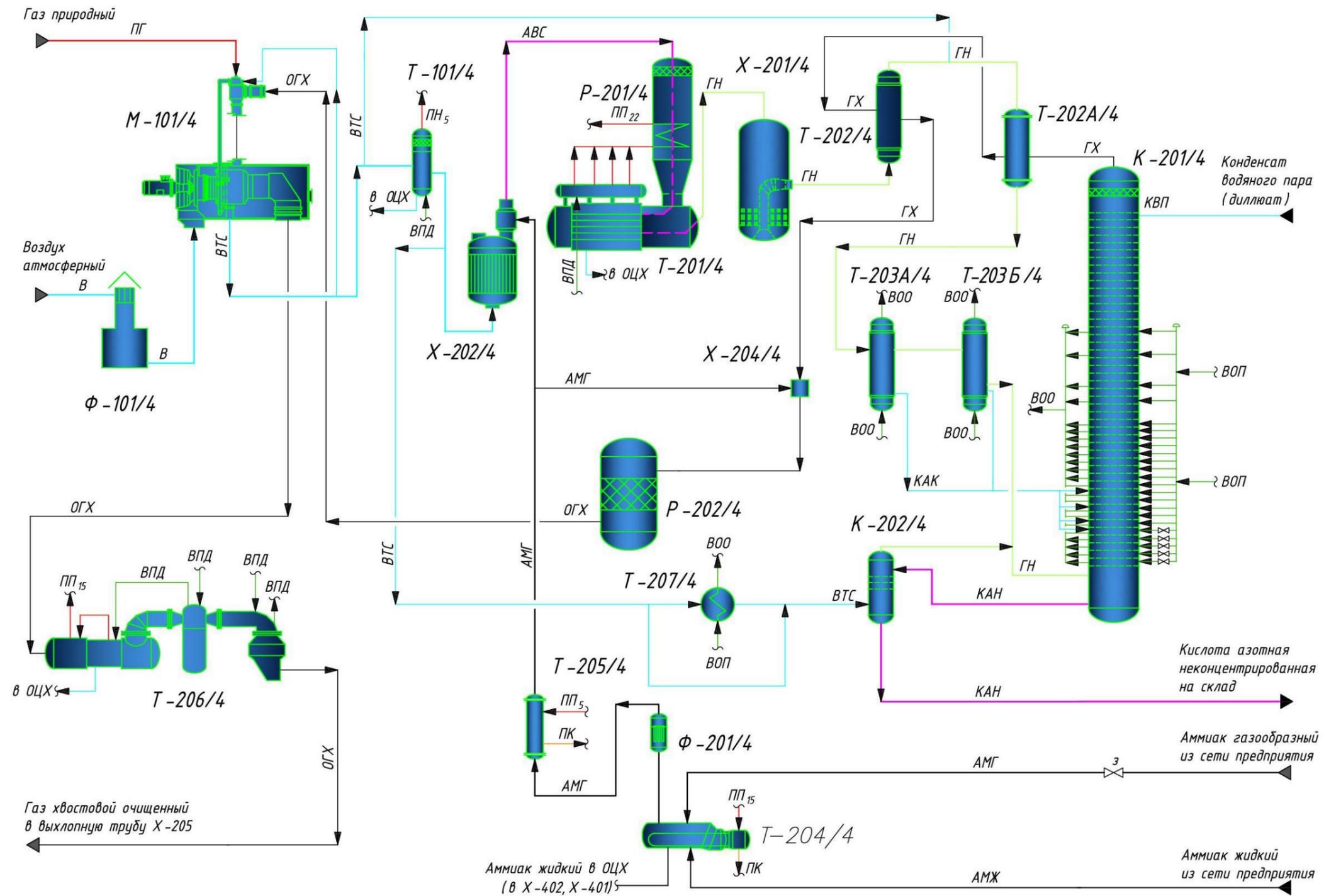
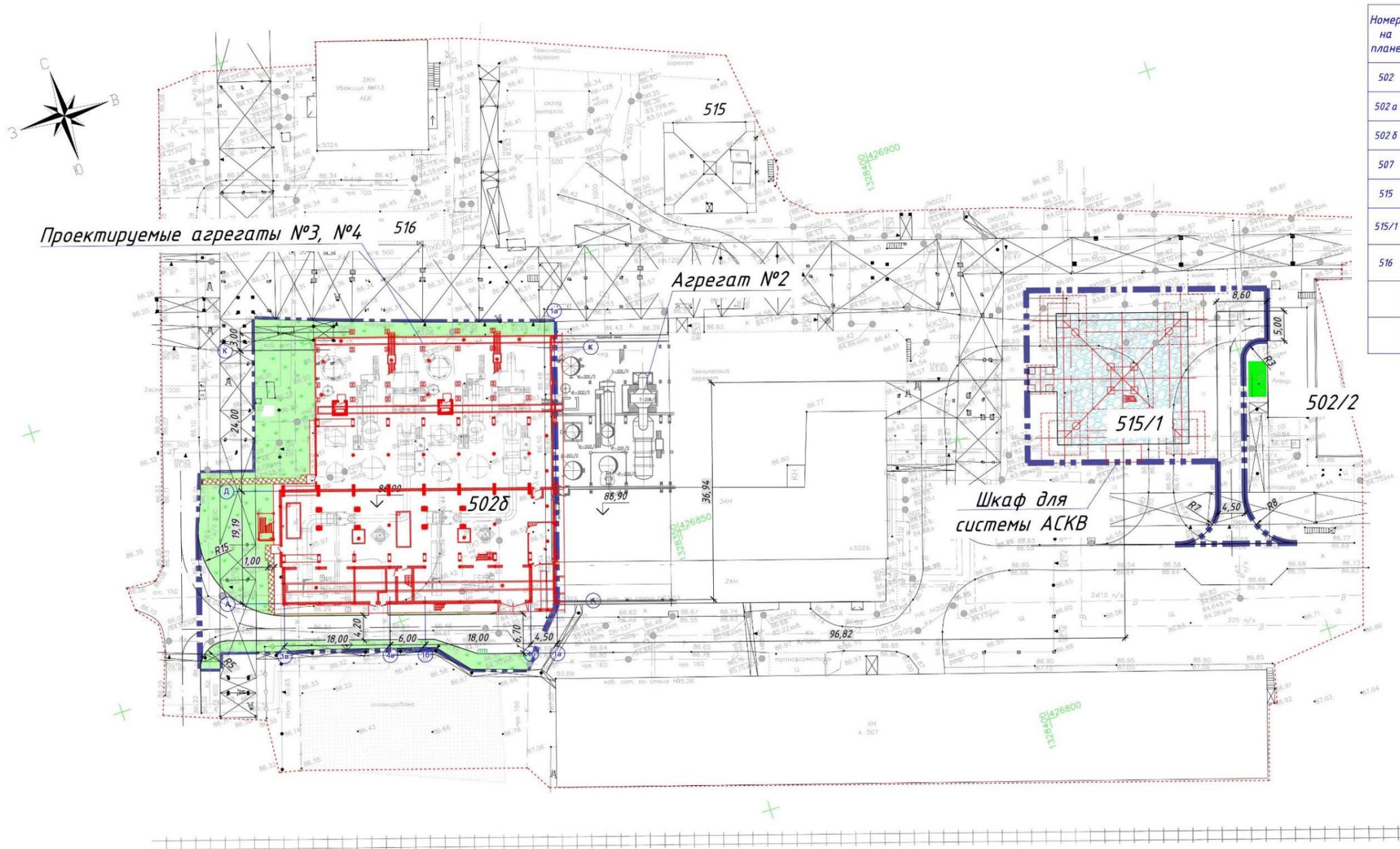


Рисунок 3 - Принципиальная технологическая схема производства неконцентрированной азотной кислоты Агрегата №4

1.2.2 Планы размещения основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества производства неконцентрированной азотной кислоты на агрегатах УКЛ-7-76 №3,4

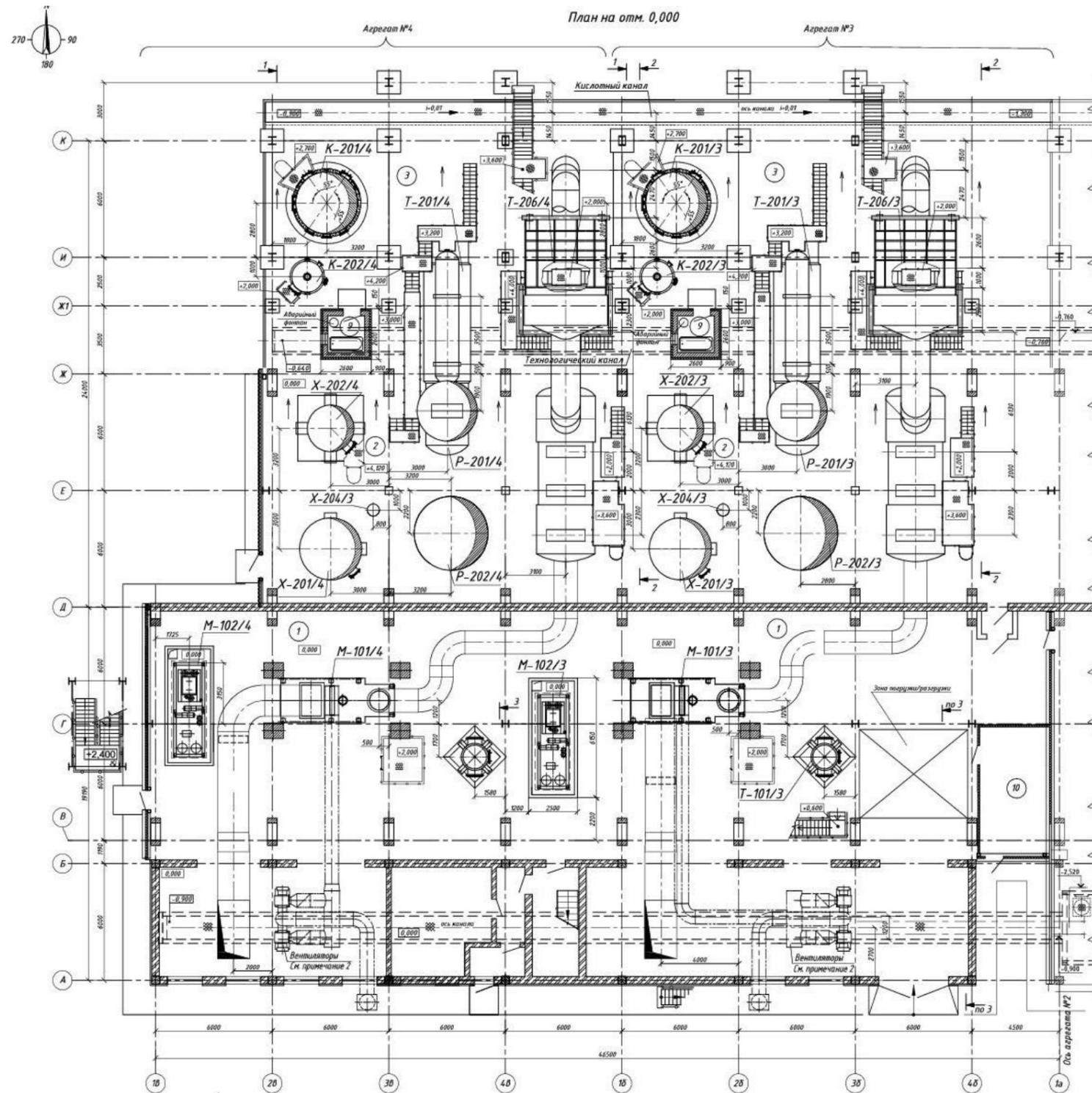
Планы размещения зданий и сооружений в зоне реконструкции производства, основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества, представлены ниже (Рисунок 5 ÷ Рисунок 7).

Экспликация зданий и сооружений



Номер на плане	Наименование	Примечание
502	Производство слабой азотной кислоты	Сущ.
502 а	Бытовые помещения	Сущ.
502 б	Агрегат УКЛ 7-76 и общецеховое отделение	Реконстр.
507	Ж./д. депо	Сущ.
515	Выхлопная труба нитровых газов	Сущ.
515/1	Выхлопная труба нитровых газов	Проект.
516	Узел подготовки и регулирования подачи газообразного аммиака	Сущ.

Рисунок 4 - План расположения зданий и сооружений на промплощадке



Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
Корпус 5026			
М-101/4	Установка газотурбинная ГТУ-8	2	l-5850мм, в-2750мм H-3250мм
М-102/4	Массовая в комплекте с ГТУ-8	2	l-4350мм, в-1725мм H-2250мм
Т-101/4	Воздухоподогреватель	2	Ø-2000мм, H-6000мм
Ф-101/4	Аппарат очистки воздуха	2	Ø-3000мм, H-5500мм
К-201/4	Колонна абсорбционная	2	Ø-3000мм, H-4200мм F-70м²
К-202/4	Колонна продувочная	2	Ø-3000мм, H-2500мм
Р-201/4	Контактный аппарат	2	Ø-3000мм, H-6500мм
Р-202/4	Работок сепаратор очистки азотного газа	2	Ø-3000мм, H-2500мм
Т-201/4	Колонна-утилизатор азотного газа	2	l-10000мм, в-6000мм H-6000мм
Т-202/4	Полуабсорбция азотного газа I ступени	2	Ø-800мм, L-арх-4000мм F-620м²
Т-203/4	Полуабсорбция азотного газа I ступени	2	Ø-800мм, L-арх-2800мм F-470м²
Т-204/4	Холодильник-амбисепаратор	2	Ø-800мм, L-арх-4000мм F-475м²
Т-205/4	Холодильник-амбисепаратор	2	Ø-800мм, L-арх-4000мм F-475м²
Т-206/4	История в жидкого азота	2	Ø-500 F-67м²
Т-205/4	Полуабсорбция газобразного азота	2	Ø-600мм, L-арх-3000мм F-75,5м²
Т-206/4	Колонна-утилизатор азотного газа	2	l-10000мм, в-6000мм
Т-201/4	Воздухоподогреватель	2	Ø-400мм, L-арх-1620мм F-6м²
Т-401	Теплообменник конденсата водного (скакового) пара	1	Ø-800мм, L-арх-2000мм
Т-402	Теплообменник газобразного азота	1	Ø-800мм, L-арх-2000мм
Ф-201/4	Фильтр газобразного азота	2	Ø-500мм, H-1500мм
Х-201/4	Осушитель	2	Ø-3000мм, H-7500мм
Х-202/4	Фильтр воздуха со стеллажем	2	Ø-2400мм H-2400мм, D-ст-700мм H-в-6230мм
Х-204/4	Скрутиль спелитель азота с азотным газом	2	Ø-200мм, l-1900мм
Корпус 5026/1			
Х-205	Высотная труба	1	H-150 м, D-3200 мм
Грузоподъемное оборудование			
ПТ-201/1	Кран	1	Q-16т
ПТ-401	Кран грузоподъемный	1	Q-16т

Рисунок 5 - План размещения основного технологического оборудования корпус 5026. План на отм. 0,000 м

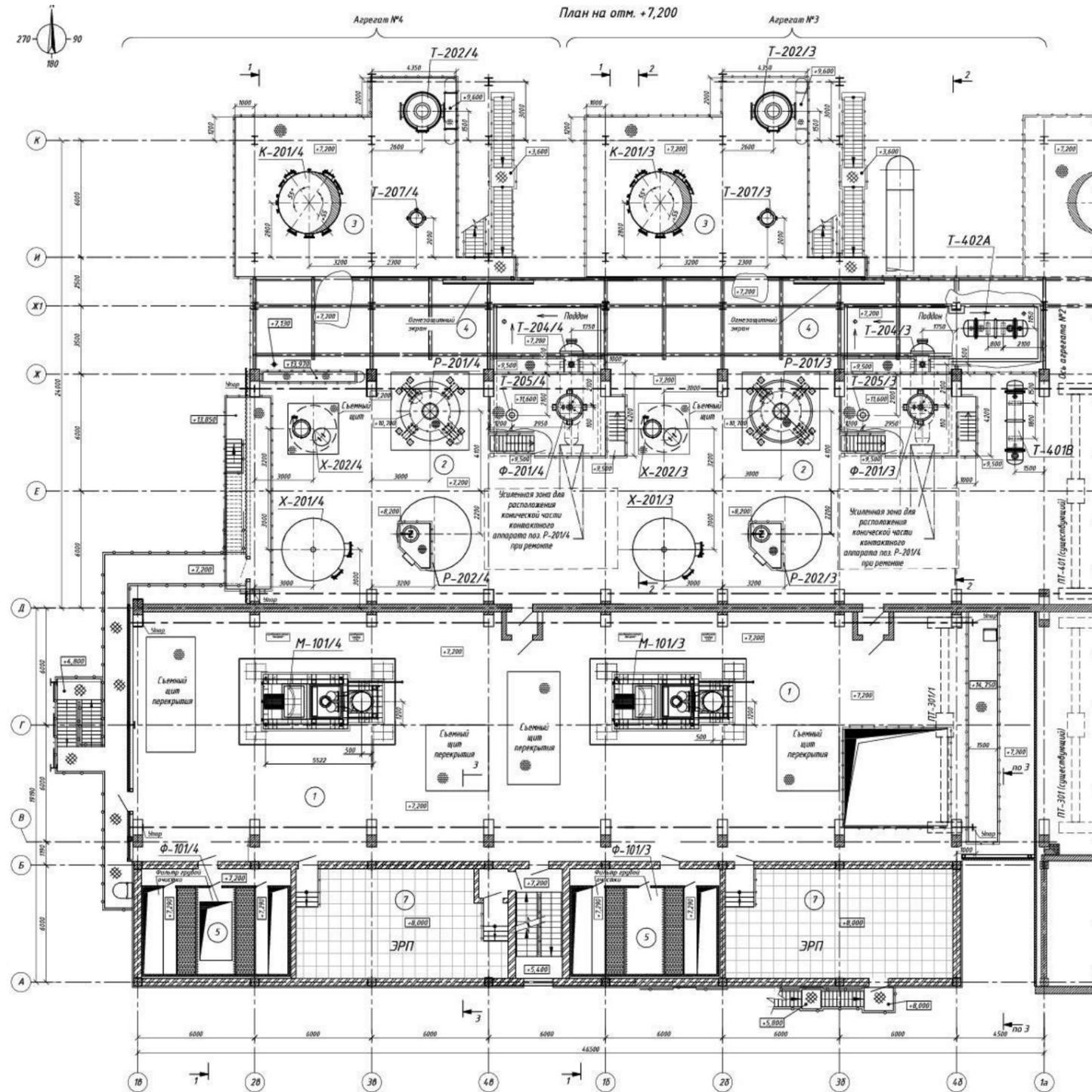


Рисунок 6 - План размещения основного технологического оборудования корпус 5026. План на отм. +7,200 м

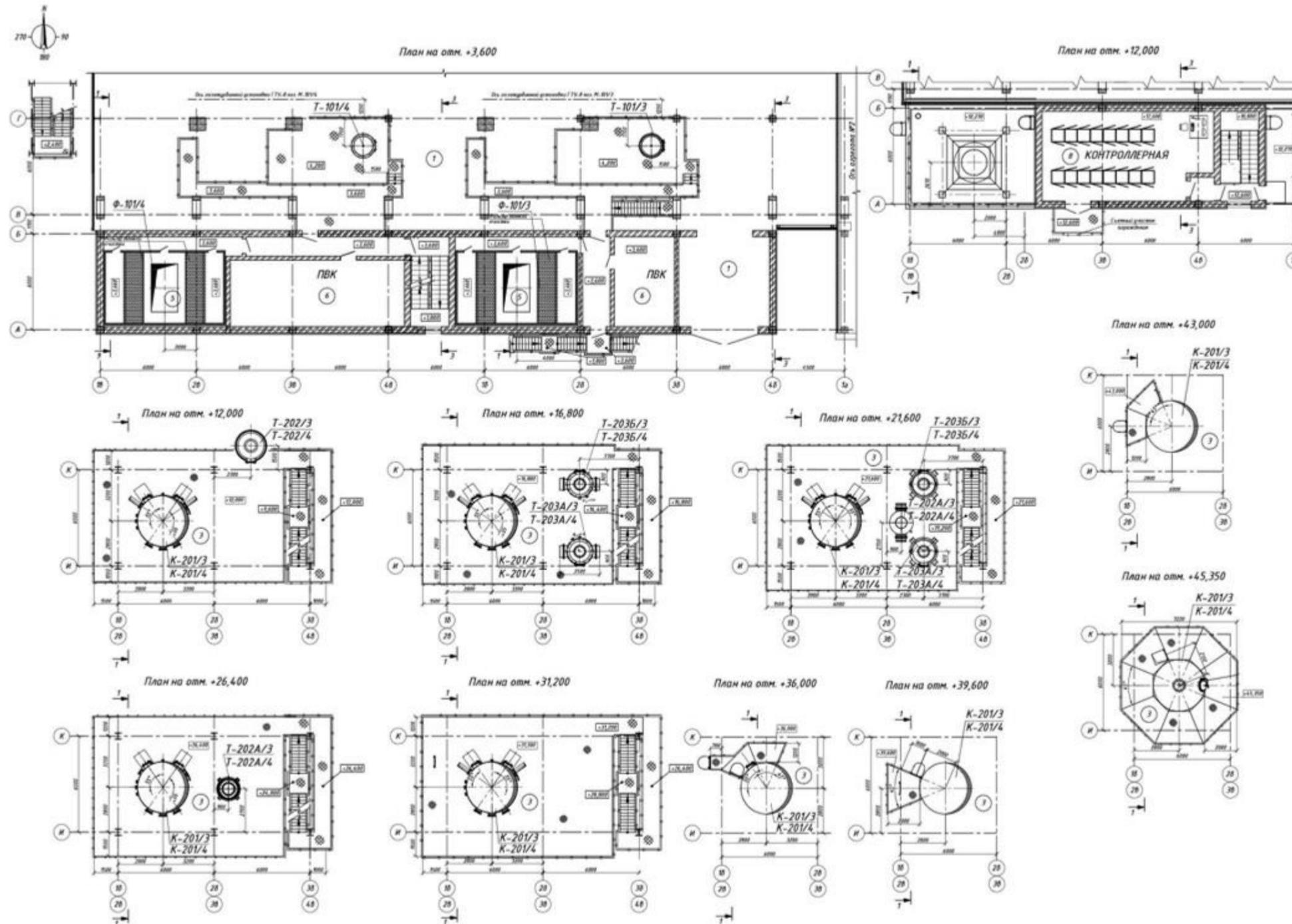


Рисунок 7 - План размещения основного технологического оборудования корпус 5026. Планы на отм. +3,600, +12,000, +16,800, +21,600, +26,400, +31,200, +36,000, +39,600, +43,000, +45,350 м

1.2.3 Перечень основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества

Перечень основного технологического оборудования Агрегатов №3,4, в котором обращаются опасные вещества приведены ниже Таблица 2.

Таблица 2 – Перечень основного технологического оборудования Агрегатов №3,4 производства неконцентрированной азотной кислоты

№ по схеме	Наименование, материал	Кол-во, шт.	Расположение	Назначение	Техническая характеристика	
					Габаритные размеры, мм	Объем, м ³
Стадия 100 Отделение турбокомпрессии						
М-101/3,4	Газотурбинная установка ГТУ-8	2	Корпус 5026 Помещение отм.0,000	получение сжатого воздуха, подача его в технологический процесс и рекуперация энергии давления и тепла хвостовых газов	L=5850 мм, B=2750 мм H =3250 мм	-
Т-101/3,4	Воздухоохладитель Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Помещение отм.0,000	охлаждение сжатого воздуха после газотурбинной установки (ГТУ)	D _{вн} =1500 мм, L =2600 мм	F = 250 м ²
Стадия 200 Отделение конверсии и отделение абсорбции						
К-201/3,4	Колонна абсорбционная Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. 0.000	абсорбция оксидов азота из нитрозных газов паровым конденсатом для получения азотной кислоты массовой долей не менее 57%	D _{вн} =3200 мм, H _ц =43655 мм	360
К-202/3,4	Колонна продувочная Материал: титан BT1-0	2	Корпус 5026 Наружная установка	отдувка оксидов азота из	D _{вн} = 1600 мм, H _{ц.ч.} = 2500 мм	6,5

№ по схеме	Наименование, материал	Кол-во, шт.	Расположение	Назначение	Техническая характеристика	
					Габаритные размеры, мм	Объем, м ³
			Отм. 0.000	производственной азотной кислоты		
P-201/3,4	Контактный аппарат Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. 0.000	окисление аммиака кислородом воздуха на пакете катализаторных (платиноидных) сеток с целью получения монооксида азота	D _{вн} = 3000 мм, H _{ц.ч.} = 6940 мм	26,9
P-202/3,4	P-202/3,4 Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. 0.000	селективная очистка хвостовых газов в производстве неконцентрированной азотной кислоты	D _{вн} = 3800 мм, H _{ц.ч.} = 2560 мм	45,6
T-201/3,4	Котел-утилизатор нитрозного газа Материал: сталь углеродистая	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. 0.000	охлаждение нитрозного газа с целью утилизации тепла и получения перегретого пара	Длина - 1200 мм, Ширина - 4600 мм Высота - 6300 мм	F = 420 м ²
T-202/3,4	Подогреватель хвостового газа II ступени Материал: нерж.сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. +7.200	подогрев хвостового газа за счет тепла нитрозного газа	D _{вн} = 1800 мм, L = 5200 мм	F = 810,7 м ²
T-202A/3,4	Подогреватель хвостового газа I ступени Материал: нерж. Сталь, титан BT1-0	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. +26.400	подогрев хвостового газа за счет тепла нитрозного газа	D _{вн} = 1400 мм, L = 2800 мм	F = 175 м ²
T-203A/3,4	Холодильник-	2	Корпус 5026 Наружная установка	конденсация паров азотной кислоты и	D _{вн} = 1600 мм, L = 4000 мм	F = 475 м ²

№ по схеме	Наименование, материал	Кол-во, шт.	Расположение	Назначение	Техническая характеристика	
					Габаритные размеры, мм	Объем, м ³
	конденсатор Материал: титан BT1-0		Отм. +21.600	охлаждение нитрозных газов оборотной водой		
Т-203Б/3,4	Холодильник-конденсатор Материал: титан BT1-0	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. +21.600	для конденсации паров азотной кислоты и охлаждения нитрозных газов оборотной водой	D _{вн} = 1600 мм, L = 4000 мм	F = 475 м ²
Т-204/3,4	Испаритель жидкого аммиака Материал: нерж.сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. +7.200	испарение жидкого аммиака перегретым водяным паром	D _{вн} = 1200 мм, L = 5385 мм	F = 67 м ²
Т-205/3,4	Подогреватель газообразного аммиака Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. +7.200	подогрев газообразного аммиака перегретым водяным паром	D _{вн} = 600 мм, L = 3000 мм	F = 75,5 м ²
Т-206/3,4	Котел-утилизатор хвостового газа Материал: углерод. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. 0.000	утилизация тепла очищенного хвостового газа с целью получения перегретого пара и подогрева питательной воды	Длина – 17685* мм Ширина – 6450* мм Высота – 6300* мм	F = 400 м ²
Т-207/3,4	Охладитель продувочного воздуха Материал: нерж. сталь, углерод. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. +7.200	охлаждение продувочного воздуха, поступающего из газотурбинного агрегата в продувочную колонну	D _{вн} = 400 мм, L = 1420 мм	F = 8 м ²
Ф-201/3,4	Фильтр газообразного аммиака Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. +7.200	очистка газообразного аммиака от масла	D _{вн} = 1200 мм, H _{ц.ч.} = 1300 мм	-

№ по схеме	Наименование, материал	Кол-во, шт.	Расположение	Назначение	Техническая характеристика	
					Габаритные размеры, мм	Объем, м ³
X-201/3,4	Окислитель Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. 0.000	доокисление нитрозного газа и улавливания платины	D _{вн} = 3200 мм, H _{н.ч.} = 7500 мм	61
X-202/3,4	Фильтр воздуха со смесителем Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. 0.000	тонкая очистка воздуха от механических примесей, смешивание воздуха и газообразного аммиака и обеспечение однородного постоянного состава аммиачно-воздушной смеси, поступающей в контактный аппарат	D _{вн} = 2400 мм, H _{ц.ч.} = 2400 мм	-
X-204/3,4	Струйный смеситель аммиака с хвостовым газом Материал: нерж. сталь	2	Корпус 5026 Наружная установка Отм. 0.000	Смешение хвостового газа, поступающего на каталитическую очистку, с газообразным аммиаком	D _н = 630 мм, H _{ц.ч.} = 300 мм	-
X-205	Выхлопная труба Материал: нерж. сталь, углерод. сталь	1	Корпус 515/01	отвод и выброс в атмосферу очищенного хвостового газа от агрегатов УКЛ-7-76/1-4 и агрегатов 1/3,5	Высота верха газоотводящего ствола с диффузором (отметка выброса газов): 150 м Диаметр внутренний газоотводящего ствола: 3000 мм Диаметр внутренний диффузора в точке выброса газов: 3400 мм	-

№ по схеме	Наименование, материал	Кол-во, шт.	Расположение	Назначение	Техническая характеристика	
					Габаритные размеры, мм	Объем, м ³
Стадия 400 Отделение общецеховых трубопроводов						
T-401B	Теплообменник конденсата водяного (сокового) пара Материал: нерж. сталь, углерод. сталь	1	корпус 502б Наружная установка Отм. +7.200	охлаждение конденсата водяного (сокового) пара, поступающего на орошение абсорбционных колонн	D _{вн} = 800 мм, L = 3000 мм	F = 135,7 м ²
T-402A	Теплообменник газообразного аммиака Материал: углерод. сталь	1	корпус 502б Наружная установка Отм. +7.200	охлаждение газообразного аммиака оборотной водой перед выдачей в сеть предприятия	D _{вн} = 800 мм, L = 2000 мм	F = 74,4 м ²

Остальное оборудование содержит незначительное количество опасных веществ, поэтому в таблице не приводится.

1.2.4 Данные о распределении опасных веществ по оборудованию

Данные о распределении опасных веществ приведены ниже Таблица 3, 4.

Таблица 3 - Данные о распределении опасных веществ по оборудованию и трубопроводам агрегата №3

Технологический блок, оборудование		Наименование опасного вещества	Количество опасного вещества, т		Физические условия содержания опасного вещества		
Наименование оборудования, № по схеме	Кол-во единиц оборудования, шт.		в единице оборудования	в блоке	агрегатное состояние	давление рабочее, МПа (абс.)	температура, °С
1	2	3	4	5	6	7	8
Технологический блок – Трубопровод природного газа							
Трубопровод природного газа	–	природный газ	0,00213	0,00213	газ	1,1	20
Технологический блок – Узел подготовки газообразного аммиака							
Испаритель жидкого аммиака поз. Т-204/3	1	аммиак	0,005	1,112	газ	1,2÷1,6	20÷35
			1,047		жидкость		
Фильтр газообразного аммиака поз. Ф-201/3	1	аммиак	0,019		газ	1,2	35
Подогреватель газообразного аммиака поз. Т-205/3	1	аммиак	0,003		газ	1,2	35÷110
Трубопроводная обвязка	–	аммиак	0,003		газ	0,73÷1,2	35÷110
			0,035	жидкость	1,6	20	
Технологический блок – Отделение конверсии и абсорбции							
Маслостанция поз. М-102/3	1	масло турбинное	1,955	2,104	жидкость	0,1	20
Трубопроводная обвязка	–		0,149				
Контактный аппарат поз. Р-201/3	1	нитрозные газы	0,036	0,644	газ	0,7	838÷896
Котел-утилизатор нитрозного газа поз. Т-201/3	1	нитрозные газы	0,138		газ	0,7	275÷838
Окислитель поз. Х-201/3	1	нитрозные газы	0,196		газ	0,7	316÷346
Подогреватель хвостовых газов II ступени поз. Т-202/3	1	нитрозные газы	0,0176		газ	0,7	255÷346
Подогреватель хвостовых газов I ступени поз. Т-202А/3	1	нитрозные газы	0,0044		газ	0,69	179÷262

1	2	3	4	5	6	7	8
Холодильник-конденсатор поз. Т-203А/3	1	нитрозные газы	0,030		газ	0,68	80÷179
Холодильник-конденсатор поз. Т-203Б/3	1	нитрозные газы	0,032		газ	0,67	57÷80
Трубопроводная обвязка	–	нитрозные газы	0,190		газ	0,67÷0,7	57÷346
Холодильник-конденсатор поз. Т-203А/3	1	кислота азотная некон- центрированная	0,604	57,084	жидкость	0,68	80
Холодильник-конденсатор поз. Т-203Б/3	1	кислота азотная некон- центрированная	0,644		жидкость	0,67	57
Колонна абсорбционная поз. К-201/3	1	кислота азотная некон- центрированная	53,370		жидкость	0,70	51
Колонна продувочная поз. К-202/3	1	кислота азотная некон- центрированная	1,913		жидкость	0,70	51÷60
Трубопроводная обвязка	–	кислота азотная некон- центрированная	0,553		жидкость	0,63	51÷80
Технологический блок – Теплообменник газообразного аммиака поз. Т-402А							
Теплообменник газообразного аммиака поз. Т-402А	1	аммиак	0,001	0,006	газ	0,45	40÷110
Трубопроводная обвязка	–	аммиак	0,005		газ	0,45	40÷110
Всего опасного вещества на проектируемом объекте, т, из них:							
- природного газа				0,00213 (в трубопроводах - 0,00213)			
- масла турбинного				2,104 (в оборудовании - 1,955, в трубопрово- дах - 0,149)			
- аммиака				1,118 (в оборудовании - 1,075, в трубопрово- дах - 0,043)			
- нитрозных газов				0,644 (в оборудовании - 0,454, в трубопрово- дах - 0,190)			
- кислоты азотной неконцентрированной				57,084 (в оборудовании - 56,531, в трубопро- водах - 0,553)			

Таблица 4 - Данные о распределении опасных веществ по оборудованию и трубопроводам агрегата №4

Технологический блок, оборудование		Наименование опасного вещества	Количество опасного вещества, т		Физические условия содержания опасного вещества		
Наименование оборудования, № по схеме	Кол-во единиц оборудования, шт.		в единице оборудования	в блоке	агрегатное состояние	давление, МПа (раб.)	температура, °С
1	2	3	4	5	6	7	8
Технологический блок – Узел подготовки газообразного аммиака							
Испаритель жидкого аммиака поз. Т-204/4	1	аммиак	0,005	1,112	газ	1,2÷1,6	20÷35
			1,047		жидкость		
Фильтр газообразного аммиака поз. Ф-201/4	1	аммиак	0,019		газ	1,2	35
Подогреватель газообразного аммиака поз. Т-205/4	1	аммиак	0,003		газ	1,2	35÷110
Трубопроводная обвязка	–	аммиак	0,003		газ	0,73÷1,2	35÷110
			0,035	жидкость	1,599	20	
Технологический блок – Отделение конверсии и абсорбции							
Маслостанция поз. М-102/4	1	масло турбинное	1,955	2,104	жидкость	0,1	20
Трубопроводная обвязка	–		0,149				
Контактный аппарат поз. Р-201/4	1	нитрозные газы	0,036	0,644	газ	0,7	838÷896
Котел-утилизатор нитрозного газа поз. Т-201/4	1	нитрозные газы	0,138		газ	0,7	275÷838
Окислитель поз. Х-201/4	1	нитрозные газы	0,196		газ	0,7	316÷346
Подогреватель хвостовых газов II ступени поз. Т-202/4	1	нитрозные газы	0,0176		газ	0,7	255÷346
Подогреватель хвостовых газов I ступени поз. Т-202А/4	1	нитрозные газы	0,0044		газ	0,69	179÷262

1	2	3	4	5	6	7	8
Холодильник-конденсатор поз. Т-203 А/4	1	нитрозные газы	0,03		газ	0,68	80÷179
Холодильник-конденсатор поз. Т-203 Б/4	1	нитрозные газы	0,032		газ	0,67	57÷80
Трубопроводная обвязка	–	нитрозные газы	0,19		газ	0,67÷0,7	57÷346
Холодильник-конденсатор поз. Т-203 А/4	1	кислота азотная некон- центрированная	0,604	57,084	жидкость	0,68	80
Холодильник-конденсатор поз. Т-203 Б/4	1	кислота азотная некон- центрированная	0,644		жидкость	0,67	57
Колонна абсорбционная поз. К-201/4	1	кислота азотная некон- центрированная	53,37		жидкость	0,707	51
Колонна продувочная поз. К-202/4	1	кислота азотная некон- центрированная	1,913		жидкость	0,707	51÷60
Трубопроводная обвязка	–	кислота азотная некон- центрированная	0,553		жидкость	0,63	51÷80
Всего опасного вещества на проектируемом объекте, т, из них:							
- масла турбинного				2,104 (в оборудовании - 1,955, в трубопрово- дах - 0,149)			
- аммиака				1,112 (в оборудовании - 1,074, в трубопрово- дах - 0,038)			
- нитрозных газов				0,644 (в оборудовании - 0,454, в трубопрово- дах - 0,190)			
- кислоты азотной неконцентрированной				57,084 (в оборудовании - 56,531, в трубопро- водах - 0,553)			

1.3 Описание технических решений по обеспечению безопасности

1.3.1 Описание решений, направленных на исключение разгерметизации оборудования и предупреждение аварийных выбросов опасных веществ

В качестве решений по исключению разгерметизации оборудования и предупреждению аварийных выбросов опасных веществ, принятых на декларируемом объекте, можно выделить следующее:

1. для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрыво-пожароопасных веществ при аварийной разгерметизации системы предусмотрено разделение технологических аппаратов и трубопроводов на отдельные технологические блоки. Выполнен расчет энергетических потенциалов с определением категории взрывоопасности каждого блока. Предусмотрена установка межблочной отсечной арматуры на границе со смежными технологическими блоками;
2. для исключения утечек от насосного оборудования в окружающую среду тип уплотнения вала насосов выбран в зависимости от рабочих условий эксплуатации и свойств перекачиваемой жидкости в соответствии с требованием ГОСТ 31839-2012;
3. для обеспечения герметичности уплотняющих устройств насосов проектом предусмотрена подача затворной или промывочной жидкости с установкой ротаметров и с обеспечением блокировок по минимальному давлению затворной жидкости;
4. антикоррозионная защита наружной поверхности трубопроводов и опорных конструкций из углеродистой стали. Защитные лакокрасочные покрытия применяются в соответствии с требованиями государственных стандартов, СП 28.13330.2017;
5. соединение деталей и элементов трубопроводов предусматривается на сварке, за исключением мест установки фланцев для присоединения трубопроводов к арматуре и деталям оборудования, имеющим фланцы;
6. опорожнение и продувка трубопроводов предусматриваются в технологическое оборудование;

7. автоматическое поддержание заданных параметров эксплуатации, управления, сигнализации параметров осуществляется с помощью автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП);

8. для предотвращения разгерметизации все оборудование, работающее при повышенном давлении, снабжается защитными блокировками, предотвращающими развитие аварийной ситуации, в необходимых случаях на оборудовании применяются предохранительные клапаны, обеспечивающие сброс давления при превышении регламентированного.

Трубопровод подачи водорода в контактный аппарат Р-201/3,4 (на розжиг в период пуска) имеет съемные участки во избежание накопления нитрита аммония. Несъемные участки трубопровода подачи водорода обогреты, заизолированы и перед сборкой продуты.

Для предотвращения взрыва в контактном аппарате Р-201/3,4 предусмотрена установка предохранительного устройства - взрывной мембраны, предотвращающей разрушение аппарата при повышении давления выше расчетного.

Турбокомпрессор М-101^М /3,4 оснащен противопомпажным клапаном.

9. для технологического оборудования, арматуры и трубопроводов устанавливается назначенный срок службы;

10. технологическое оборудование и трубопроводы, контактирующие с коррозионными веществами, изготавливаются из коррозионностойких материалов. При наличии высоких температур применяются соответствующие жаростойкие и жаропрочные стали;

11. материальное исполнение оборудования выбрано с учетом климатических показателей района строительства;

12. для сбора аварийных проливов химических реагентов всё оборудование установок дозирования химических реагентов размещается в герметичных поддонах.

1.3.2 Решения, направленные на предупреждение развития промышленных аварий и локализацию выбросов опасных веществ

В качестве решений по предупреждению развития промышленных аварий и локализации выбросов опасных веществ на декларируемом объекте – Агрегаты УКЛ-7-

76 №3,4 производства неконцентрированной азотной кислоты, можно выделить следующее:

- необходимо соблюдение нормируемых параметров (давление, уровень, температура) работы технологического оборудования, правил проведения технологических процессов и операций, контроль за работой оборудования;

- соблюдение правил пуска, остановки, подготовки к ремонту, проведения ремонта и вывода из ремонта технологического оборудования (промывка, освобождение оборудования, установка и снятие заглушек, опрессовка после ремонта и т.д.);

- работать разрешается только на исправном оборудовании, оснащенном исправно действующими и включенными контрольно-измерительными и регистрирующими приборами, сигнализацией и блокировками, защитными ограждениями;

- при прорыве коммуникаций или аппаратов и угрозе образования взрывоопасной концентрации в производствах работу в опасной зоне следует немедленно прекратить и действовать в соответствии с утвержденным ПМЛА;

- обеспечена бесперебойная работа вентиляционных устройств;

- необходимо систематически проверять и прослушивать машины, не допускать посторонних стуков в компрессорах и насосах. Следить за поступлением смазки во все смазываемые части машин и компрессоров;

- оборудование и трубопроводы при остановках на ремонт должны отключаться отсечной арматурой с обязательной установкой заглушек с ясно видимыми хвостовиками;

- при образовании ледяных пробок в трубопроводе разогрев их производить горячей водой или паром только при отключении трубопровода от системы и сброса давления среды;

- отогрев вентилей, задвижек и трубопроводов с кристаллизующими веществами производить только паром или горячей водой. Применять открытый огонь запрещается;

- для предупреждения отклонения параметров процесса от предельно допустимых значений предусмотрены устройства сигнализации;

- на нагнетательных линиях компрессоров и центробежных насосов предусмотрена установка обратных клапанов, предотвращающих перемещение транспортируемых веществ обратным ходом;

- предусматривается система предупредительной светозвуковой сигнализации при несоответствии параметров требованиям технологического режима;

- проектом предусмотрена система автоматических блокировок, предотвращающих выход параметров, определяющих безопасность работы технологического узла, за предельные значения;

- предусматривается система предохранительных клапанов, не допускающая повышения давления выше расчетного;

- для освобождения емкостного технологического оборудования предусмотрено системы аварийного освобождения: освобождение технологических блоков от газовой фазы осуществляется в системы утилизации, опорожнение жидкой фазы освобождаемого оборудования осуществляется по линиям закрытого дренажа в аварийные емкости, оборудованные системой контроля и управления;

- проводится постоянный контроль за работой вентиляционных систем, состоянием предохранительных клапанов, средств контроля, регулирования и автоматики;

- при аварии (отключение охлаждающей воды, электроэнергии, воздуха КИП, отсутствие сырья и др.) предусмотрена автоматическая остановка установок или отдельных их узлов в соответствии с производственными инструкциями;

- для обеспечения минимального количества, выбрасываемого в окружающую среду при аварийных утечках опасных веществ технологические схемы производств разбиты на блоки, которые при аварийной разгерметизации одного из них, могут быть отключены от технологической линии без опасных нарушений режима и создания аварийной обстановки на смежных и взаимосвязанных технологических узлах. Блок-схема технологических блоков производства неконцентрированной азотной кислоты на Агрегатах УКЛ-7-76 №3,4 представлена на рис.1. Для обозначения границ технологических блоков на межблочных трубопроводах с горючими и взрывоопасными средами установлена отсечная арматура. В качестве отсечной арматуры на основании результатов анализа опасностей технологических блоков предусмотрена быстродействующая арматура с дистанционным управлением из операторной, запорно-регулирующая арматура, а также отсечная арматура, установленная в местах, удобных для обслуживания, ремонта и визуального контроля за ее состоянием. В

качестве источников информации для системы противоаварийной защиты (далее - ПАЗ) применяются автоматические газоанализаторы и датчики давления;

- для решения задач локализации аварийных ситуаций предусматривается следующее:

1. для аварийного освобождения технологических блоков от обращающихся продуктов используется оборудование технологических установок, вместимость которого рассчитана на прием продуктов в количествах, определяемых условиями безопасной остановки технологического процесса;
2. для снижения последствий аварий в производстве предусмотрена система противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) с дублированием систем контроля параметров;
3. система оповещения об аварийных ситуациях, интегрированная в существующую на предприятии систему оповещения;
4. поддоны под оборудованием для предотвращения растекания жидкостей, содержащих вредные и взрывопожароопасные вещества;

- для контроля загазованности по предельно допустимой концентрации и нижнему концентрационному пределу распространения пламени в производственных помещениях, рабочей зоне открытых наружных установок предусматриваются средства автоматического газового анализа с сигнализацией, срабатывающей при достижении предельно допустимых величин и с выдачей сигнала в систему ПАЗ;

- при превышении концентрации вредных веществ в производственных помещениях включаются соответствующие системы аварийной вентиляции и в необходимых случаях выполняется дистанционное отключение электрооборудования и закрытие отсекаелей технологических блоков. Световая и звуковая сигнализация о загазованности предусматривается в операторной. Во взрывоопасных помещениях производств и вне их перед входными дверями также предусматривается устройство световой и звуковой сигнализации загазованности воздушной среды;

- предусмотрена система автоматических блокировок, предотвращающих выход параметров, определяющих безопасность работы технологических узлов и отдельных аппаратов, за предельные значения;

- для предупреждения отклонения параметров процесса от предельно допустимых значений предусмотрены устройства сигнализации;

- для принятия оперативных мер по локализации возникающих аварийных ситуаций для аварийного дренажа, отключения аварийных блоков и отдельных аппаратов предусматривается быстродействующая арматура с дистанционным управлением из операторной;

- в зоне маслосистемы турбоагрегата на отметке 0,000 м предусмотрен монолитный железобетонный поддон;

- воздушник на линии сброса водорода снабжен огнепреградителем;

- вдоль оси К пристраиваемой части корпуса 502б предусматривается монолитный железобетонный канал для сбора проливов наружных установок конверсии и абсорбции, перекрытый съемными металлическими решетками.

1.3.3 Описание решений, направленных на обеспечение взрывопожаробезопасности

Категории взрывоопасности блоков проектируемых производств определены по расчетному значению относительного энергетического потенциала.

Для обеспечения взрывопожаробезопасности на декларируемом объекте, кроме мер, описанных выше (см. п. 1.3.1, п.1.3.2), предусмотрено следующее:

1. для каждого технологического блока произведена количественная оценка энергетического уровня и определена расчетом категория его взрывоопасности;

2. для обеспечения взрывобезопасности при пуске в работу или при остановке предусматривается система продувки азотом. Контроль за эффективностью продувки осуществляется по содержанию кислорода и горючих веществ в отходящих газах методом периодического отбора проб;

3. спуск пожаро- и взрывоопасных продуктов в канализационные системы даже в аварийных случаях запрещается;

4. насосы оборудуются системой контроля, управления и противоаварийной автоматической защиты;

5. для трубопроводов, предназначенных для транспортировки пожаровзрывоопасных продуктов в начальных и конечных точках трубопровода предусматриваются штуцера с арматурой и заглушкой для продувки их азотом;

6. автоматическое и дистанционное отключение при пожаре систем вентиляции;
7. предусмотрено автоматическое и ручное извещение о пожаре в производственных помещениях и на наружных установках;
8. предусмотрена защита от поражения электрическим током, защита от статического электричества, молниезащита, система уравнивания потенциалов;
9. применяемое электрооборудование изготовлено в исполнении, соответствующем классу взрывопожароопасной зоны согласно ПУЭ;
10. с целью защиты от статического электричества заземлено технологическое оборудование и трубопроводы;
11. производственные установки оснащаются противопожарным водопроводом, ручными извещателями пожара, пожарными гидрантами, и автоматической пожарной сигнализацией, сблокированной с приточной вентиляцией. Пристраиваемая часть корпуса 502б оборудуется системой внутреннего кольцевого противопожарного водопровода;
12. ряд помещений производственного корпуса оборудован автоматическими установками пожаротушения в соответствии с требованиями и нормами;
13. обеспечена безопасность персонала, постоянно находящегося в помещениях управления (операторные), административном здании от воздействия ударной волны. Выполнена оценка обеспечения устойчивости зданий, проведены расчеты радиусов зон разрушения при аварийных ситуациях с полным разрушением оборудования, содержащего ЛВЖ, ГЖ.

1.3.4 Описание систем автоматического регулирования, блокировок, сигнализации и других средств обеспечения безопасности

В объеме реконструкции корпуса 502б производства неконцентрированной азотной кислоты для эффективного управления технологическим процессом агрегатов № 3,4, обеспечения безопасности персонала, обеспечения безопасной

работы технологического оборудования и экологической безопасности предусматривается автоматизированная распределенная система управления технологическим процессом и противоаварийной защиты (далее по тексту - АСУТП).

Контроль и управление технологическим процессом агрегата № 2 предусматривается с рабочего места оператора-технолога в существующем помещении управления. Для агрегатов № 3,4 предусматривается установка дополнительных мониторов для станций управления. Также предусматривается передача и отображение информации о состоянии технологических параметров газотурбинного агрегата № 2 на станцию оператора-технолога, расположенную в существующем помещении объединенной операторной корпуса 502.

Для центральной части АСУТП агрегатов № 3,4 предусматривается:

- автоматизированная система управления (далее по тексту - РСУ);
- система противоаварийной защиты (далее по тексту - ПАЗ);
- источники бесперебойного питания (далее по тексту - ИБП) с батареями.

Система управления выполняет следующие основные функции:

- сбор и обработка информации от первичных измерительных преобразователей и представление ее оператору в удобном для управления виде;
- автоматическое регулирование основными параметрами с возможностью ввода корректирующих воздействий;
- дистанционное управление регулирующими клапанами и дистанционное отключение технологических блоков;
- печать аварийных ситуаций и срабатывание противоаварийных защит с указанием времени и первопричины срабатывания противоаварийной защиты;
- печать рапортов ежечасно, посменно, ежесуточно, а при необходимости, и на еженедельной и ежемесячной основе, кроме того, рапорты составляются по требованию;
- печать трендов и графиков.

РСУ является самодиагностируемой, самодокументируемой и содержит все функции, необходимые для усовершенствованного управления технологическим процессом.

РСУ включает в себя связь с системой ПАЗ, ведет обработку сигнализаций и графических дисплеев для групп блокировок ПАЗ.

Операторские станции в помещении управления обеспечены графическими

дисплеями, с отображением на них общих видов технологических схем, аппаратов в группах и по отдельности с индикацией текущего значения технологических параметров, в виде цветных изображений, состояния блокировок.

Система ПАЗ выполняет следующие функции:

- автоматическое обнаружение потенциально опасных изменений состояния технологического объекта или системы его автоматизации;
- автоматическое измерение технологических переменных, важных для безопасного ведения процесса;
- автоматическая (в режиме on-line) диагностика отказов, возникающих в системе ПАЗ и (или) в используемых ею средствах технического и программного обеспечения;
- автоматическая предаварийная сигнализация, информирующая оператора технологического процесса о потенциально опасных изменениях, произошедших в объекте или в системе ПАЗ;
- автоматическая защита от несанкционированного доступа к параметрам настройки и (или) выбора режима работы системы ПАЗ.

Защитные блокировки представляют собой набор автоматизированных функций безопасности. Автоматизированные функции безопасности, которые реализуются в ПАЗ, защищают персонал, технологическое оборудование и окружающую среду от возможных опасностей. Потеря связи с РСУ или ее неисправность не влияют на безопасную работу системы ПАЗ и восстановление связи осуществляется автоматически.

Останов газотурбинного агрегата М-101/3,4 производится по блокировке, которая инициирует:

- отключение разгонного двигателя;
- включение в работу пускового маслонасоса;
- закрытие предстопорного клапана 30,40 HVS-136 на линии подачи природного газа в камеру сгорания турбины М-101/ ^{С/А} /3,4;
- закрытие стопорного клапана на линии подачи природного газа в камеру сгорания турбины М-101/ ^{С/А} /3,4;
- открытие отсекателя 30,40HCVAS-137 на линии сброса природного газа на свечу;

- закрытие отсекателя 30,40HVS-139 на линии подачи природного газа на дежурную горелку камеры сгорания турбины М-101/ ^{С/А} /3,4;
- закрытие регулирующего клапана 30,40HVS-125 на линии подачи природного газа в камеру сгорания турбины М-101/ ^{С/А} /3,4;
- открытие отсекателя 30,40HVS-142 на линии слива масла предельной защиты;
- открытие противопомпажного клапана 30,40HCV-140;
- открытие перепускного клапана 30,40HCVAS-141 на линии подачи воздуха в камеру сгорания турбины;
- открытие электрозадвижки 30,40HCV-158 на линии подачи воздуха в камеру сгорания турбины М-101^{С/А} /3,4;
- открытие электрозадвижки 30,40HCV-279 на линии сброса хвостовых газов в атмосферу;
- открытие отсекателя 32,42HVS-270-2 на линии вывода газообразного аммиака на свечу (после обратного клапана перед смесителем Х-202/2);
- останов технологической части производится по блокировке IS-321,421^а.
При срабатывании блокировки IS-321,421^а происходит:
- закрытие отсекателей 31,41HVS-270-1, 32,42HVS-270-1 на линии подачи газообразного аммиака в смеситель Х-202/3,4;
- открытие отсекателей 31,41HVS-270-2, 32,42HVS-270-2 на линии вывода газообразного аммиака на свечу (до и после обратного клапана перед смесителем Х-202/3,4, соответственно);
- открытие отсекателя 30,40HVS-276 на линии продувки пароперегревателя котла-утилизатора Т-201/3,4 на свечу;
- открытие электрозадвижки 30,40HCV-281 на линии вывода газообразного аммиака в сеть;
- закрытие электрозадвижки 30,40HCV-280 на линии подачи газообразного аммиака в смеситель Х-202/3,4;
- открытие электрозадвижки 30,40HCV-279 на линии сброса хвостовых газов в атмосферу;
- открытие электрозадвижки 20HCV-158 на линии подачи воздуха в камеру сгорания турбины М-101^{С/А}/3,4.

Останов технологической части производится по блокировке IS-21, которая

инициирует:

- закрытие отсекаелей 31,41HVS-270-1, 31,41HVS-270-1 на линии подачи газообразного аммиака в смеситель X-202/3,4;
- открытие отсекаеля 31,41HVS-270-2 на линии вывода газообразного аммиака на свечу (до обратного клапана перед смесителем X-202/3,4);
- открытие отсекаеля 30,40HVS-276 на линии продувки пароперегревателя котла-утилизатора Т-201/3,4 на свечу;
- открытие электрозадвижки 30,40HCV-281 на линии вывода газообразного аммиака в сеть;
- закрытие электрозадвижки 30,40HCV-280 на линии подачи газообразного аммиака в смеситель X-202/3,4.

Для пневмоприводов клапанов используется осушенный сжатый воздух КИП, по качеству не ниже 1 класса загрязненности согласно ГОСТ 17433-80, из существующего ресивера воздуха КИП с применением существующих и прокладкой необходимых дополнительных коллекторов воздуха КИП.

Технические средства АСУ ТП снабжаются электроэнергией по особой группе I категории надежности от двух независимых взаиморезервируемых вводов 380В переменного тока. На каждом вводе установлен источник ИБП. В случае отказа одного ИБП, другой обеспечивает бесперебойную работу потребителей АСУТП.

Время автономной работы от внешних батарей в случае прекращения питания от сети - 30 минут при 100 % нагрузке на ИБП.

Для питания потребителей «верхнего» уровня системы управления, аналоговых датчиков, соленоидных вентилях отсечных клапанов и другого оборудования напряжением 24В постоянного тока предусматриваются резервированные источники питания на 24В.

АНАЛИЗ РИСКА

2.1 Анализ известных аварий

2.1.1 Перечень аварий и обобщенные данные об инцидентах, имевших место на декларируемом объекте

Данные об авариях и инцидентах не приводятся, так как на момент разработки Декларации промышленной безопасности опасный производственный объект - агрегаты УКЛ-7-76 №3,4 в рамках реконструкции действующего цеха №5 на ПАО «КуйбышевАзот» не введен в эксплуатацию.

2.1.2 Перечень наиболее опасных по последствиям аварий, имевших место на других аналогичных объектах, или аварий, связанных с обращающимися опасными веществами

Перечень аварий, имевших место на других аналогичных объектах, или аварий, связанных с обращающимися опасными веществами, приведен ниже (Таблица 5).

Таблица 5 - Перечень аварий, имевших место на других аналогичных объектах

Дата и место	Вид аварии	Описание аварии и основные причины	Масштабы развития аварии, максимальные зоны действия поражающих факторов	Число пострадавших, ущерб
08.1992 г. Хладокомбинат, г.Новорос-сийск	Выброс аммиака, загазованность	В результате разгерметизации трубопровода аммиака произошел выброс газа	Территория комбината	Пострадало 16 человек
22.06.1993 г. г.Дзержинск ОАО «Корунд»	Выброс опасных веществ	В производстве аммиака произошел разрыв верхней части конденсационной башни. Производство не останавливалось. Причина: попадание природного газа из-за нарушения целостности трубчатки водонагревательного теплообменника из трубного пространства в межтрубное и далее в конденсационную башню, вероятным источником искры явилось статическое электричество или блуждающие токи	Авария ликвидирована в пределах установки	Пострадавших нет
23.10.2000 г. г. Дзержинск ОАО Орг-стекло	Выброс опасного вещества	Во время эксплуатации АХУ на линейном ресивере произошла разгерметизация штуцера Ду10 и выброс аммиака на территории установки	Выброс 1500 кг аммиака. Площадь загазованности 0,04 км ²	Нет данных
25.04.2004 г. ОАО «Хладокомбинат №14» (Управление Московского округа)	Взрыв аммиачно-воздушной смеси	Из-за разрушения трубопровода газообразного аммиака взорвалась аммиачно-воздушная смесь	Частично обрушились стены и перекрытия 4-этажного производственного корпуса. Авария сопровождалась выбросом аммиака	Пострадавших нет

Дата и место	Вид аварии	Описание аварии и основные причины	Масштабы развития аварии, максимальные зоны действия поражающих факторов	Число пострадавших, ущерб
01.02.2005 г. ОАО «Хакасский рыбокомбинат»	Выброс аммиака	На аммиачно-холодильной установке из-за повреждения трубного пучка конденсатора произошел выброс аммиака в атмосферу	Нет данных	Пострадавших нет
23 мая 2005 г. ОАО «Мясокомбинат Лискинский»	Выброс аммиака	Авария на аммиачной холодильной установке, в состав которой входят компрессорный цех, холодильник, конденсаторное отделение. В день аварии без видимых причин в торце здания холодильника обрушилась кирпичная кладка фронтона и часть несущей стены на 4-м этаже, расслоилась и обрушилась несущая стена на 3-м этаже. В результате оборваны, деформированы и разгерметизированы аммиачные трубопроводы, что привело к утечке аммиака. Причина - износ несущих конструкций	Обрыв, деформация, разгерметизация аммиачных трубопроводов. Утечка аммиака в течении 1 ч. 20 мин	Нет данных
12.07.2006 г. Корсаковский рыбо-консервный завод - филиал «Южно-Сахалинский рыбозавод»	Выброс аммиака	В аммиачном холодильнике разрушилось резиновое сальниковое уплотнение нагнетательного вентиля аммиачного компрессора	Нет данных	Госпитализирован 1 человек

Дата и место	Вид аварии	Описание аварии и основные причины	Масштабы развития аварии, максимальные зоны действия поражающих факторов	Число пострадавших, ущерб
03.05.2007 г. «Микояновский мясоперерабатывающий завод»	Выброс аммиака	На заводе произошел разлив аммиака из поврежденного трубопровода. Причиной произошедшего стал неудачный маневр грузовика - была задета стойка, на которой крепился трубопровод диаметром 100 мм. В результате произошел разрыв трубы, из которой наружу вырвалось до 100 кг аммиака. По предварительному заключению, подача аммиака была остановлена сработавшей системой автоматической защиты	Аммиак разлился на площади около 100 кв. м. На месте происшествия работали 5 пожарных расчетов и 1 поисково-спасательный отряд	Пострадало 2 человека, в том числе 1 погиб
24.11.2008 г Вологодская область	Взрыв природного газа	Произошел взрыв газовой смеси в топке автоматизированного котла	Поврежден котел и газоход	Нет данных
24.11.2008 г. Кировская область	Взрыв природного газа	Произошел взрыв газовой смеси в топке автоматизированного котла	Поврежден котел	Нет данных
11.11.1993 г. г. Норильск, Красноярский край	Разлив азотной кислоты	В наркологическом диспансере города из-за неосторожного обращения была разлита азотная кислота	Нет данных	Отравились 90 человек, в том числе 18 человек находились в тяжелом состоянии
16.12.1998 г. Корпус 202/06 (Менделеевская-зот)	Пролив азотной кислоты	В 14 часов обнаружили пролив кислоты на землю через переливной стакан в помещении насосной в результате перелива дренажной емкости Е-502 при отпуске азотной кислоты сторонней организации. Причина: ошибочные действия обслуживающего персонала при выдаче кислоты	Попадание кислоты в грунт. Испорчено 8 т азотной кислоты.	Пострадавших нет

Дата и место	Вид аварии	Описание аварии и основные причины	Масштабы развития аварии, максимальные зоны действия поражающих факторов	Число пострадавших, ущерб
08.12.1999 г. ж/д ветка между г.Монтро и г.Сан-Галмье, Франция	Разгерметизация ж/д цистерн	На железнодорожной ветке между городами Монтро и Сан-Галмье сошел с рельс товарный поезд с азотной кислотой. Четыре цистерны с азотной кислотой перевернулись и разгерметизировались	Нет данных	Пострадавших нет
14.07.2000 г. ООО «Волга-Чермет» на базе УПТК ЗАО «Автозаводстрой»	Умышленный слив смеси азотной и серной кислот на землю	На предприятии ООО «Волга-Чермет» было вылито на землю десять тонн смеси азотной и серной кислот. Неизвестные подогнали кран и, приподняв 60-тонную цистерну, с помощью шлангов слили на землю жидкость. Рабочие жаловались на сильную головную боль. Исследовав местность и взяв на анализ пробы, специалисты МЧС определили, что по территории предприятия растеклись 10 тонн опасного вещества - нитроолеума, служащего окислителем топлива для зенитных ракетных комплексов. В цистерне еще оставалось около двух кубометров компонента ракетного топлива, поэтому опасная зона была огорожена	Выброс 10 тонн нитроолеума, зона действия поражающих факторов – территория предприятия	Пострадавших нет, ущерб 500 тысяч рублей

Дата и место	Вид аварии	Описание аварии и основные причины	Масштабы развития аварии, максимальные зоны действия поражающих факторов	Число пострадавших, ущерб
21.06.2001 г. СКБ «Технолог» Санкт-Петербург	Взрыв	<p>В Санкт-Петербурге произошел взрыв в производственном помещении специального конструкторского бюро «Технолог», расположенного в районе метро «Рыбацкое». Как выяснилось, в одном из цехов конструкторского бюро взорвалась установка, в работе которой использовалось 200 литров азотной кислоты.</p> <p>В 20.50 прибывшие на место аварии пожарные установили водяную завесу, позволяющую предотвратить распространение ядовитых паров соединений азота. Благодаря этой завесе удалось не допустить, чтобы ядовитое облако двинулось в сторону города, куда как раз в этот момент дул ветер.</p> <p>На месте аварии найдено несколько поврежденных бочек с азотной кислотой, которые были вывезены в безопасное место. Место взрыва обрабатывалось веществами, нейтрализующими ядовитые пары.</p> <p>Точная причина взрыва пока не установлена. Специалисты считают, что во время работы установки могло произойти нарушение технологического процесса.</p> <p>Под завалами оказалась аппаратчица.</p>	В результате взрыва разрушилось левое крыло двухэтажного здания. Общая площадь завала составляет 400 квадратных метров.	Пострадал 1 человек

Дата и место	Вид аварии	Описание аварии и основные причины	Масштабы развития аварии, максимальные зоны действия поражающих факторов	Число пострадавших, ущерб
08.09.2000 г. Новосибирский химзавод	Разгерметизация сливной трубы емкости с азотной кислотой	В одном из цехов Новосибирского завода химконцентратов около 5 утра по местному времени разлилась азотная кислота. Она вылилась из емкости объемом 900 килограммов. Серьезно пострадал один рабочий. В состоянии средней тяжести, с химическими ожогами рук и лица он доставлен в ожоговый центр областной клинической больницы. Кислота разлилась из-за повреждения сливной трубы емкости. В течение полутора часов кислоту удалось нейтрализовать.	Выброс 900 кг азотной кислоты	Пострадал 1 человек
23.01.2007 г. г.Хабаровск	Пролив азотной кислоты в результате транспортной аварии	В Хабаровске из-за аварии на дороге вылилось около 100 килограммов азотной кислоты. Происшествие произошло по улице Краснореченской в районе кондитерского комбината. Автомобиль КамАЗ перевозил пятитонную емкость с соляной кислотой и две пластмассовые емкости с пятидесятипроцентной азотной кислотой объемом более тонны каждая. По словам водителя КамАЗа, на дороге его "подрезала" машина, и ему пришлось резко затормозить. Из-за этого цистерны с азотной кислотой ударились друг о друга, и одна из них треснула.	Кислота разлилась на асфальте на площади 10 квадратных метров, Краснореченскую трассу перекрыли. Пожарные смыли кислоту с дороги в кювет. Специалисты из оперативной службы города нейтрализовали кислоту щелочью.	Пострадавших нет

Дата и место	Вид аварии	Описание аварии и основные причины	Масштабы развития аварии, максимальные зоны действия поражающих факторов	Число пострадавших, ущерб
май 2007 г. ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод»	Утечка азотной кислоты	В ОАО "Каменск-Уральский металлургический завод" произошла утечка азотной кислоты. С крыши цеха №6 на наружный трубопровод диаметром 50 миллиметров, по которому подавалась кислота, упал кусок штукатурки - в трубе образовался свищ. Приехавшие спасатели немедленно перекрыли трубопровод, локализовали распространение облака струями воды, вытекшую азотную кислоту загасили сорбентом.	Произошла утечка кислоты в бетонную выемку — образовалось "азотное" облако на площади 4 квадратных метра.	Жертв и пострадавших нет
07.10.2008 Провинция Чжэцзян, Китай	Пролив азотной кислоты в результате транспортной аварии	По данным местных властей, в результате дорожной аварии утром во вторник произошел разлив азотной кислоты. Автомобиль, перевозивший цистерну с 29 тоннами опасной жидкости, врезался в дорожное ограждение, в результате чего произошел взрыв кислоты. В результате аварии вещество вылилось в реку, протекающую вдоль жилых поселений. По первоначальным данным расследования, авария произошла из-за усталости водителей, которые совершали длительный перегон без отдыха	Более ста жителей близлежащих районов во избежание отравления были эвакуированы. Власти сообщают, что в реку для нейтрализации кислоты было вылитое большое количество щелочи, после чего показатели чистоты воды и воздуха в районе более не опасны для человека.	Двое водителей получили отравление и ожог дыхательных путей
28.05.2008 г. Казахстан	Течь из цистерны с азотной кислотой	После обнаружения течи в цистерне с 67 тоннами неконцентрированной азотной кислоты на станции Жана-Семей, на место происшествия прибыли представители ЧС, КНБ, службы санэпиднадзора, управлений пожарной безопасности и охраны окружающей среды. По согласованному решению, поврежденная цистерна была отогнана на спецплощадку железнодорожного тупика для проведения ремонтно-восстановительных работ.	Авария устранена. Цистерна с азотной кислотой продолжила путь на место своего назначения	Пострадавших нет

2.1.3 Анализ основных причин произошедших аварий

В основу анализа положены как примеры аварий и неполадок, приведенные в п. 2.1.2, так и статистические данные по отказам отдельных видов оборудования и их элементов в промышленности.

Все рассмотренные аварии можно разделить на следующие 4 группы:

1. аварии, связанные с отказом оборудования или отдельных элементов технологических систем при нормальных параметрах технологического процесса;
2. аварии, связанные с отказом отдельных элементов технологических систем при отклонении технологических параметров от допустимых значений;
3. аварии, связанные с ошибками технологического или ремонтного персонала при выполнении производственных операций;
4. аварии, связанные с причинами природного характера.

Для первой группы аварий характерны следующие причины:

1. неправильный выбор конструкционных материалов;
2. отказ устройств для перемещения рабочих сред (компрессоров, насосов и т.д.);
3. отказ систем противоаварийной защиты;
4. разрушение или разгерметизация оборудования, трубопроводов, сварных или фланцевых соединений из-за превышения внутренних нагрузок, потери механической прочности материалов;
5. разрушение или разгерметизация оборудования из-за коррозии, усталостности материала.

Для второй группы аварий характерны отказы систем автоматического регулирования технологических параметров.

Для третьей группы аварий характерны различные виды ошибок персонала при выполнении различных операций или ошибки проекта.

Для четвертой группы аварий характерно влияние внешней среды на техническое состояние оборудования (например, действие низких или высоких температур).

Анализ представленных данных показывает, что на аналогичных объектах, содержащих аналогичные опасные вещества, возможны аварии, сопровождающиеся выбросом опасного вещества, загазованностью территории, формированием и распространением взрывоопасных и токсичных облаков, взрывами и пожарами. Основными поражающими факторами в случае аварий являются ударная волна, тепловое излучение, открытое пламя, токсическое поражение и осколки разрушенного оборудования.

Источники огня, вызывающие поджигание и горение горючевоздушных смесей, разнообразны по природе и многочисленны. Для декларируемого объекта источники воспламенения могут быть постоянные (не взрывозащищенная электроаппаратура и т.п.) или случайные (временные огневые работы, транспортные средства и т.п.), которые могут привести к взрыву парогазового облака при его распространении.

Ниже в Таблице 6 приведены обобщенные причины аварий на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности в 2018-2019 годах по данным Ростехнадзора*.

Таблица 6 - Обобщенные причины аварий на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности

Основные причины	Доля установленных причин, %			
	аварий		несчастных случаев со смертельным исходом	
	2019	2018	2019	2018
Технические причины				
Неудовлетворительное техническое состояние оборудования	-	14,3	-	-
Неисправность (отсутствие) средств ПАЗ, сигнализации	-	-	-	-
Несовершенство технологии или конструктивные недостатки	50	14,3	50	-
Отступление от требований проектной, технологической документации	-	55,7	-	50

* Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №2 за 2020 г.

Основные причины	Доля установленных причин, %			
	аварий		несчастных случаев со смертельным исходом	
	2019	2018	2019	2018
Нарушение регламента ревизии или обслуживания технических устройств	-	7,1	-	-
Нарушение регламента ремонтных работ или их низкое качество	50	8,6	50	50
Наличие скрытых дефектов или неэффективность входного контроля	-	-	-	-
Использование в технических устройствах конструкционных материалов или частей, не соответствующих проекту	-	-	-	-
Несоответствие проектных решений условиям производства и обеспечения безопасности	-	-	-	-
Отсутствие автоматизации опасных операций, механизации работ	-	-	-	-
Организационные причины				
Неправильная организация производства работ	-	24,3	-	50
Неэффективность производственного контроля	100	62,9	100	50
Нарушение технологической и трудовой дисциплины	-	11,4	-	-
Низкий уровень знаний требований промышленной безопасности	-	-	-	-
Неосторожные или несанкционированные действия исполнителей работ	-	-	-	-
Прочие причины	-	1,4	-	-
Умышленная порча технических устройств с целью хищения	-	-	-	-
Алкогольное опьянение исполнителей работ	-	-	-	-
Внешнее воздействие	-	-	-	-
Стихийные явления	-	-	-	-

Таблица 7 - Сравнительный анализ распределения аварий по видам опасности за 2019 и 2018 гг.

Показатель	2019г.	2018 г.	+/-
Взрыв	1	1	-
Пожар	1	2	-1
Выброс опасных веществ	-	3	-3
Разрушенные технические устройства	-	-	-
Разгерметизация оборудования	-	1	-1
Итого:	2	7	-5

2.2 Анализ условий возникновения и развития аварий

2.2.1 Определение возможных причин возникновения аварий и факторов, способствующих возникновению и развитию аварий

Аварийная разгерметизация оборудования, содержащего опасные вещества, может привести к загазованности территории и производственных помещений. Размеры зон поражения могут существенно изменяться в зависимости от объема выброса, характера аварийной ситуации, температуры окружающего воздуха, характера и температуры подстилающей поверхности и метеоусловий. Среди возможных причин, способствующих возникновению и развитию аварий, в целом, можно выделить условно следующие взаимосвязанные группы причин, характеризующиеся:

1. свойствами обращающихся в процессе веществ;
2. основными (типовыми) процессами, протекающими в оборудовании;
3. физическим износом, коррозией, механическими повреждениями оборудования и трубопроводов;
4. ошибочными действиями персонала;
5. прекращением подачи энергоресурсов;
6. нерасчетными внешними воздействиями природного и техногенного характера.

2.2.1.1 Возможные причины и факторы, связанные со свойствами обращающихся в процессе веществ

Имеющееся на объекте значительное количество аммиака, способного при возникновении аварии испаряться в атмосферу, является существенным фактором, определяющим развитие аварии по варианту с тяжелыми последствиями.

Пары аммиака легче воздуха, при мгновенном выбросе большого количества жидкого аммиака, из-за бурного вскипания и резкого понижения температуры, в атмосферу поднимается аммиак в виде капель, образуя аммиачно-воздушную смесь с плотностью большей, чем плотность воздуха. Капли и пары температурой $-33,4^{\circ}\text{C}$ охлаждают воздух, конденсируя из него влагу, делая смесь белого цвета плотнее воздуха при их содержании (16-20%). Аэрозольное облако активно поглощает влагу атмосферного воздуха с образованием аммиачной воды. Поверхностный слой облака становится негорючим, препятствует возгоранию. Капли аммиака делают аэрозольное облако непожаро- и невзрывоопасным.

В то же время трудногорючая жидкость сжиженного аммиака с температурой кипения $-33,4^{\circ}\text{C}$ за счет тепла подстилающей поверхности (поддона или грунта) начинает испаряться. При наличии постоянного источника воспламенения в период ее бурного испарения (кипения) сразу после пролива горение паров происходит лишь в виде периодических вспышек. По мере снижения интенсивности теплового потока от подстилающей поверхности поддона кипение затухает. С окончанием кипения жидкого аммиака прекращаются и периодические вспышки.

Нормальная скорость распространения аммиачно-воздушной смеси при атмосферном давлении и температуре окружающей среды не превышает 0,1 м/с. Скорость нарастания давления при стационарном горении стехиометрической смеси аммиак-воздух в замкнутом объеме также мала – 6 МПа/с. Поэтому при сгорании неограниченного облака, то есть на наружных площадках, разрушительная взрывная волна не образуется.

Взрывные явления аммиачно-воздушных смесей в промышленных условиях отмечены лишь в замкнутых системах, при высоких температурах и давлении.

Все известные случаи взрывов происходили в замкнутых объемах, где образовывались взрывоопасные смеси и находился источник воспламенения с энергией не менее 680 мДж, с температурой не ниже 630°C . При ведении технологического

процесса на проектируемой установке в соответствии с нормами технологического режима оборудование находится под давлением паров аммиака и воздух попасть в систему не может, так как принудительная его подача проектом не предусмотрена. Воздух в аппараты может попасть только в процессе выполнения операций по подготовке и проведении ремонтных работ, при вскрытии оборудования, т.е. при отсутствии избыточного рабочего давления. Поэтому даже в крайне маловероятных случаях образования в оборудовании аммиачно-воздушной смеси, ее загорание невероятно из-за отсутствия в оборудовании источников зажигания.

Так как вероятность возникновения волн давления, представляющих опасность для жизни человека, при сгорании аммиака в неограниченном пространстве приближена к нулю, в данной Декларации такие аварийные ситуации не рассматриваются.

Исходя из вышеизложенного, основной опасностью при аварийных ситуациях с аммиаком является токсическое действие на человека при вдыхании паров аммиака.

При оценке поражающего токсического воздействия на открытой площадке оценивается распределение токсодоз смертельного и обратимого поражения.

Под зоной возможного химического поражения при выбросе токсичного вещества аммиака с учетом всех направлений ветра принимается круг с радиусом, равным глубине поражения, т.е. равным глубине распространения облака зараженного воздуха с токсодозой, влекущей за собой обратимое (пороговое) и необратимое (смертельное) поражение.

Типичные аварийные ситуации, связанные с эксплуатацией аммиака в химической промышленности, характеризуются:

- утечкой опасного вещества из оборудования;
- диспергированием, испарением вещества и образованием взрывопожароопасной смеси с воздухом или токсичного облака;
- наличием или появлением в процессе истечения вещества источника первичного инициирования процесса горения или взрыва горючего облака в замкнутом пространстве;
- распространением токсичного облака.

Реакционные процессы

В апп. поз. Р-201/3,4 аммиак окисляется кислородом воздуха до оксида азота (II) на платиновых катализаторных сетках. Реакция окисления аммиака протекает при температуре + 880 - 910 °С с кислородом, содержащимся в аммиачно-воздушной смеси.

Безопасное ведение технологического процесса в части превышения нормы по температуре под катализаторными сетками контактного аппарата до + 950 °С обеспечивается схемой защитной блокировки.

Реакции абсорбции оксидов азота с получением неконцентрированной азотной кислоты в абсорбционной колонне происходят в двух фазах: жидкой и газообразной при температуре 35 °С. Реакция является экзотермической.

Отвод реакционного тепла процесса абсорбции производится оборотной водой, проходящей по охлаждающим трубчатым змеевикам, уложенным на тарелках абсорбционной колонны. Основными показателями стадии является степень абсорбции - не менее 99 % и концентрация азотной кислоты - не менее 57 %.

Массообменные процессы

К массообменным процессам на декларируемом объекте относятся процессы абсорбции, смешения.

Теплообменные процессы

Теплообменные процессы используются для отвода тепла экзотермических реакций, нагрева и испарения жидкостей и газов, конденсации паров.

Теплообменные процессы на декларируемом объекте используются в аппарате подготовки газообразного аммиака поз. Т-204/3,4 для нагрева аммиака, подогревателе газообразного аммиака поз. Т-205/3,4, в теплообменниках и холодильниках для нагрева и охлаждения нитрозных газов, нагрева и охлаждения хвостового газа.

Опасность теплообменных процессов на декларируемом объекте обусловлена, в основном, высокими значениями технологических параметров процессов и обращением в них горючих парогазовых смесей и жидкостей.

Нарушение режима теплообмена может привести к повышению температуры и давления в оборудовании, а также к возникновению недопустимых напряжений в аппаратах кожухотрубчатого типа, с последующей их разгерметизацией и выбросом опасных веществ.

Гидродинамические процессы

К гидродинамическим процессам на декларируемом объекте можно отнести процессы перемещения и смешения различных продуктов.

Гидродинамические процессы способствуют увеличению скорости коррозионного и эрозионного износа оборудования, что приводит к его разгерметизации, а также способствуют накоплению зарядов статического электричества.

Используемые в производстве компрессорные агрегаты являются источником повышенной опасности, т.к. повышение давления и температуры сжимаемого газа сверх допустимых норм может привести к разрыву отдельных элементов компрессоров и трубопроводов обвязки, утечке через неплотности опасных веществ и созданию загазованности, взрывам и пожарам. Кроме того, попадание жидкой фазы в цилиндры может привести к разрушению компрессоров от гидроударов. Повышенные вибрационные нагрузки также могут стать причиной разрушения элементов компрессорных агрегатов.

Насосное оборудование является источником повышенной опасности, так как представляет собой источник давления. Отдельные элементы конструкции насосов обладают низким уровнем надежности (особенно торцевые уплотнения и подшипниковые узлы), что является источником утечек опасных веществ.

Трубопроводы трубопроводных систем опасных веществ имеют различную протяженность. Они являются источником повышенной опасности из-за наличия сварных и фланцевых соединений, запорной и регулирующей арматуры, жестких условий работы (перепад давлений и температур) и значительных объемов опасных веществ, перемещаемых по ним. К основным типам отказов трубопроводов, приводящим к значительным утечкам, следует отнести образование протяженных трещин с эквивалентным диаметром более 10 мм. По опубликованным данным примерно половина аварийных выбросов опасных веществ происходит из-за разрушения трубопроводов.

Процессы хранения

Процессы хранения характеризуются наличием большого количества опасных веществ, одновременно находящихся в емкостях и способных участвовать в создании поражающих факторов аварии.

Операции заполнения и опорожнения емкостного оборудования связаны с опасностью его переполнения и нарушением режима работы насосного оборудования и трубопроводных систем при снижении уровня жидкости в резервуарах (гидравлические удары, работа насосного оборудования всухую).

2.2.1.3 Опасности, связанные с физическим износом, коррозией, механическими повреждениями, температурными деформациями ответственных элементов оборудования и трубопроводов

Коррозионный износ также в настоящее время достаточно актуален. Надземные емкости и трубопроводы подвержены атмосферной коррозии при нарушении изоляционных покрытий. Коррозионное разрушение при достаточной прочности конструкций аппаратов (трубопроводов) чаще всего имеет локальный характер и не приводит к серьезным последствиям, однако, при несвоевременной локализации может произойти дальнейшее развитие аварии.

Отказы вследствие физического износа связаны с эксплуатацией оборудования сверх нормативного срока, несвоевременной заменой.

Механические повреждения конструкций и оборудования на декларируемом объекте могут привести к нарушению герметичности системы при выполнении строительных или ремонтных работ в непосредственной близости от технологических аппаратов или трубопроводов, а также при транспортной аварии.

Все эти факторы способны привести к разгерметизации оборудования, выбросу опасных веществ, взрыву, пожару, поражению людей.

2.2.1.4 Опасности, связанные с прекращением подачи сырьевых или исходных компонентов и энергоресурсов

Прекращение подачи энергоресурсов может привести к нарушению нормального режима работы компрессорных агрегатов, насосов, отказу систем

аварийной сигнализации и автоматического управления, и как следствие, к нарушению нормального режима технологических операций и созданию аварийной ситуации.

При полном прекращении электроснабжения и срабатывании аварийных программ из технологических систем через предохранительные клапаны и другие устройства сбрасывается огромное количество горючих газов, с которыми аварийные системы утилизации или сжигания газовых сбросов не справляются. По этой причине при внезапном прекращении электроснабжения возможны аварии с разрушением факельных систем.

Для обеспечения надежности электроснабжения предусматриваются следующие решения:

1. резервирование источников питания;
2. резервирование питающих кабельных линий;
3. резервирование понизительных трансформаторов;
4. резервирование электроприводов;
5. питание рабочих и резервных электроприемников от разных секций распределительных устройств;
6. автоматическое переключение на резервный источник при выходе из строя основного.

2.2.1.5 Опасности, связанные с внешними воздействиями техногенного и природного характера

Потенциально механические повреждения зданий и оборудования на декларируемом объекте могут возникнуть в результате внешнего воздействия природного и техногенного характера, а также в случае террористического акта.

Применительно к месторасположению декларируемого объекта опасности, связанные с землетрясениями, оползнями, селями, лавинами, затоплениями территории, исключаются.

Территория города Тольятти, на которой находится проектируемый объект, подвержена природным воздействиям, которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций:

- грозы (молниевая активность);
- ливни;

- сильные ветры;
- снежные заносы.

Объектов, представляющих угрозу механических повреждений зданий и сооружений декларируемого объекта, поблизости не имеется.

Механические повреждения могут возникнуть в случае террористического акта. На предприятии ПАО «КуйбышевАзот», на территории которого расположен декларируемый объект, предусмотрена охрана от постороннего вмешательства, также приняты дополнительные меры по охране декларируемого объекта.

Территория ПАО «КуйбышевАзот» имеет ограждение по всему периметру, для предотвращения проникновения на территорию посторонних лиц и находится под круглосуточной охраной. Дополнительно по периметру выполнено ограждение «Егоза». На всей территории объекта предусмотрено освещение.

Ограждение оснащено техническими средствами физической защиты и оборудовано контрольно-пропускными пунктами для прохода людей и проезда автомобильного и железнодорожного транспорта.

Охрану территории предполагается осуществлять силами частного охранного подразделения (ЧОП).

Размещение контингента охраны предусматривается в проходных.

Наличие и достаточность мероприятий по обеспечению противоаварийной устойчивости опасных производственных объектов характеризуется следующими мерами:

1. усиление режима охраны (выставление отдельных постов либо маршрутов патрулирования) наиболее уязвимых в диверсионном отношении объектов;
2. реализованы меры по защите опасных участков от проникновения посторонних лиц, в том числе путём установки систем видеонаблюдения с цифровой записью на центральный сервер и постоянным контролем в масштабе реального времени оператором дежурной части охраны.

2.2.1.6 Опасности, связанные со сбоем устройств и систем управления, ошибками персонала

К основным причинам аварий, связанных с ошибочными действиями персонала и приводящих к разгерметизации оборудования с выбросом опасных веществ, можно отнести:

1. ошибки при пуске/останове оборудования;
2. ошибки при подготовке оборудования к ремонтным и профилактическим работам;
3. ошибки при ведении технологического процесса и неадекватное восприятие информации, получаемой от приборов контроля;
4. ошибки при локализации аварийных ситуаций.

В случае неверных действий персонала существует вероятность разгерметизации оборудования и выброса больших количеств опасных веществ.

Особую опасность представляют ошибки при пуске и останове оборудования, ведении ремонтных, профилактических и других работ, связанных с неустойчивыми переходными режимами, с освобождением и заполнением оборудования опасными веществами. В случае неправильных действий персонала существует возможность разгерметизации системы и возникновения крупной аварии.

2.2.2 Определение сценариев аварий с участием опасных веществ

Под сценарием возможных аварий обычно подразумевается последовательность логически связанных между собой отдельных событий (истечение, выброс, испарение, рассеяние, дрейф паров, воспламенение, горение/взрыв, воздействие на людей и соседнее оборудование и т.п.), которые обуславливаются конкретным инициирующим событием. Одно инициирующее событие, в зависимости от условий, может вызвать развитие аварийной ситуации по сценариям с различными конечными событиями. Набор различных сценариев с одним общим инициирующим событием называется группой сценариев.

Возникающие на декларируемом объекте возможные аварии необходимо рассматривать с точки зрения возможности развития аварийных ситуаций, которые

связаны с выбросами и утечками из трубопроводов и оборудования токсичных и взрывопожароопасных веществ.

При разрывах трубопроводов, разъемных соединений, неисправности запорной и регулирующей арматуры, повреждениях или полном разрушении оборудования может произойти выброс веществ в жидком, газообразном или в двухфазном состоянии, в зависимости от характера и места разрушения, а также в зависимости от температуры, при которой находятся рассматриваемые вещества.

Объем выброса определяется количеством вещества, находящимся в оборудовании, его физическим состоянием, давлением, температурой, расходом, размером отверстия разгерметизации и превентивными мероприятиями. При низкой скорости выброса и сравнительно продолжительной его длительности количество выброшенного вещества будет зависеть в основном от времени обнаружения утечки и оперативности действия персонала по локализации аварии и ликвидации ее последствий.

При выбросе сжиженных газов могут образовываться два типа облаков, распространяющихся в атмосфере последовательно: первичное и вторичное.

Первичное облако образуется в течение первых минут после начала выброса, в него входят газовая фаза, находившаяся в блоке, и часть перегретой жидкой фазы, перешедшая в атмосферу в результате вскипания и диспергирования жидкой фазы.

Вторичное облако образуется при испарении пролива и/или при струйном выбросе и распространяется в виде шлейфа. Испарение в этом случае определяется скоростью подвода тепла от подстилающей поверхности и атмосферного воздуха.

Практика показывает, что наиболее вероятными являются сравнительно небольшие выбросы, т.к. полное разрушение оборудования и трубопроводов маловероятно. В то же время незначительные утечки, в случае неконтролируемого развития аварийной ситуации, могут привести к полному разрушению оборудования и последующему выбросу его содержимого. Поэтому рассмотрены и оценены сценарии аварий с максимально возможным выбросом веществ.

Для количественной оценки, исходя из анализа данных по аварийности, особенностей технологической схемы, расположения оборудования, характера

распределения опасных веществ по аппаратам выбраны следующие наиболее вероятные и опасные по своим последствиям группы сценариев:

Сценарий С1: Разгерметизация или разрушение оборудования/трубопроводов → истечение (выброс) опасного вещества в газовой фазе → образование и распространение взрывопожароопасного облака по помещению или на открытой площадке → воспламенение взрывоопасного облака от источника зажигания (автомобиля с работающим двигателем, неисправного электрооборудования или открытого источника огня) → взрыв облака → разрушение оборудования, зданий, сооружений, поражение людей ударной волной – последующие развитие аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества.

Сценарий С2: Разгерметизация или разрушение оборудования/трубопроводов → истечение (выброс) опасного вещества в жидком и газообразном виде → образование пролива опасного вещества на подстилающей поверхности (или в поддоне) → вскипание жидкости + образование пароаэрозольного токсичного облака → распространение токсичного облака на наружной установке → интоксикация людей, попавших в зону токсичного облака.

Сценарий С3: Разгерметизация или разрушение оборудования/трубопроводов → истечение (выброс) опасного вещества в газовой фазе → образование и распространение токсичного облака по помещению или на открытой площадке → попадание в зону распространения токсичного облака персонала объекта → интоксикация людей, попавших в зону токсичного облака.

Сценарий С4: Разгерметизация или разрушение оборудования/трубопроводов → истечение (выброс) опасного вещества в жидком виде → образование пролива опасного вещества на подстилающей поверхности (или в поддоне) → химический ожог персонала, попавшего в зону пролива.

Общая схема развития аварийной ситуации, связанной с оборудованием и трубопроводами, где обращаются опасные вещества, приведена ниже (Рисунок 8).

Описание принятых сценариев приведено на схемах «дереьев событий». Частота реализации каждого сценария аварии рассчитывается как произведение вероятности возникновения аварии на условную вероятность реализации

конкретного исхода аварии, при этом условная вероятность инициирующего события (разгерметизация оборудования или утечка из трубопровода) принималась равной 1,0.

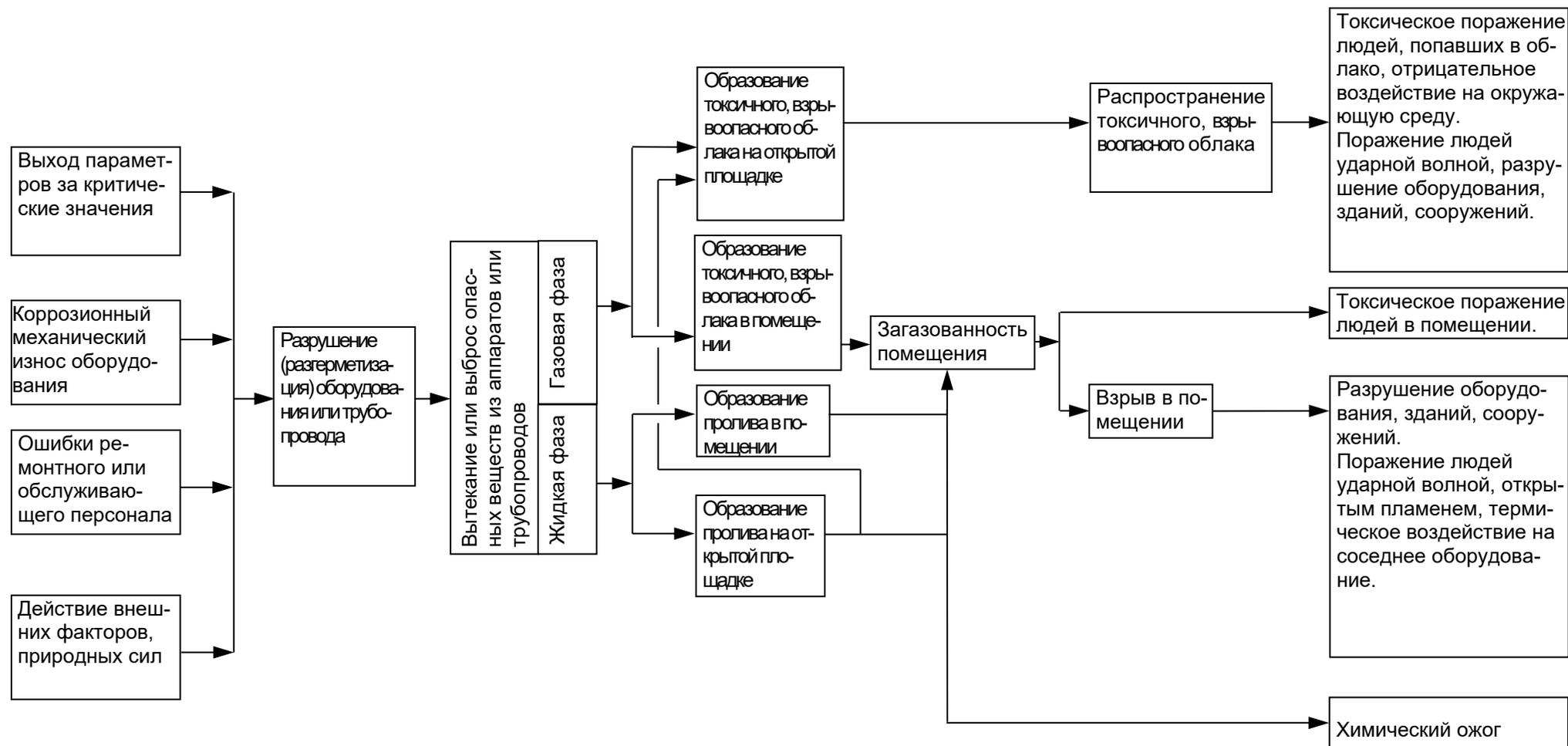


Рисунок 8 - Общая схема развития аварийной ситуации

Ниже (Таблица 8-10) приведены обобщенные статистические данные по отказам оборудования и трубопроводов, которые учитывались при определении частоты реализации инициирующих событий, вызывающих утечку и выброс, последующее развитие аварии (Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»).

Таблица 8 – Частоты разгерметизации трубопроводов

Внутренний диаметр трубопровода	Частота разгерметизации, год ⁻¹ *м ⁻¹	
	Разрыв на полное сечение, истечение из двух концов трубы	Истечение через отверстие с эффективным диаметром 10% номинального диаметра трубы, но не более 50 мм
	ТР1	ТР2
Менее 75 мм	1 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶
От 75 до 150 мм	3 · 10 ⁻⁷	2 · 10 ⁻⁶
Более 150 мм	1 · 10 ⁻⁷	5 · 10 ⁻⁷

Таблица 9 - Частоты разгерметизации сосудов под давлением

Тип оборудования	Частота разгерметизации, год ⁻¹	
	Полное разрушение, мгновенный выброс	Продолжительный выброс через отверстие диаметром 10 мм
	С1	С2
Сосуды под давлением	1 · 10 ⁻⁶	1 · 10 ⁻⁵
Технологические аппараты (ректификационные колонны, конденсаторы и фильтры)	1 · 10 ⁻⁵	1 · 10 ⁻⁴
Химические реакторы	1 · 10 ⁻⁵	1 · 10 ⁻⁴

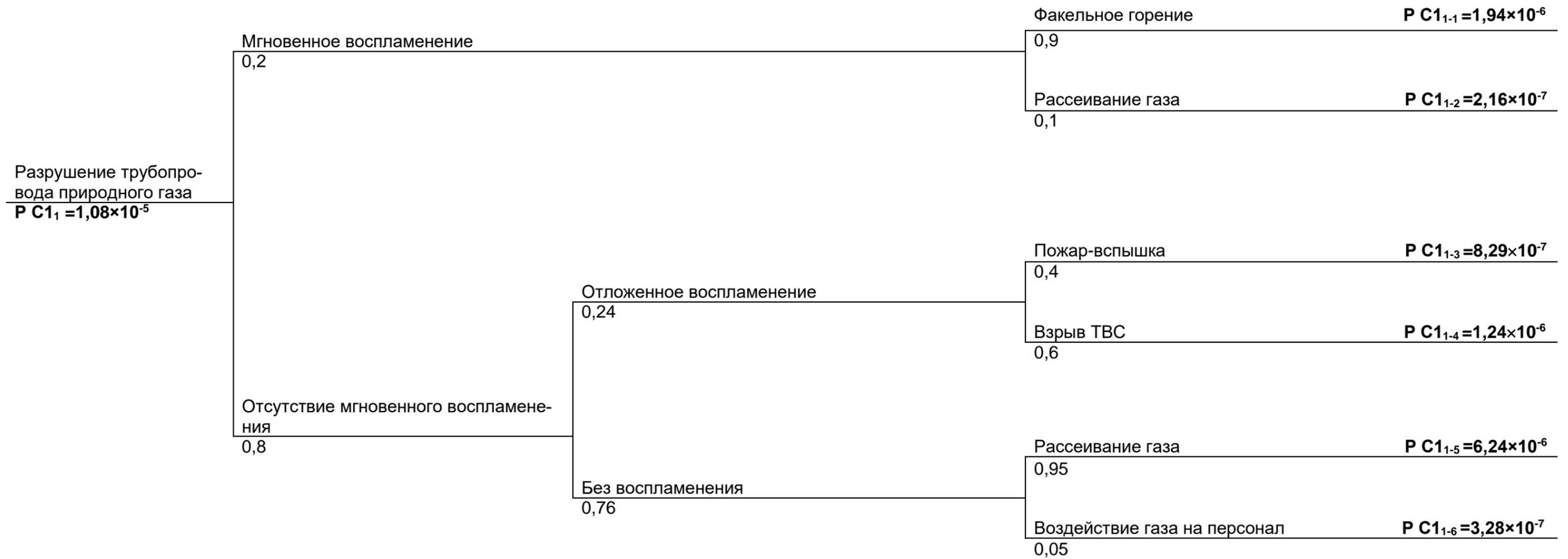
Таблица 10 - Частоты разгерметизации теплообменников

Опасности конструкции теплообменников	Частота разгерметизации, год ⁻¹		
	Мгновенный выброс всего содержимого	Мгновенное разрушение одной трубы с истечением содержимого из обоих концов разрыва	Утечка через отверстие с эффективным диаметром 10% от номинального; максимальный эффективный диаметр отверстия – 50 мм
Опасное вещество находится вне труб (в кожухе)	$5 \cdot 10^{-5}$	-	-
Опасное вещество в трубах. Давление во внешнем кожухе выше давления в трубах	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Опасное вещество в трубах. Давление во внешнем кожухе ниже давления в трубах	$5 \cdot 10^{-6}$	-	-

Для одностенных резервуаров при полном разрушении согласно Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» частота разгерметизации принимается - $1 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹.

Для аппаратов под атмосферным давлением частота разгерметизации при полном разрушении принята $1 \cdot 10^{-5}$ в соответствии с Руководством по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

Ниже приведены «деревья событий» для различных групп сценариев аварий на декларируемом объекте (Рисунок 9 - Рисунок 13).



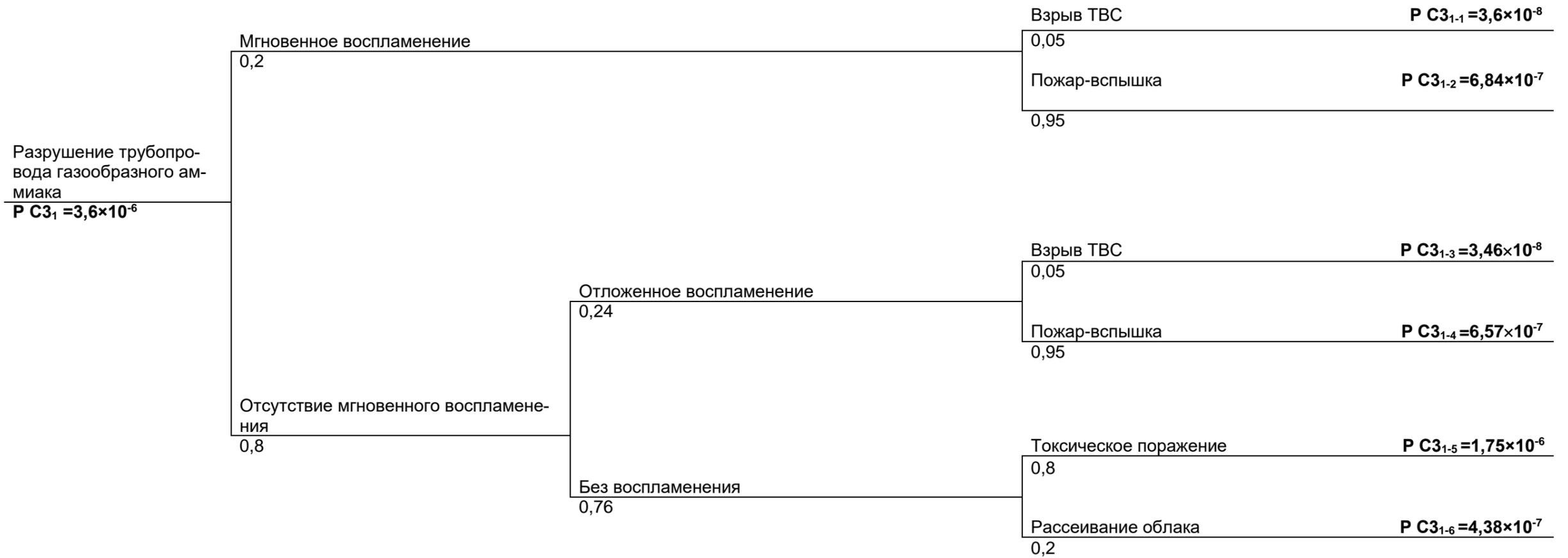
Вероятность полного разрушения трубопровода природного газа:
 $P_0 = 1,08 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$

Рисунок 9 - «Дерево событий» для сценария C11



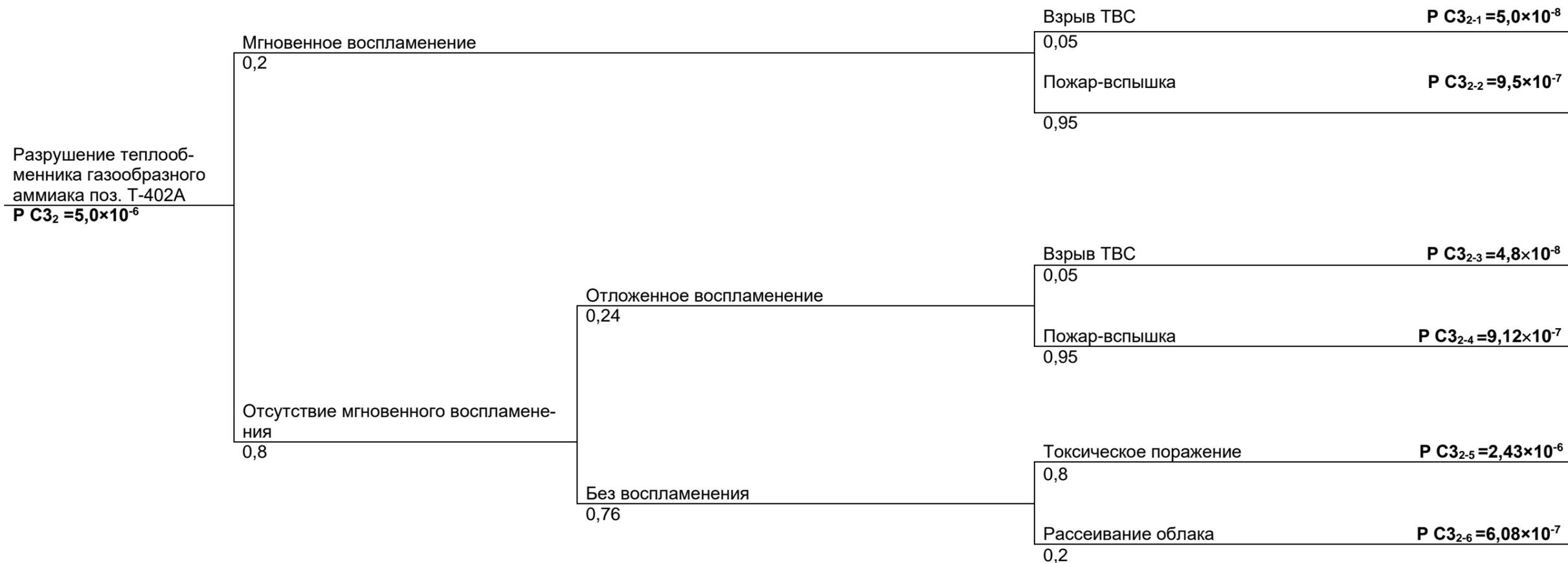
Вероятность полного разрушения испарителя жидкого аммиака поз. Т-204/3,4:
 $P_0 = 1,0 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$

Рисунок 10 - «Дерево событий» для сценария C21



Вероятность полного разрушения трубопровода газообразного аммиака:
 $P_0 = 3,6 \times 10^{-6} \text{ год}^{-1}$

Рисунок 11 - «Дерево событий» для сценария C31



Вероятность полного разрушения теплообменника газообразного аммиака поз. Т-402А:
 $P_0 = 5,0 \times 10^{-6} \text{ год}^{-1}$

Рисунок 12 - «Дерево событий» для сценария C3₂



Вероятность полного разрушения продувочной колонны поз. К-202/3,4:
 $P_0 = 2,0 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$

Рисунок 13 - «Дерево событий» для сценария C4₁

2.2.3 Обоснование применяемых физико-математических моделей и методов расчета

В настоящем разделе изложена методология оценки риска аварий и чрезвычайных ситуаций на декларируемом объекте, включая оценки частот их реализации и возможных потерь.

При оценке риска проводилось математическое (компьютерное) моделирование (расчет, построение) основных возможных сценариев аварий на декларируемом объекте, обусловленных основными возможными иницирующими событиями, (включая оценки ожидаемых частот возникновения иницирующих событий, и оценки потерь, обусловленных основными вариантами развития аварии).

Заметим, при этом рассматривалось многообразие возможных иницирующих событий. Естественно, что в зависимости от конкретных обстоятельств подробность и полнота рассмотрения могут меняться, однако этот процесс является контролируемым, управляемым и при необходимости детальность рассмотрения может меняться. На этапе формирования списка иницирующих событий, подлежащих рассмотрению, учитывалась аварийная статистика.

Используемый методический подход предусматривает возможность использования различных инструментов (статистики, метода деревьев событий и т. д.) для выявления и количественного описания всех путей (сценариев) возникновения иницирующих событий.

Используемый при оценке риска подход основан на расчете (моделировании, имитации) сценариев развития аварии. К числу моделируемых процессов относятся как физико-химические явления аварии, так и действия в возникающих чрезвычайных ситуациях (запуск и работа технических систем локализации аварии, перемещения персонала, спасательные, неотложные и аварийно - восстановительные работы).

Описав и рассчитав для каждого из характерных аварийных сценариев зоны распространения физических параметров в окружающей среде и обосновав критерии ущерба (с учетом механизма и специфики возникновения последствий в выбранной группе риска), на следующем этапе получается распределение (поле) потенциальной опасности по территории вокруг источника. При этом для сценариев аварий, зоны потенциального поражения, которые формируются под действием

параметров окружающей среды, учитывают весь спектр возможных погодных состояний в течение года.

Для количественной оценки риска промышленного объекта использовались методики, приведенные ниже (Таблица 11)

Таблица 11 - Методики, использованные для количественной оценки риска декларируемого объекта

№/п	Назначение	Документ
1	Расчет параметров ударной волны, зон поражения и разрушения при воспламенении и взрыве облаков топливно-воздушной смеси	Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей
2	Расчеты распространения в атмосфере токсических облаков	Руководство по безопасности "Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ"
4	Автоматизированный расчет показателей риска от аварии на ОПО с использованием Методики моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ	Программный комплекс для оценки риска и расчета последствий аварий на производственных объектах ТОКСИ+RISK (версия 5)
5	Проведение анализа риска опасного декларируемого объекта	Руководство по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" Методическое пособие по расчету последствий возможных аварий и оценке риска на опасных производственных объектах с использованием программного комплекса ТОКСИ+Risk

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Согласно Приложению 1 рассчитывались зоны поражения при взрыве облака топливно-воздушных смесей в помещении (в замкнутом пространстве). Производилась оценка взрыва по тротиловому эквиваленту. Основные исходные данные – масса парогазовых веществ, участвующих во взрыве, удельная теплота сгорания парогазовой среды, удельная энергия взрыва ТНТ.

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», Методика оценки последствий взрывов топливно-воздушных смесей позволяют провести приближенную оценку различных параметров ударных воздушных волн и определить вероятные степени поражения людей и повреждения зданий при авариях со взрывами топливно-воздушных смесей. Методика разработана Научно-техническим центром по безопасности в промышленности (НТЦ «Промышленная безопасность») совместно со специалистами ИХФ РАН.

Исходными данными для расчета параметров ударных воздушных волн при взрыве облака ТВС являются:

- характеристики горючего вещества, содержащегося в облаке ТВС;
- агрегатное состояние ТВС (газовая или гетерогенная);
- средняя концентрация горючего вещества в смеси;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества в смеси с воздухом;
- масса горючего вещества в облаке ТВС.

Основными структурными элементами алгоритма расчета являются:

- определение массы горючего вещества, содержащегося в облаке;
- определение эффективного энергозапаса ТВС;
- определение ожидаемого режима взрывного превращения ТВС;
- расчет максимального избыточного давления и импульса фазы сжатия воздушных ударных волн для различных режимов;
- определение дополнительных характеристик взрывной нагрузки;
- оценка поражающего фактора воздействия взрыва ТВС.

Количественная оценка последствий аварий на опасном производственном объекте при выбросе токсичных веществ проводится по Руководству по безопасности «Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ». Данная методика реализована в «ТОКСИ-3», согласованной Управлением по надзору за специальными и химически опасными производствами и объектами Ростехнадзора.

Методика позволяет определить:

- 1 количество поступивших в атмосферу опасных веществ при различных сценариях аварий;
- 2 пространственно-временное поле концентраций опасных веществ в атмосфере;
- 3 размеры зон химического заражения, соответствующие различной степени поражения людей, определяемой по ингаляционной токсодозе, в том числе с учетом времени накопления токсодозы (с учетом пробит-функции).

Методика рекомендована для использования при:

- разработке деклараций промышленной безопасности;
- разработке мероприятий по защите персонала и населения;
- разработке планов локализации и ликвидации последствий аварий, сопровождаемых выбросом опасных веществ;
- проектировании объектов, на которых производятся, используются и транспортируются опасные вещества.

Методика распространяется на случаи выброса опасных веществ в атмосферу как в однофазном (газ или жидкость), так и в двухфазном (газ и жидкость) состоянии. При выбросе опасного вещества в двухфазном состоянии облако, рассеивающееся в атмосфере, состоит из газа (воздух и опасное вещество) и жидких аэрозольных включений (капли опасного вещества).

При расчете распространения опасного вещества в атмосфере в методике учитывается:

- движение облака в переменной по высоте скорости ветра;
- гравитационное растекание;
- рассеивание облака в вертикальном направлении за счет атмосферной турбулентности (подмешивание в облако воздуха);
- рассеивание облака в горизонтальном направлении за счет подмешивания воздуха в облако, происходящего как за счет атмосферной турбулентности, так и за счет гравитационного растекания;
- нагрев и охлаждение облака за счет подмешивания воздуха;
- фазовые переходы опасного вещества в облаке;
- теплообмен облака с подстилающей поверхностью;
- наличие аэрозолей в выбросе.

В методике «ТОКСИ-3» приняты следующие допущения:

- 1) газообразное опасное вещество считается идеальным газом, свойства которого не зависят от температуры;
- 2) жидкое опасное вещество считается несжимаемой жидкостью, свойства которой не зависят от температуры;
- 3) гравитационное растекание облака опасного вещества учитывается с помощью эмпирической зависимости;
- 4) истечение опасного вещества и его испарение происходит с постоянной скоростью, соответствующей максимальной скорости истечения (испарения);
- 5) разлив жидкой фазы происходит на твердой, не впитывающей поверхности;
- 6) осаждение на подстилающую поверхность выброса опасного вещества и его химические превращения при рассеивании не учитываются;
- 7) в течение времени распространения облака характеристики атмосферы не меняются;
- 8) в начальный момент времени в облаках (первичном и вторичном) опасное вещество воздухом не разбавлено;
- 9) в облаке существует фазовое равновесие газ-жидкость, это равновесие устанавливается мгновенно;
- 10) капли в облаках и пролив жидкости на подстилающую поверхность не «захлаживаются», т.е. их температура не опускается ниже температуры кипения;
- 11) выброс происходит на уровне земли;
- 12) распространение облака происходит над твердой поверхностью, с которой нет обмена массой, а есть только обмен теплом.

Программный комплекс ТОКСИ+Risk включает программную оболочку, реализующий общий графический интерфейс с набором подключаемых расчетных методик, в том числе ТОКСИ-3, базу данных по опасным веществам (ОВ), базу данных проектов, а также программные модули, реализующие сами методики, как в отдельных расчетах, так и при решении задачи анализа риска.

Другим назначением оболочки является ее использование в качестве общего контейнера для результатов расчетов, полученных по различным методикам, а также визуализация результатов (фактичекских зон возможного поражения и полей потенциального риска) на ситуационном плане.

В программный комплекс ТОКСИ+Risk входят следующие расчетные методики:

- Методика оценки последствий химических аварий ТОКСИ,
- Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ;
- Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей;
- ГОСТ 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»;
- Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах;
- Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утверждена приказом МЧС от 10.07.09. №404).

В данной Декларации для количественной оценки параметров зон поражения возможных аварий использовались:

Метод расчета интенсивности теплового излучения при пожарах пролива ЛВЖ и ГЖ (Приложение В) ГОСТ 12.3.047-2012. Метод позволяет оценить интенсивность теплового излучения на заданном расстоянии от центра пролива ГЖ (ЛВЖ). Основными исходными данными для расчета являются среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, площадь горения и расстояние до облучаемого объекта.

Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Руководство является нормативным документом Ростехнадзора, который устанавливает основные требования к процедуре и оформлению результатов анализа риска. В качестве основы метода экспертной оценки рекомендованы взаимосвязанные количественные и качественные показатели вероятности и тяжести события

(отказа). Для оценки риска аварий на декларируемом объекте были выбраны количественные методы расчета риска, позволяющие определить индивидуальный, коллективный и социальный риск гибели людей в численных значениях.

Возможный ущерб при авариях на декларируемом объекте будет определяться прямыми потерями, затратами на локализацию (ликвидацию последствий) аварии, социально-экономическими потерями вследствие гибели и травматизма людей, косвенным ущербом, экологическим ущербом и потерями от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потерями ими трудоспособности.

2.2.4 Оценка количества опасных веществ, участвующих в аварии

При определении количества веществ, способных участвовать в аварии, выбирался наиболее неблагоприятный вариант аварии или период работы технологического оборудования, при котором во взрыве (пожаре) участвует наибольшее количество веществ.

Масса опасных веществ, способных участвовать в идентифицированных сценариях аварий, оценивалась на основе анализа технологии и режимных параметров обращения с опасными веществами, с использованием рекомендаций методик, приведенных в п. 2.2.3. Количество вещества, участвующее в аварии при разрушении технологического оборудования, принималось равным сумме:

- массы вещества, содержащегося в аварийном аппарате;
- массы вещества, находящегося в участках трубопроводов, ограниченных запорной арматурой и аварийным аппаратом;
- массы вещества, поступившей из примыкающих к аппарату трубопроводов за время закрытия отсечных клапанов.

Количество опасного вещества, участвующее в аварии при разрушении трубопроводов, принималось равным сумме:

- массы вещества, находящегося в аварийном участке трубопровода, ограниченного запорной арматурой;
- массы вещества, поступившего в окружающую среду за время срабатывания запорной арматуры.

При определении количества вещества, принимающего участие в создании поражающих факторов, были сделаны следующие допущения:

1. масса паров, участвующих в создании поражающих факторов при взрыве в случае разгерметизации оборудования, принималась равной массе веществ, находящейся в аппарате и поступившей к месту разгерметизации из прилегающих трубопроводов за время срабатывания запорной арматуры с учетом доли приведенной массы парогазовых веществ, участвующих во взрыве;

2. масса паров, участвующих в создании поражающих факторов при авариях, сопровождающихся токсическим поражением, принималась вся масса вещества, выброшенная из аварийного оборудования (трубопровода).

Выбор оборудования, подлежащего дальнейшей количественной оценке при расчете зон действия поражающих факторов для каждого технологического блока или функционального участка, проводился для оценки последствий наиболее опасных и наиболее вероятных аварий.

В качестве критерия наиболее опасной аварии в блоке (на участке) принимался критерий нанесения максимального социального ущерба (поражения людей), в связи с чем, анализу подвергалась возможность разгерметизации либо наиболее «энергоемкого» оборудования (как по содержанию взрывопожароопасных веществ, так и по содержанию токсичных продуктов), либо оборудования, используемого в технологическом процессе, характеризующегося значительными материальными потоками.

Для оценки возможных последствий наиболее вероятных аварий рассматривались аварийные ситуации, связанные с полной разгерметизацией оборудования или коммуникаций.

В случае расположения оборудования выбранного блока (функционального участка) в помещении выбор проводился из учета всего перечня смонтированного в нем оборудования без учета конкретного месторасположения каждого аппарата. Выбор оборудования осуществлялся для всего спектра приведенных типовых сценариев аварий на данном блоке.

В случае расположения оборудования на открытой площадке для учета максимального воздействия на соседние объекты дополнительно оценивалось местонахождение оборудования в блоке.

Наиболее вероятная авария для каждой составляющей и комплекса в целом принималась согласно частоте возникновения аварии данного сценария согласно «дереву событий».

Максимальное количество опасных веществ, способных участвовать в аварии на декларируемом объекте по выбранным сценариям на площадках производств представлено в Таблице 12.

Таблица 12 - Количество веществ, участвующих в авариях

№ типового сценария	Аварийное оборудование	Последствия	Основной поражающий фактор	Количество опасного вещества, Т	
				участвующего в аварии	участвующего в создании поражающих факторов
1	2	3	4	5	6
C1 ₁	Трубопровод природного газа	Взрыв ТВС	Ударная волна	0,004 (природный газ)	0,0004
C2 ₁	Испаритель жидкого аммиака поз. Т-204/3,4	Выброс токсичных веществ	Токсическое поражение	1,4 (аммиак)	1,4
C3 ₁	Трубопровод газообразного аммиака	Выброс токсичных веществ	Токсическое поражение	0,06 (аммиак)	0,06
C3 ₂	Теплообменник газообразного аммиака поз. Т-402А	Выброс токсичных веществ	Токсическое поражение	4,6 (аммиак)	4,6
C4 ₁	Продувочная колонна поз. К-202/3,4	Образование пролива	Химический ожог	2,7 (азотная кислота 57 %)	2,7

Количество опасного вещества указано с учетом поступления опасного вещества из соседнего узла в течение времени срабатывания отсечной арматуры.

2.2.5 Расчет вероятных зон действия поражающих факторов

Основные результаты расчета вероятных зон действия поражающих факторов для рассматриваемых сценариев аварий приведены ниже (Таблица 13).

Таблица 13 - Основные результаты расчетов вероятных зон действия поражающих факторов

Параметр	Номер группы сценариев				
	C1 ₁	C2 ₁	C3 ₁	C3 ₂	C4 ₁
Ударная волна (Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств")					
Радиусы зон поражений ударной волной (без учета дрейфа облака), м					
Полное разрушение зданий с массивными стенами	0,4	-	-	-	-
Разрушение стен кирпичных зданий толщиной в 1,5 кирпича; перемещение цилиндрических резервуаров; разрушение трубопроводных эстакад	0,6	-	-	-	-
Разрушение перекрытий промышленных зданий; разрушение промышленных стальных несущих конструкций; деформации трубопроводных эстакад	1,0	-	-	-	-
Разрушение перегородок и кровли зданий; повреждение стальных конструкций каркасов, ферм	2,9	-	-	-	-
Граница зоны повреждений зданий; частичное повреждение остекления	5,9	-	-	-	-
Токсическое поражение (Руководство по безопасности "Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ")					
Зона порогового поражения, м:					
- глубина зоны по ветру/против ветра	-	258/112	95/0	1308/0	-
- полуширина/на удалении	-	179/73	4/63	58/801	-
Зона смертельного поражения, м:					
- глубина зоны по ветру/против ветра	-	53/35	0/0	219/0	-
- полуширина /на удалении	-	41/8	0/0	1/181	-
Химический ожог					
Радиус зоны поражения химическим ожогом, м	-	-	-	-	11,5

2.2.6 Оценка возможного числа пострадавших

Для расчетов возможного числа пострадавших от различных факторов опасности использовались данные о распределении персонала по корпусам декларируемого объекта, данные о распределении персонала по корпусам и среднюю плотность распределения персонала на предприятии ПАО «КуйбышевАзот».

Особенности расположения декларируемого объекта (на значительном удалении от населенных пунктов) и наличие санитарно-защитной зоны исключает попадание постоянно проживающего населения в зоны действия поражающих факторов: ударная волна, токсическое поражение, химический ожог.

Для определения возможных потерь среди персонала производства, находящегося на момент взрывоопасной аварии в помещениях, использованы данные по вероятности поражения людей в здании в зависимости от степени разрушения зданий.

Таблица 14 – Количество пострадавших при реализации возможных аварий на декларируемом объекте

Аварийное оборудование	Аварийная ситуация	Степень поражения	Количество пострадавших (в т.ч. третьи лица)
Трубопровод природного газа	ударная волна	смертельное поражение	0(0)
		санитарное поражение	0(0)
Испаритель жидкого аммиака поз. Т-204/3,4	токсическое поражение	смертельное поражение	1(0)
		санитарное поражение	9(8)
Трубопровод газообразного аммиака	токсическое поражение	смертельное поражение	0(0)
		санитарное поражение	0(0)
Теплообменник газообразного аммиака поз. Т-402А	токсическое поражение	смертельное поражение	0(0)
		санитарное поражение	8(7)
Продувочная колонна поз. К-202/3,4	химический ожог	смертельное поражение	0(0)
		санитарное поражение	1(0)

2.2.7 Оценка возможного ущерба

Возможный ущерб при авариях на декларируемом объекте будет определяться прямыми потерями, затратами на локализацию (ликвидацию последствий)

аварии, социально-экономическими потерями вследствие гибели травматизма людей, косвенным ущербом, экологическим ущербом и потерями от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потерями ими трудоспособности.

Прямой ущерб будет определяться:

- а) потерями предприятия в результате уничтожения основных фондов (зданий, сооружений, оборудования);
- б) потерей предприятия, утраченных в результате аварии сырья и продукции;
- в) потерями в результате уничтожения имущества иных физических лиц.

Затраты на локализацию (ликвидацию последствий) аварий определяются:

- 1 расходами, связанными с локализацией (ликвидацией последствий) аварии;
- 2 расходами на расследование причин аварии.

Социально-экономические потери определяются как сумма затрат на компенсации и мероприятия вследствие гибели людей.

Косвенный ущерб будет определяться:

- 1 величиной доходов, недополученных предприятием в результате простоя;
- 2 зарплатой и условно-постоянными расходами предприятия за время простоя;
- 3 убытками, вызванными уплатой различных неустоек, штрафов, пени;
- 4 убытками иных физических лиц из-за недополученной ими прибыли.

Экологический ущерб определяется как сумма ущербов от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей среды:

- ущерб от загрязнения атмосферы;
- ущерб от загрязнения почвы;
- ущерб, связанный с уничтожением биологических ресурсов;
- ущерб от засорения территории обломками зданий, сооружений, оборудования.

При расчете ущерба от возможных аварий приняты следующие допущения:

Все здания, сооружения, оборудование, арматура и трубопроводы, попадающие в зону прямого огневого и интенсивного термического воздействия, полностью утрачивают свою первоначальную стоимость. Объем прямых потерь от утраченных основных фондов определяется стоимостью их замещения (стоимостью демонтажа разрушенных фондов, суммой, необходимой для приобретения фондов, аналогичных утраченным, и стоимостью монтажа новых фондов).

Ущерб от безвозвратно потерянных продуктов будет равен произведению аварийного объема продукта на стоимость единицы продукта.

Затраты на локализацию (ликвидацию последствий) аварии приняты в объеме 1 % от стоимости прямого (имущественного ущерба).

При расчете социально-экономических потерь учитывается две составляющие: компенсационные выплаты в случае получения смертельных поражений и стоимость лечения одного пострадавшего с клиническими симптомами поражения за весь период временной нетрудоспособности. Расчет проводится на основе экспертных оценок за последнее десятилетие: компенсационные выплаты в случае получения смертельных поражений составляют 2000 тыс. руб. за человека. Стоимость лечения одного пострадавшего с клиническими симптомами поражения за весь период временной нетрудоспособности, по данным страховых компаний не превышает 100 тыс. руб.

При расчете экологического ущерба оценке подвергается составляющая, связанная с загрязнением атмосферного воздуха при выбросах опасных веществ и распространении продуктов сгорания.

Результаты расчета ущерба для возможных наиболее опасных аварий на декларируемом объекте приведены в Таблице 15.

Величина ущерба для наиболее вероятного и наиболее опасного сценариев для декларируемого объекта составляет соответственно: для С₄₁ - 94787,68 тыс. руб, для С₂₁ - 121355,77 тыс. руб.

Таблица 15 - Экономический ущерб при реализации возможных наиболее опасных аварий на декларируемом объекте

Вид ущерба	Величина ущерба для различных сценариев, тыс. руб.				
	C1 ₁	C2 ₁	C3 ₁	C3 ₂	C4 ₁
Прямой ущерб	-	119,2	3,8	2060	2143
В том числе ущерб имуществу третьих лиц	-	-	-	-	-
Расходы на ликвидацию (локализацию) аварии (1%)	-	1,19	0,038	20,6	21,4
Социально-экономические потери: травмирование (гибель)	-	13685	-	9947,77	1243,47
В том числе: травмирование (гибель) третьих лиц	-	10948	-	8704,29	-
Косвенный ущерб	-	91310	-	91310	91310
Экологический ущерб	1,33	16,38	124,68	16,38	69,81
Потери от выбытия трудовых ресурсов	-	16224	-	-	-
ИТОГО:	1,33	121355,77	128,518	103354,75	94787,68

2.3 Оценка риска аварий, включающая данные о вероятности аварий, показателях риска причинения вреда работникам декларируемого объекта и физическим лицам

При анализе риска рассматривались сценарии, перечисленные в п. 2.2.2.

Таблица 16 - Частота возникновения аварий

№ типового сценария	Наименование оборудования, событие, инициирующее аварийную ситуацию	Частота возникновения инициирующего события, год ⁻¹	Основной поражающий фактор	Частота реализации сценария, год ⁻¹
1	2	3	4	5
C1 ₁	Трубопровод природного газа	$1,08 \times 10^{-5}$	Ударная волна	$1,24 \times 10^{-8}$
C2 ₁	Испаритель жидкого аммиака поз. Т-204/3,4	$1,0 \times 10^{-5}$	Токсическое поражение	$4,86 \times 10^{-6}$
C3 ₁	Трубопровод газообразного аммиака	$3,6 \times 10^{-6}$	Токсическое поражение	$1,75 \times 10^{-6}$
C3 ₂	Теплообменник газообразного аммиака поз. Т-402А	$5,0 \times 10^{-6}$	Токсическое поражение	$2,43 \times 10^{-6}$
C4 ₁	Продувочная колонна поз. К-202/3,4	$2,0 \times 10^{-5}$	Химический ожог	$6,0 \times 10^{-6}$

В производстве неконцентрированной азотной кислоты наиболее вероятным сценарием развития аварии (частота реализации сценария $6,0 \times 10^{-6}$ год⁻¹) является сценарий C4₁, наиболее опасным для персонала – C2₁ (смертельное поражение до 1 человека, санитарное поражение до 9 человек).

Для декларируемого объекта определены величины индивидуального, коллективного и социального рисков для различных сценариев с учетом поражающих факторов.

Оценка риска производилась на основании расчетов пробит-функции:

– для токсического поражения:

$$P_r = a + b \cdot \ln \left(\int_0^{t_{\text{эксп}}} (c_i(x, y, z, t))^n dt \right) \quad [1.14]$$

где c_i - концентрация вещества при i -м сценарии, ppm;
 a , b , n - эмпирические коэффициенты для рассматриваемых опасных веществ;

$t_{\text{эксп}}$ - время экспозиции, мин.

- для взрывов ТВС:

Для расчета условной вероятности разрушения объектов и поражения людей ударными волнами используется пробит-функция, значение которой определяется следующим образом:

а) вероятность повреждений стен промышленных зданий, при которых возможно восстановление зданий без их сноса, может оцениваться по соотношению:

$$P_{r1} = 5 - 0,26 \cdot \ln V_1,$$

где функция V_1 определяется по следующей формуле:

$$V_1 = \left(\frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I} \right)^{9,3},$$

где ΔP - избыточное давление, Па;

I - импульс, Па·с;

б) вероятность разрушений промышленных зданий, при которых здания подлежат сносу, оценивается по соотношениям:

$$P_{r2} = 5 - 0,22 \cdot \ln V_2,$$

где функция

$$V_2 = \left(\frac{40000}{\Delta P} \right)^{7,4} + \left(\frac{460}{I} \right)^{11,3}.$$

в) вероятность длительной потери управляемости у людей (состояние нокдауна), попавших в зону действия ударной волны при взрыве облака ТВС, может быть оценена по величине пробит-функции:

$$P_{r3} = 5 - 5,74 \cdot \ln V_3,$$

где функция:

$$V_3 = \frac{4,2}{\bar{p}} + \frac{1,3}{\bar{i}},$$

$$\bar{p} = 1 + \frac{\Delta P}{P_0},$$

$$\bar{i} = \frac{I}{P_0^{1/2} \cdot m_T^{1/3}},$$

где m_T - масса тела живого организма, кг;

г) вероятность разрыва барабанных перепонок у людей от уровня перепада давления в воздушной волне определяется по формуле:

$$P_{r4} = -12,6 + 1,524 \cdot \ln \Delta P.$$

Вероятность отброса людей волной давления оценивается по величине пробит-функции:

$$P_{r5} = 5 - 2,44 \cdot \ln V_5,$$

где функция:

$$V_5 = \frac{7,38 \cdot 10^{-3}}{\Delta P} + \frac{1,3 \cdot 10^9}{\Delta P \cdot I}.$$

При использовании пробит-функций в качестве зон 100-процентного поражения принимаются зоны поражения, где значение пробит-функции достигает величины, соответствующей вероятности 90 процентов. В качестве зон, безопасных с точки зрения воздействия поражающих факторов, принимаются зоны поражения, где значение пробит-функции достигает величины, соответствующей вероятности 1 процента.

Величина потенциального риска определялась по формуле:

$$P(a) = \sum_{i=1}^I Q_{di}(a) \cdot Q(A_i),$$

где $Q_{di}(a)$ - условная вероятность поражения человека в определенной точке местности a в результате реализации i -го сценария развития аварии;

$Q(A_i)$ - частота реализации в течение года i -го сценария развития аварии, год⁻¹;

I - число сценариев развития аварии (ветвей логического дерева событий возникновения и развития аварии).

Величина индивидуального риска определялась по формуле:

$$R_m = \sum_{j=1}^J q_{jm} \cdot P(j), \text{ где}$$

$P(j)$ - величина потенциального риска в j -ой области территории предприятия, год⁻¹;

q_{jm} - доля времени, в течение которого работник предприятия m находится в j -ой области территории предприятия.

Величина коллективного риска определялась по формуле:

$$C = \sum_{i=1}^I Q(A_i) \cdot N_i \text{ или } C = \sum_{m=1}^M R_m$$

Ожидаемое число погибших в результате реализации i -го сценария развития аварии определялась по формуле:

$$N_i = \sum_{j=1}^J Q_{dij} \cdot n_j, \text{ где}$$

J – количество областей, на которые разбита территория предприятия и территория, прилегающая к предприятию;

Q_{dij} - условная вероятность поражения человека, находящегося в j -ой области в результате реализации i -го сценария развития аварии;

n_j – среднее число людей, находящихся в j -ой области.

Величина социального риска определялась по формуле:

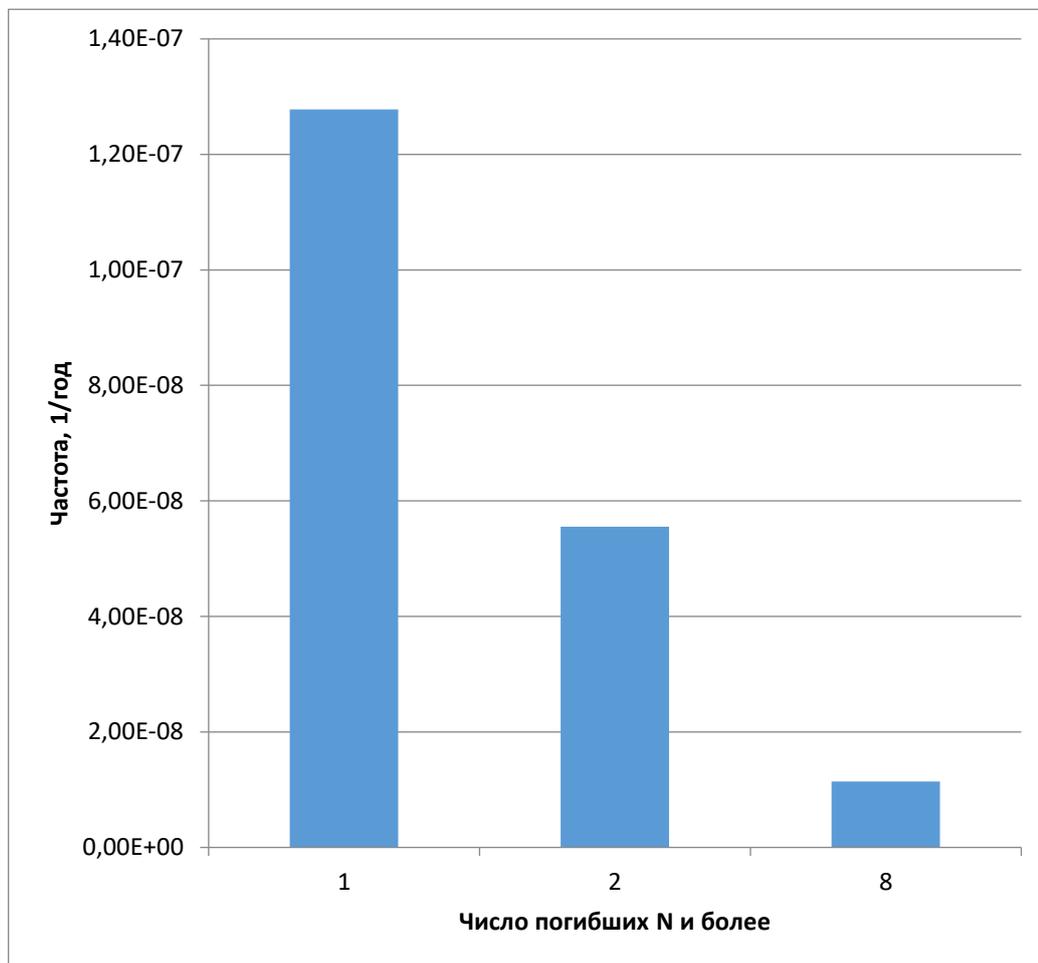
$$S = \sum_{i=1}^I Q(A_i)$$

Социальный риск – зависимость частоты возникновения событий, в которых пострадало определенное количество человек, от числа пострадавших. При оценке социального риска учитывались только необратимые людские потери.

Индивидуальный риск для персонала декларируемого объекта составляет $5,04 \cdot 10^{-9}$ 1/год, коллективный риск $2,52 \cdot 10^{-7}$ чел/год.

Индивидуальный риск для третьих лиц (персонал ПАО «КуйбышевАзот») составляет $5,26 \cdot 10^{-9}$ 1/год, коллективный риск $2,68 \cdot 10^{-5}$ чел/год.

Ниже, на рисунке 14 представлена F/N-диаграммы социального риска и пространственное распределение потенциального риска, показывающее частоту реализации поражающего фактора, приводящего к гибели человека.



Количество погибших	Частота, 1/год
1	$1.27791 \cdot 10^{-7}$
2	$5.55559 \cdot 10^{-8}$
8	$1.14329 \cdot 10^{-8}$

Рисунок 14 - Социальный риск на декларируемом объекте

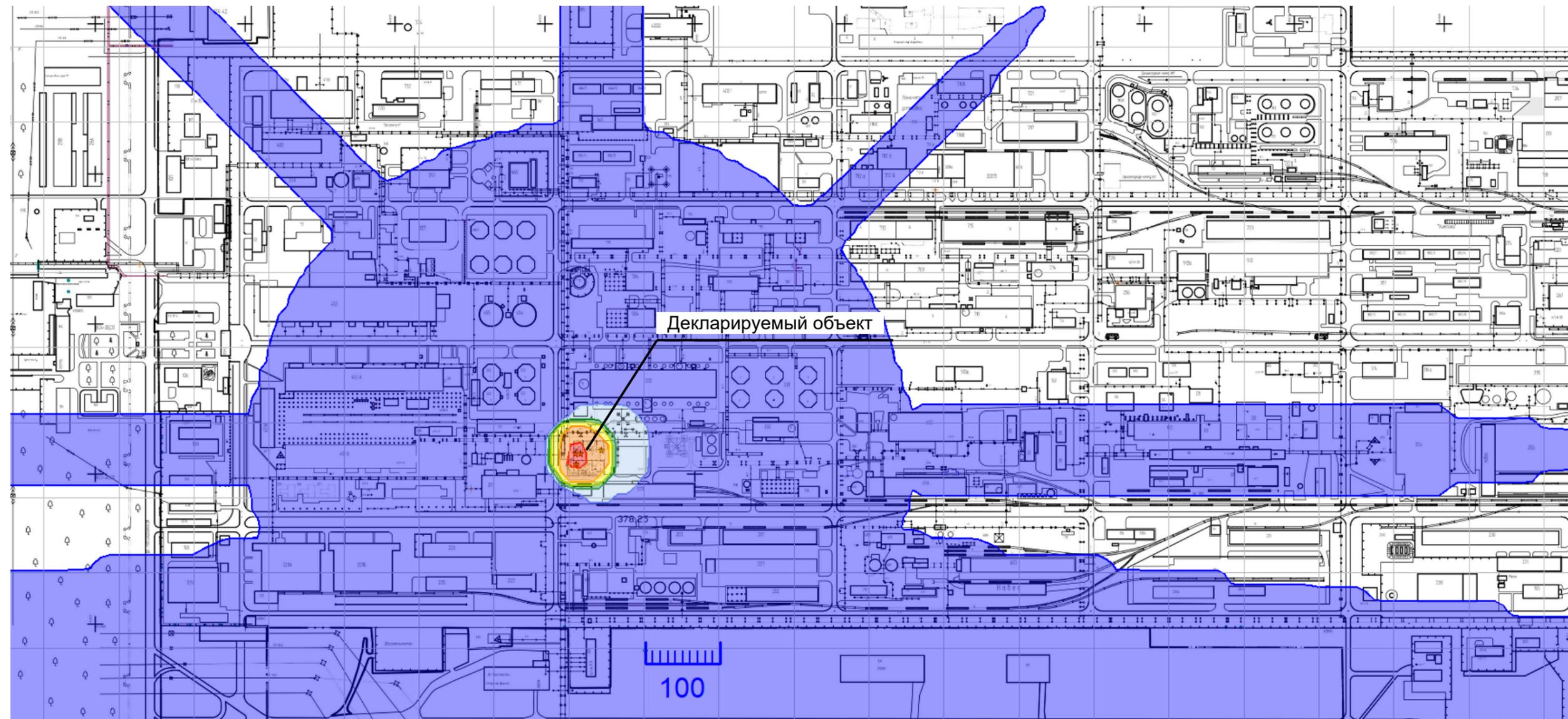


Рисунок 15 – Пространственное распределение потенциального риска декларируемого объекта

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

3.1. Перечень составляющих (производственных участков) декларируемого объекта с указанием рассчитанных показателей риска аварии

Декларируемый объект Агрегаты УКЛ-7-76 №3,4 в рамках проекта «Корпус 502б. Производство неконцентрированной азотной кислоты мощностью 510 тыс. тонн в год на базе 1-4 агрегатов УКЛ-7-76» на ПАО «КуйбышевАзот». Готовым продуктом производства является неконцентрированная азотная кислота.

Потенциальная опасность декларируемого объекта заключается в наличии значительных количеств опасных веществ, обращающихся в технологическом оборудовании, обладающих токсичностью, взрывопожароопасностью, а также возможностью их выброса при разгерметизации технологического оборудования и трубопроводов вследствие различных причин с последующим развитием событий по соответствующим сценариям.

Идентификация опасностей и всесторонняя оценка условий возникновения, развития и риска аварий позволили выделить наиболее опасные компоненты технологической системы с большим единичным содержанием опасных веществ, возможные аварии, которые характеризуются наибольшими показателями риска.

Основными поражающими факторами возможных аварий могут быть:

- токсическое поражение на наружной установке;
- избыточное давление при сгорании парогазовой смеси, вторичные проявления ударной волны (обрушение конструкций, разлетающиеся осколки);
- химический ожог.

Рассчитанные показатели риска аварий для представлены ниже (таблица 17).

Таблица 17 – Показатели риска аварий для декларируемого объекта

Декларируемый объект	Персонал (третьи лица)	Индивидуальный риск, год ⁻¹	Коллективный риск, чел/год
Агрегаты УКЛ-7-76 №3,4. Корпус 502б	Персонал декларируемого объекта	$5,04 \cdot 10^{-9}$	$2,52 \cdot 10^{-5}$
	Третьи лица (персонал действующих производств (ПАО «КуйбышевАзот»))	$5,26 \cdot 10^{-9}$	$2,68 \cdot 10^{-5}$

В производстве неконцентрированной азотной кислоты наиболее вероятным сценарием развития аварии (частота реализации сценария $6,0 \times 10^{-6} \text{год}^{-1}$) является сценарий С4₁, наиболее опасным для персонала – С2₁ (смертельное поражение до 1 человека, санитарное поражение до 9 человек).

Максимальная величина ожидаемого ущерба составляет 0,589 тыс.руб./год для сценария С2₁ (разрушение испарителя жидкого аммиака поз. Т-204/3,4).

Пространственное распределение потенциального риска аварий на декларируемом объекте представлено на рис.15.

3.2. Сравнительный анализ рассчитанных показателей риска аварии на декларируемом объекте со среднестатистическими показателями риска техногенных происшествий и/или критериями приемлемого риска

Риск для персонала принимается безусловно приемлемым, если индивидуальный риск меньше 10^{-6} и безусловно неприемлемым, если индивидуальный риск больше 10^{-4}год^{-1} .

Если индивидуальный риск находится в диапазоне от 10^{-6} до 10^{-4}год^{-1} , то принимается, что риск находится в зоне жесткого контроля. В этой зоне риск считается допустимым только тогда, когда приняты меры, позволяющие снизить его

настолько, насколько это практически целесообразно. При этом должны выполняться следующие требования:

- нахождение в опасной зоне с высокими значениями потенциального риска ограниченного числа людей в течение ограниченного промежутка времени;
- персонал предприятия хорошо обучен и готов к действиям к локализации и ликвидации аварийных ситуаций;
- имеется отработанная система оповещения об аварийной ситуации.

Полученная при декларировании величина индивидуального риска для персонала производства неконцентрированной азотной кислоты – $5,04 \cdot 10^{-9}$ год⁻¹ не превышает значения допустимого риска для рассматриваемой территории, для Самарской области оно составляет $1,08 \times 10^{-5}$ год⁻¹, согласно ГОСТ Р 22.2.02-2015 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Оценка риска чрезвычайной ситуации при разработке проектной документации объектов капитального строительства».

Индивидуальный риск для персонала производств, находящихся на остальной части ПАО «КуйбышевАзот» составляет $5,26 \cdot 10^{-9}$ год⁻¹.

3.3 Предложения по внедрению мер, направленных на уменьшение риска аварии

Для уменьшения риска аварий и повышения эффективности их локализации предлагается выполнить мероприятия, предусмотренные проектной документацией:

- обеспечение контроля за исправностью и герметичностью всего оборудования, трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов, анализаторов и др.;
- своевременное диагностирование состояния оборудования и трубопроводов;
- для обеспечения минимального количества выбрасываемых в окружающую среду при аварийных утечках опасных веществ, технологическая схема разделена на блоки, которые при аварийной разгерметизации одного из них, могут быть

отключены от технологической линии без опасных нарушений режима и создания аварийной обстановки на смежных и взаимосвязанных технологических установках;

- для принятия оперативных мер по локализации возникающих аварийных ситуаций: система оповещения об аварийных ситуациях, поддоны под оборудованием для предотвращения растекания жидкостей, содержащих вредные, взрывоопасные и горючие вещества, отключение аварийных блоков, аварийного дренажа
- предусматривается быстросействующая арматура с дистанционным управлением из операторной;

- размещение емкостного оборудования для хранения жидких кислот и щелочей в поддонах, оборудованных приямками с насосами для удаления аварийных проливов кислот и щелочей в систему нейтрализации;

- применение защитных кожухов на фланцевых соединениях трубопроводов кислот и щелочей;

- установка аварийных душей в местах проведения работ с кислотами и щелочами;

- установка автоматических газоанализаторов, передающих сигнал в помещение

- Производственные помещения и наружные установки, оснащены системой контроля загазованности с применением автоматических газоанализаторов по предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ и нижнему концентрационному пределу воспламенения (НКПВ) взрыво-пожароопасных веществ, обеспечивающей сигнализацию о загазованности в систему ПАЗ в помещении управления и по месту и срабатывание блокировок по отключению технологических систем оборудования, являющихся источником загазованности, и включение аварийной вентиляции, регистрацию случаев загазованности:

- вытяжные вентиляционные системы аппаратов, в которых возможно выделение взрывоопасных веществ высоких концентраций, выполнены во взрывобезопасном исполнении;

- контроль и управление технологическим процессом осуществляется автоматически и дистанционно из операторной (ЦПУ), что сводит к минимуму необходимость пребывания обслуживающего персонала у работающего оборудования;
- для предупреждения персонала об отклонении наиболее важных параметров технологического процесса от нормы имеются сигнализации и блокировки;
- в целях автоматизации оперативного управления, прогнозирования, обнаружения, предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций предусмотрена автоматическая противоаварийная защита (ПАЗ) и противоаварийные устройства;
- для защиты персонала от травмирования предусмотрено ограждение вращающихся и движущихся частей компрессоров и насосов, открытых проемов межэтажных перекрытий, площадок, переходных мостиков;
- предусматривается освещение наружных установок;
- освещение производственных помещений обеспечивается необходимой площадью остекления, а также общей системой искусственного освещения;
- величинами освещенности в зависимости от характеристики зрительных работ в соответствии с требованиями норм;
- для безопасного передвижения людей при аварийном погасании рабочего освещения проектом предусмотрено аварийное освещение;
- предусмотрена защита от поражения электрическим током, защита от статического электричества, молниезащита, система уравнивания потенциалов;
- для защиты персонала от поражения электрическим током во всех электроустановках выполнено зануление и заземление согласно ПУЭ;
- применяется взрывозащищенное электрооборудование, исполнение по взрывозащите которого соответствует категории и группе взрывоопасности смеси и классу взрывоопасной зоны по ПУЭ;
- звукоизоляция шумящего оборудования и отсутствие постоянных рабочих мест на участках производства, где возможно превышение уровня шума выше предельно допустимого (зоны с превышением допустимого уровня отмечаются специальными указателями);

- воздухозабор для приточных систем вентиляции предусмотрен из мест, исключающих попадание в систему вентиляции взрывоопасных паров и газов во всех режимах работы производства;
- для обслуживания оборудования и арматуры на высоте более 1,8 м предусматриваются площадки с ограждениями и лестницами по действующим нормам, при частом использовании арматуры привод располагают на высоте не более 1,6 м;
- для обслуживания трубопроводов предусматриваются проходные мостики из негорючих материалов;
- защита от высоких и низких температур окружающей среды обеспечивается устройством отопления помещений и кондиционированием воздуха;
- для защиты органов дыхания от воздействия агрессивных паров и газов, предотвращения получения термических и химических ожогов персонал обеспечивается индивидуальными средствами защиты;
- постоянных рабочих мест на открытых площадках нет;
- объект оборудован системами оповещения, сигнализации и пожаротушения;
- создание и хранение аварийного комплекта инструмента и технических средств для локализации аварийных ситуаций и ликвидации их последствий;
- производственный персонал обеспечен спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты, применение которых должно быть отражено в соответствующих инструкциях;
- разработка Планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий (ПМЛА);
- поддержание в постоянной готовности сил и средств ликвидации аварий;
- проведение плановых систематических мероприятий по повышению профессиональной и противоаварийной подготовки работников, осуществляющих эксплуатацию производства;
- организация и обеспечение эффективного функционирования системы производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности при эксплуатации декларируемого объекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Перечень нормативно-правовых документов, регулирующих требования промышленной безопасности на декларируемом объекте:

1.1 Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

1.2 Федеральный закон РФ от 21.12.94 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

1.3 Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

1.4 Федеральный закон РФ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» №125-ФЗ от 24.07.98.

1.5 «Трудовой кодекс РФ» от 30.12.2001 № 197-ФЗ.

1.6 «О порядке создания, реконструкции и поддержания в состоянии постоянной готовности к использованию систем оповещения населения». Постановление Правительства РФ № 769 от 17.05.2023.

1.7 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Постановление Правительства РФ № 794 от 30.12.03 с изменениями.

1.8 Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений. Утвержден приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16.10.2020 г. № 414.

1.9 Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах"

1.10 Постановление Правительства Российской Федерации от 21.05.2007г. №304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

1.11 Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №503 от 08.12.2020 «Об утверждении Порядка проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения»

1.12 Постановление правительства РФ от 15.05.2006 г №286 «Положение об оплате дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию застрахованных лиц, получивших повреждение здоровья вследствие несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

1.13 Руководство по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (утв. приказом Ростехнадзора от 03.11.2022 №387).

1.14 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах», утв. приказом МЧС от 10 июля 2009 г. № 404.

1.15 Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Правила противопожарного режима в Российской Федерации».

1.16 ФНП Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Утверждены приказом Ростехнадзора России от 15.12.2020 № 533.

1.17 СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

1.18 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (утв. приказом Ростехнадзора от 15.12.2020 №536).

1.19 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности химически опасных производственных объектов" (утв. приказом Ростехнадзора от 07.12.2020 №500).

1.20 ГОСТ 12.0.004-2015. ССБТ. Руководство по организации обучения безопасности труда. Общие положения.

1.21 ГОСТ 12.1.004-91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

1.22 ГОСТ 12.1.005-88*. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

1.23 ГОСТ 12.1.007-76*. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

1.24 ГОСТ 12.1.010-76*. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

1.25 ГОСТ 12.3.002-2014. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

1.26 ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

1.27 ГОСТ Р 22.0.02-2016*. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

1.28 ГОСТ Р 22.0.05-2020. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные и чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

1.29 ТУ ГАЗ-86. Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов.

1.30 СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности.

1.31 СП 12.13130.2009*. Системы противопожарной защиты. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожароопасной и пожарной опасности. Утверждены приказом МЧС России.

1.32 СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты.

1.33 СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

1.34 ПУЭ. Правила устройства электроустановок. 6-е изд., 7-е изд.

1.35 СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда". Санитарные правила

1.36 Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Миннефтехимпром, 1972.

1.37 Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (утв. Минздравсоцразвития России от 01.06.2009 № 290н)

1.38 ГОСТ 31610.20-1-2020 (ISO/IEC 80079-20-1:2017). Межгосударственный стандарт. Взрывоопасные среды. Характеристики веществ для классификации газа и пара. Методы испытаний и данные.

1.39 ГОСТ 6221-90*. Аммиак безводный сжиженный. Технические условия.

1.40 ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные для промышленно-бытового назначения.

1.41 ГОСТ Р 53789-2010. Кислота азотная неконцентрированная. Технические условия.

1.42 ГОСТ 9972-74 «Масла нефтяные турбинные с присадками. Технические условия».

2. Перечень литературных источников:

2.1 Справочник химика / Под ред. Никольского Б.П. –Л.: Химия, 1971. Т.2.

2.2 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. изд: кн.1,2 / Под ред. Баратова А.Н. и Корольченко А.Я. –М.: Химия, 1990.

2.3 Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. –СПб.: Петербург-XXI век, 2000.

2.4 Справочник химика. Издание второе, переработанное и дополненное. Том 2 – Основные свойства неорганических и органических соединений, -Л., М.: Химия, 1964.

2.5 Сухотин А.М., Зотиков В.С. Химическое сопротивление материалов. –Л.: Химия, 1975.

2.6 Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей/ Под ред. Лазарева Н.В. и Левиной Э.М. –Л.: Химия, 1976-1977.

2.7 Вредные химические вещества. Справочник под ред Филова В.А. – л.: 1990.

2.8 Химический энциклопедический словарь. –М.: Советская энциклопедия, 1983.

2.9 Безопасные уровни содержания вредных веществ в окружающей среде / ВНИИТБХП. – Северодонецк: 1990.

2.10 Справочник по коррозии. /Рачев Х., Стефанова С.М. – М.: Мир, 1982.

2.11 Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности. Под ред. Рябова И.В. – М.: Химия, 1970.

2.12 Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение.- М:Химия,1991.-432с.

2.13 Маршалл В. Основные опасности химических производств. - Перевод с англ.-М.: Мир, 1989.-671с.

2.14 Бесчастнов М.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов.-М:Химия,1983.-472с.

2.15 Эпов А.Б. Аварии, катастрофы и стихийные бедствия в России. - М, 1994.-310с.

2.16 Корсаков Г.А. Комплексная оценка обстановки и управление предприятием в чрезвычайной ситуации. Учебное пособие. /Институт повышения квалификации работников судостроения. С-Пб, 1993.-130с.

2.17 Справочник химика. – М.: «Химия», 1965г.

2.18 Воробьева Г.Л. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. – М.: «Химия», 1967г.

2.19 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ - <http://www.gkr.ru>

2.20 Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. Л.: Химия, 1985, 528 с.

2.21 Большая Советская Энциклопедия. Гл. ред. А.М.Прохоров. Изд.3-е. М.: Советская Энциклопедия, 1976.

2.22 Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементоорганических соединений. СПб, АНО НПО «Мир и семья», 2002 г. Под общ. ред. Н.К. Скворцова.

2.23 Павлов К.Ф., Романков П.Г, Носков А.А.Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Изд.5-е. Л: 1961 г. Под общ. Ред. П.Г.Романкова.

2.24 Сафонов В.С. и др. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. – М.: 1996г.

2.25 Анализ риска при обеспечении промышленной безопасности: нормативные требования, практика и методическое обеспечение под ред. директора центра анализа риска ЗАО НТЦ ПБ, д.т.н Лисанова М.В.

2.26 Химическая энциклопедия: В 5 т.: А-Дарзана/Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл.ред.) и др. - М: Сов.энцикл., 1988: ил.

2.27 Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов. - 22-е изд., исправленное/Под ред. Рабиновича В.А. - Л.: Химия, 1982 - 720 с, ил.;

2.28 Программный комплекс оценки риска и расчета последствий аварий на производственных объектах ТОКСИ+^{risk} (версия 5). © ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность»»

