

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»  
(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей  
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему Риск ориентированный подход к обеспечению безопасности  
технологического процесса производства аммиачной селитры на площадке  
ПАО «КуйбышевАзот»

Студент

А.И. Трофимова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.В. Краснов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультант

В.В. Петрова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

д.п.н., профессор Л.Н.Горина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия )

(личная подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой

д.п.н., профессор Л.Н.Горина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

Тольятти 2019

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	8
1 Информационно-аналитический обзор характерных особенностей обеспечения безопасности технологических процессов химических предприятий РФ .....	9
1.1 Требования законодательных документов РФ относительно риск ориентированного подхода к обеспечению безопасности технологических процессов .....	9
1.2 Классификация рисков, требования безопасности, предъявляемые к промышленным предприятиям.....	17
1.3 Статистические данные об авариях на химических предприятиях РФ.....	19
1.4 Описание промышленных опасностей при производстве аммиачной селитры .....	24
1.4.1 Эмиссии в окружающую среду.....	26
1.4.2 Влияние аммиачной селитры на здоровье человека в случае возникновения аварийных ситуаций.....	27
2 Описание технологического процесса производства аммиачной селитры на площадке ПАО «КуйбышевАзот».....	30
2.1 Производство аммиака в РФ, перспективы развития производственных масштабов .....	30
2.1.1 Проблемные вопросы в производстве аммиачной селитры химических предприятий РФ .....	33
2.2 Технологический процесс производства аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот» .....	35
2.2.1 Получение селитры аммиачной.....	40
2.3 Доступные технологии ГИАП по строительству и реконструкции современных усовершенствованных аппаратов (применимо к амселитре) ...	44
2.4 Промышленная безопасность и охрана труда на ПАО «КуйбышевАзот»	47

3 Внедрение риск ориентированного подхода к обеспечению безопасности технологического процесса производства аммиачной селитры на площадке ПАО «КуйбышевАзот».....	61
3.1 Действующие требования безопасности при пуске и остановке технологических систем и отдельных видов оборудования, выводе их в резерв, нахождении в резерве и при вводе из резерва в работу .....	61
3.2 Использование анализа опасностей и количественной оценки риска аварий .....	62
3.3 Способ получения жидкого азотного удобрения с пониженным содержанием аммиака.....	63
3.4 Внедрение риск ориентированного подхода к обеспечению промышленной безопасности технологического процесса .....	65
3.5 Способ и система вибромониторинга промышленной безопасности динамического оборудования опасных производственных объектов.....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	82

## ВВЕДЕНИЕ

Государственное регулирование систем власти развитых стран уделяет большое внимание безопасности во всех сферах человеческой деятельности. Это обусловлено многообразием технологий и процессов, встречающихся в промышленной деятельности городов. В связи с активным развитием промышленных объектов (предприятия, цеха, заводы, производства, промышленные зоны), мощно укоренился термин «техносферная безопасность». Обеспечение безопасности в области охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности – современное направление деятельности, касающееся всех без исключения предприятий Российской Федерации.

Российская Федерация на сегодняшний день является одной из ведущих держав по обеспечению сырьевой химической базы в отраслевые системы других государств. Поэтому немаловажным является вопрос функционирования действующих химических предприятий в российских городах. Несомненно, вопросы промышленной безопасности становятся перед человечеством очень важными, решение которых требуется незамедлительно. Актуальность вопроса обеспечения промышленной безопасности подтверждается риском возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций, которые регулярно происходят во многих российских городах и за рубежом [1, с 2].

Деятельность химических предприятий на территории РФ, с одной стороны, огромный материальный ресурс для экономики страны и улучшения качества жизни людей (рабочие места, сравнительно достойная заработная плата, социальный пакет при трудоустройстве). Но есть также и негативные стороны рассматриваемого вопроса – загрязнение окружающей среды (все элементов биосферного пространства, частью которого является человек) и риск возникновения ЧС техногенного характера.

Актуальность темы исследования. Предприятие, занимающее свыше 300 га полезной площади производств, является важным не только социально-значимым объектом для городского населения, но также и потенциально-опасным объектом г. о. Тольятти. ПАО «КуйбышевАзот» ведущее предприятие в области производства минеральных удобрений, направление деятельности которого затрагивает область обеспечения промышленной безопасности. Активно ведется работа по направлению охраны окружающей среды, а также эффективности безопасного функционирования технологического процесса. Тем не менее, в условиях расширения производственных цехов аммиачной селитры и других удобрений, а также активного строительства новых, возникает потенциальная угроза выхода АХОВ в результате аварии. Необходимо внедрение новых методов риск ориентированного подхода обеспечения безопасности ПАО «КуйбышевАзот» в условиях развития научно-технического прогресса.

Целью настоящего диссертационного исследования является разработка методов использования риск ориентированного подхода к обеспечению безопасности технологического процесса производства аммиачной селитры на площадке ПАО «КуйбышевАзот».

Задачи исследования:

- информативный сбор литературных источников, нормативно-правовой и технической документации, касающейся деятельности рассматриваемого производства;
- теоретические исследования технологического процесса производства аммиачной селитры;
- экспериментальные исследования, анализ и выявление факторов риска, которые могут возникнуть в процессе деятельности производства аммиачной селитры;
- разработка риск ориентированного подхода к обеспечению безопасности технологического процесса производства аммиачной селитры;

– подведение итогов, конечных результатов сбора информации, анализа и сведений, выявленных в ходе диссертационного исследования.

Объект исследования – технологический процесс производства аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот».

Теоретическая и методологическая база исследования – действующая нормативно-правовая база российского законодательства, техническая документация рассматриваемого производства ПАО «КуйбышевАзот», результаты научных исследований авторов, материалы публикаций в области промышленной безопасности и риск ориентированного подхода.

Научная новизна исследования

Выявлены основные организационно-технические мероприятия по обеспечению безопасности технологического процесса производства аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот».

Предложена система технических устройств для применения по обеспечению безопасности технологического процесса производства аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот».

Теоретическая и практическая значимость

Приведены методы использования риск ориентированного подхода к обеспечению безопасности технологического процесса производства аммиачной селитры на площадке ПАО «КуйбышевАзот».

Положения, выносимые на защиту

Проведен информационный обзор литературных источников, а также нормативной документации действующего законодательства РФ по деятельности химических предприятий РФ, их функционировании и последствиях их деятельности.

Проведен анализ основных причин негативных последствий на окружающую среду вследствие деятельности промышленных предприятий в РФ.

Изучены и описаны данные о деятельности предприятия ПАО «КуйбышевАзот» по направлению производства аммиачной селитры.

Описана существующая система защиты обеспечения безопасности цехов производства аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот».

Приведены методы использования риск ориентированного подхода к обеспечению безопасности технологического процесса производства аммиачной селитры на площадке ПАО «КуйбышевАзот».

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность изложенных данных подтверждается списком используемых источников, действующих в законодательстве РФ.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации  
Трофимова, А.И., Аминова, М.М. Безопасный метод удаления продуктов химического производства их технологических систем и отдельных видов оборудования /А.И. Трофимова, М.М Аминова// «Символ науки».-2019.-с.16-21. ISSN 2410-700X;

Трофимова, А.И., Аминова, М.М. Безопасный метод нейтрализации азотной кислоты аммиаком, содержащимся в газах дистилляции  
/ А.И. Трофимова, М.М Аминова // «Символ науки».-2019.-с.10-15. ISSN 2410-700X.

Структура работы. Диссертация содержит 93 страницы печатного текста, 24 рисунка, 8 таблиц.

## **ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ**

В настоящей ВКР применяют следующие сокращения и обозначения:

ПАО – публичное акционерное общество

ХОО – химически опасный объект

ПОО – потенциально опасный объект

ЧС – чрезвычайная ситуация

АХОВ – аварийно-химические опасные вещества

ПЛАС – план локализации и ликвидации аварийных ситуаций

ЕС – Европейский Союз



# 1 Информационно-аналитический обзор характерных особенностей обеспечения безопасности технологических процессов химических предприятий РФ

## 1.1 Требования законодательных документов РФ относительно риск ориентированного подхода к обеспечению безопасности технологических процессов

Химическая промышленность – системообразующая отрасль химического комплекса, которая включает многообразие производимого агрохимического сырья и минеральных удобрений. На рисунке 1 изображена схема распределения структуры производства минеральных удобрений в РФ [1, с 2].

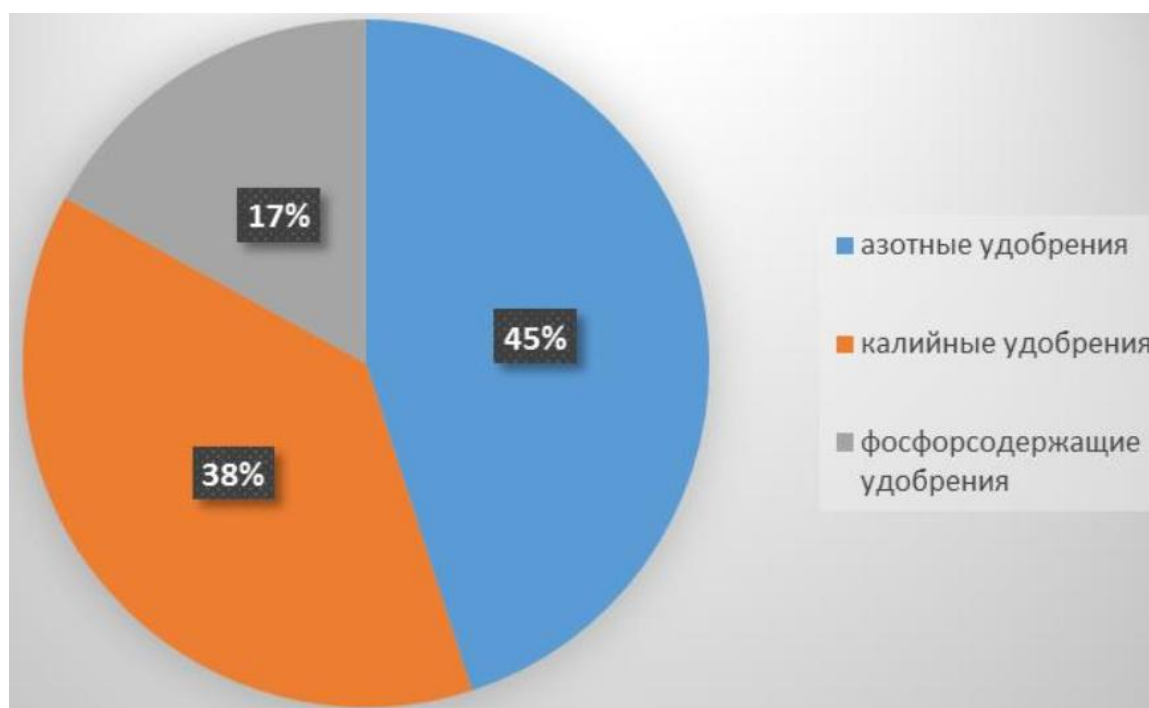


Рисунок 1 – Структура производства минеральных удобрений [1]

Сегмент производства минеральных удобрений укрепляет свои позиции, увеличивая обороты производств, что явно подтверждает укрепление на мировом рынке по экспорту удобрений [1, с. 6]. В связи с этим, увеличивается прибыль и в отношении внутреннего рынка, что

достаточно выгодно для экономики страны. Между тем, возникает вопрос о промышленной безопасности существующих предприятий российских городов, которые функционируют с 1940-х годов. Руководители предприятий сталкиваются с решением вопросов о модернизации, реконструкции участков производств, заменой устаревшего оборудования. Естественный прирост прибыли предприятий в химической отрасли стимулирует руководителей предприятий расширять участки производственных зон (для увеличения оборотов производств).

Появляется вопрос обеспечения безопасности действующего химического предприятия в условиях городской инфраструктуры. Обратимся к конкретному примеру химического предприятия нашего города Тольятти - ПАО «КуйбышевАзот».

ПАО «КуйбышевАзот» - мощное действующее предприятие г. о. Тольятти, направлением деятельности которого является производство и поставка аммиака и азотных удобрений, а также капролактама (вещество – сырьевой сегмент для производства пластиков и технических нитей). С 2002 года в связи с повышением спроса на минеральные удобрения, ПАО «КуйбышевАзот» повысил свои обороты в производстве удобрений.

В марте 2018 года Президент РФ в выступлении с посланием Федеральному Собранию четко заявил о том, что система контроля надзора должна быть переведена на риск ориентированный подход. В декабре 2016 года была утверждена реформа контрольно-надзорной деятельности, срок реализации которой составляет 9 лет, то есть до 2025 года.

Естественный переход от классической системы контрольно-надзорных функций до обоснованных конкретных проверок производственных объектов необходим для современности. Это обусловлено тем, что активно развивающаяся инфраструктура и мощная техносфера – губительный фактор для жизнеспособности человека и природы. Следовательно, нужны новые пути решения к возникшей проблеме в области промышленной безопасности. Осуществление данной проблемы возможно при наличии конкретной

государственной политики, а также мощных рычагов контроля над всеми видами деятельности.

«Количество разного рода проверок формально вроде бы снижается, но в ходе встреч с бизнесом мы слышим, что коренных изменений пока не происходит. Нужно сделать так, чтобы появление контролеров на предприятиях стало исключением. Это оправданно только на объектах с повышенным риском. В остальных случаях должны использоваться дистанционные методы контроля. В течение двух лет необходимо перевести всю систему контроля и надзора на риск ориентированный подход. Законодательная база для этого сформирована» [2].

Обратимся к определению понятия «Риск ориентированный подход», а также описанию его сути.

«В целях оптимального использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов, задействованных при осуществлении государственного контроля (надзора), снижения издержек юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и повышения результативности своей деятельности органами государственного контроля (надзора) при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) может применяться риск ориентированный подход» [4].

«Риск ориентированный подход - метод организации и осуществления государственного контроля (надзора), при котором выбор интенсивности (формы, продолжительности, периодичности) проведения мероприятий по контролю, мероприятий по профилактике нарушения обязательных требований определяется отнесением деятельности юридического лица, индивидуального предпринимателя и (или) используемых ими при осуществлении такой деятельности производственных объектов к определенной категории риска либо определенному классу (категории) опасности» [4].

Простыми словами, риск ориентированный подход применяют в контрольно-надзорной деятельности. Целью данного подхода является

снижение количества государственных проверок в местах наименьшего возникновения риска. Следовательно, этот подход автоматически снижает нагрузку на добросовестные предприятия. Суть риск ориентированного подхода заключается в оправданном распределении риска, то есть контроль над опасными объектами возрастает, а также уменьшается в благоприятных и так называемых безопасных зонах. Также достоинства применения риск ориентированного-подхода – это экономия материальных и трудовых ресурсов, эффективное распределение затрат. На рисунке 2 приведена схема распределения обоснования безопасности ОПО.

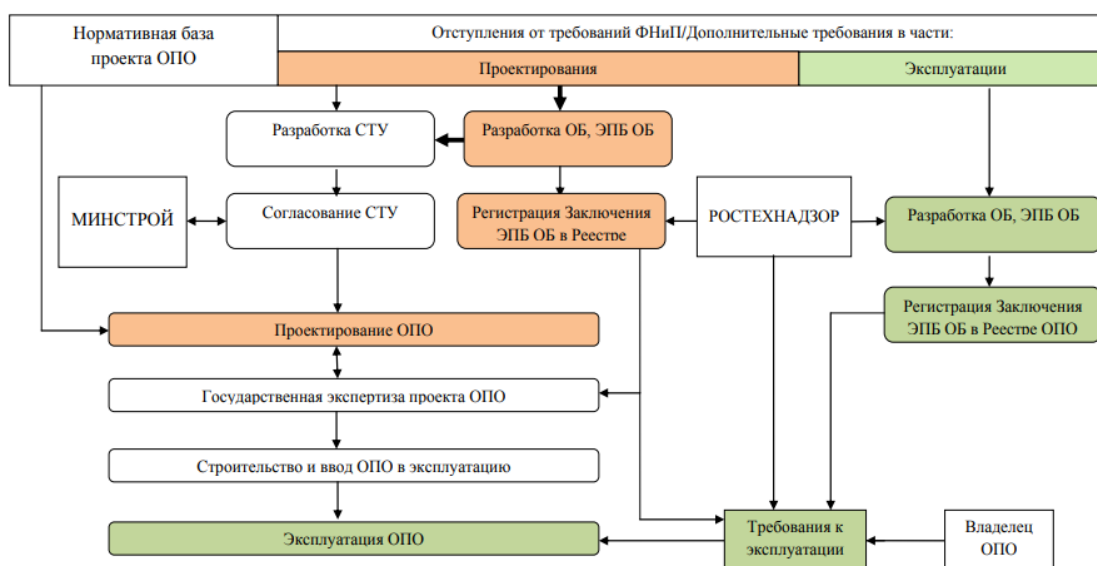


Рисунок 2 – Схема распределения обоснования безопасности ОПО

Кроме того, введение риск ориентированного подхода также способствует обеспечению охраны окружающей среды и снижению негативного воздействия от деятельности промышленных предприятий. Так как происходит привлечение внимания к опасным предприятиям, сосредоточение контрольных проверок государственной власти над деятельностью этих производственных процессов. Автоматически с введением риск ориентированного подхода наблюдается экономическая эффективность как для руководителей предприятий, так и для экономики страны.

Подтверждается вышеизложенный факт словами Президента РФ В.В. Путина в послании Федеральному Собранию о том, что ужесточение экологических требований к промышленным предприятиям должно привести к снижению выбросов. С 2019 г и 2021 г должны вводиться новые доступные технологии по снижению промышленных выбросов от действия промышленных предприятий РФ [2]. На рисунке 3 приведены обобщенные сведения о промышленной безопасности ОПО РФ за 2001-2013 гг

Риск ориентированный подход согласно требованиям действующего законодательства, проявляется в том, что для больших предприятий действует процедура комплексной проверки, для малых компаний и организаций – простая процедура проверки.

Начало применения Риск ориентированного подхода было положено в области финансового сегмента отраслевой структуры РФ, рассматривались в качестве объектов применения банки, инвестиционные фонды и страховые организации. В таких организациях размеры страховых премий всецело зависят от рисков, которые берут на себя эти компании. Из-за схожей идеи работы в службе внутреннего аудита и управлении рисками, риск ориентированный подход укрепил свои позиции в традиционном аудите. Произошло упрощение процедуры оценки риска, ориентация на получение эффективного результата в данной направленности государственного контроля.

На рисунке 3 приведена модель Риск ориентированного подхода осуществления надзорной деятельности [2].



Рисунок 3 – Модель Риск ориентированного подхода осуществления надзорной деятельности

Все же, основной целью Риск ориентированного подхода, является оптимизация в сфере использования трудовых и финансовых ресурсов в процессе осуществления государственного контроля. Уменьшаются издержки проверяемых объектов, а также повышается результативность и эффективность проверок.

«Вводится перечень видов регионального государственного контроля (надзора) при организации которых Риск ориентированный подход применяется в обязательном порядке.

В указанный перечень включено 7 видов надзора: экологический, строительный, жилищный, в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, надзор за обеспечением сохранности автомобильных дорог регионального и межмуниципального значения, надзор в области регулируемых государством цен (тарифов) и ветеринарный надзор» [3].

«Отнесение к определенному классу (категории) опасности осуществляется органом государственного контроля (надзора) с учетом

тяжести потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями обязательных требований, а к определенной категории риска - также с учетом оценки вероятности несоблюдения соответствующих обязательных требований» [4].

«Критерии отнесения объектов государственного контроля (надзора) к категориям риска должны учитывать тяжесть потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований, установленных федеральными законами и принимаемыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, законами и иными нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации (далее - обязательные требования), и вероятность несоблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями обязательных требований» [5].

«Оценка тяжести потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями обязательных требований проводится с учетом возможной степени тяжести потенциальных случаев причинения вреда и (или) возможной частоты возникновения и масштаба распространения потенциальных негативных последствий в рамках подобных случаев причинения вреда и (или) с учетом трудности преодоления возникших в их результате негативных последствий возможного несоблюдения обязательных требований» [5].

В странах ЕС также используется принцип Риск ориентированного подхода, концепция которого схожа с российской. Сначала идет разработка нормативно-правовой базы как инструментарий контрольных функций. Далее осуществляется реализация и оценка результатов. Недостатками в системе Риск ориентированного подхода в странах ЕС, с которыми сталкивались заинтересованные лица, явились отдельные недоработки в нормативной документации.

Кроме того, использование неактуальных стандартов на тот периода и отсутствие четкой стратегической цели. Идеей Риск ориентированного подхода является выборочный контроль объектов, поскольку полный контроль экономически нецелесообразен.

С 2002 года действует федеральный закон «Об охране окружающей среды», который также регламентирует и регулирует воздействие всех видов деятельности человека на элементы окружающей среды.

«Хозяйственная и иная деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов:

соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;

обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;

ответственность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления за обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на соответствующих территориях;

обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности;

обязательность проведения в соответствии с законодательством Российской Федерации проверки проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать негативное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью и имуществу граждан, на соответствие требованиям технических регламентов в области охраны окружающей среды;

учет природных и социально-экономических особенностей территорий при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности;



допустимость воздействия хозяйственной и иной деятельности на природную среду исходя из требований в области охраны окружающей среды;

обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших доступных технологий с учетом экономических и социальных факторов;

запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а также реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды» [5].

## **1.2 Классификация рисков, требования безопасности, предъявляемые к промышленным предприятиям**

Отнесение к определенной категории риска зависит от вероятности последствий аварии, масштаба их распространения. Органы государственного контроля размещают информацию в открытых источниках СМИ список объектов, относящихся к чрезвычайно высокому, высокому классам опасности. Действует принцип открытости.

«Опасные производственные объекты в зависимости от уровня потенциальной опасности аварий на них для жизненно важных интересов личности и общества подразделяются на четыре класса опасности:

I класс опасности - опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности;

II класс опасности - опасные производственные объекты высокой опасности;

III класс опасности - опасные производственные объекты средней опасности;

IV класс опасности - опасные производственные объекты низкой опасности» [8]. На рисунке 4 приведены данные о частоте плановых проверок контрольно-надзорными органами

Класс потенциальной опасности объекта надзора	Потенциальный риск причинения вреда здоровью	Периодичность плановых проверок
I класс	более $10^{-1}$	постоянный контроль (1 раз в квартал)
II класс	$10^{-1} - 10^{-3}$	не чаще 1 раза в год
III класс	$10^{-3} - 10^{-5}$	не чаще 1 раза в 3 года
IV класс	менее $10^{-5}$	не чаще 1 раза в 5 лет

Рисунок 4 – Частота плановых проверок контрольно-надзорными органами

«Присвоение класса опасности опасному производственному объекту осуществляется при его регистрации в государственном реестре» [8].

«Руководитель организации, эксплуатирующей опасные производственные объекты, несет ответственность за полноту и достоверность сведений, представленных для регистрации в государственном реестре опасных производственных объектов, в соответствии с законодательством Российской Федерации» [8].

«Требования промышленной безопасности - условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в настоящем Федеральном законе, других федеральных законах, принимаемых в соответствии с ними нормативных правовых актов Президента Российской Федерации, нормативных правовых актов Правительства Российской Федерации, а также федеральных норм и правил в области промышленной безопасности» [8].

«Требования промышленной безопасности должны соответствовать нормам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей среды, экологической безопасности, пожарной безопасности, охраны труда, строительства, а также обязательным требованиям, установленным в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании» [8].

### **1.3 Статистические данные об авариях на химических предприятиях РФ**

На сегодняшний день в промышленных предприятиях РФ используется свыше 600 тыс. химических веществ, 100 тыс. из которых могут быть отнесены к АХОВ [8].

Обращаясь к анализу известных аварий на химических предприятиях, можно проследить важную закономерность. Общие черты и особенности возникновения аварий, а также картина их развития схожи. Поэтому в данном разделе описаны известные случаи аварий на химических предприятиях не только в РФ, но и за рубежом. На рисунке 6 приведены данные распределения техногенных аварий по видам в РФ, 1995-2010 гг. Очевидно, что вероятность возникновения техногенной ЧС на ХОО ничтожно мала (1%), но опасность данного факта заключается в характере и масштабе последствий. Как было написано ранее, особенность аварий на ХОО – выход паровоздушной смеси АХОВ наносит губительный и молниеносный эффект на все элементы биосферного пространства. На рисунке 5 изображено распределение техногенных аварий по видам в РФ, 1995-2010 гг.



Рисунок 5 – Распределение техногенных аварий по видам в РФ, 1995-2010 гг

Необходимость рассмотрения требуется для комплексной оценки обеспечения безопасности, а также для получения достоверных результатов исследования. Основными причинами техногенных аварий (на химически х предприятиях) являются: разгерметизация технологического оборудования. Далее, нарушение правил охраны труда, техники безопасности и правильной эксплуатации технологического оборудования (человеческий фактор в ходе непосредственно самого технологического процесса). Кроме того, также выделяют внешние источники, инициирующие аварии. На химическом предприятии (природные ЧС, другие техногенные аварии, вторичным поражающим фактором которых являются новые аварии на соседних предприятиях) [8]. Анализ основных причин аварий показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Основные причины аварий на химических предприятиях РФ

Масштаб аварий непредсказуем, для его определения необходим комплекс характеристик отдельно рассматриваемого случая. Масштабы аварий могут носить как локальный характер, так и федеральный характер [10]. Характерной особенностью аварий именно химических предприятиях является, безусловно, тяжесть последствий. Это обусловлено вполне понятными фактами специфики отрасли – образование зоны заражения выделившимися АХОВ, возникновение пожара/ взрыва вследствие выхода паровоздушной смеси продукта. Также возможны хрупкие разрушения резервуаров и технологического оборудования, масса и занимаемая площадь которых сложна для локализации зон заражения. Специфика химической аварии также обусловлена тем, что газообразное вещество сложно контролировать, оно способно быстро попадать в атмосферу и другие компоненты оболочки Земли. Большинство происходящих аварий способны повлечь огромные человеческие жертвы, отравление местности, потерю значительного количества АХОВ. Поскольку и по сей день происходят аварии на химических предприятиях, вопрос обеспечения безопасности остается открытым и требует нововведений для реализации. Во избежание подобных случаев руководители ПОО ответственны за разработку и наличие

актуальной версии ПЛАС. Проблема сложна в понимании самого комплекса причин и особенностей описания конкретного химического предприятия.

Это трудоемкий и затратный процесс – описание методов решения обеспечения промышленной безопасности на химическом предприятии. На территории РФ функционирует 3,3 тыс. объектов с наличием АХОВ. Предприятия такого направления, как правило, располагаются в городах РФ (их количество - 146) с численностью населения свыше 100 тыс. человек. Наличие АХОВ по регионам РФ представлены в таблице 1. Отмечено, что на объектах химической промышленности преобладают такие вещества, как аммиак (50%); хлор (35%); соляная кислота (5%).

Таблица 1 – Виды АХОВ, используемые в регионах РФ на химических предприятиях

Территория РФ (регион)	Используемые АХОВ	Количество АХОВ, т
Центрально-Черноземный	Аммиак, хлор	125,3
Западно-Сибирский	Аммиак, хлор, водород, углерод, ангидрид	52,3
Уральский	Аммиак, хлор, фтористый водород	49,2
Приволжский	Аммиак, хлор	152,3
Волго-Вятский	Аммиак, хлор, фосген, соляная кислота	48,3
Северный	Аммиак, хлор, ангидрид	29,2
Центральный	Аммиак, хлор, хлорпикрин	78,9

Риск выхода представленных химических соединений влечет за собой серьезные последствия широкого масштаба. Последствия аварий на химических предприятиях всецело зависят от типа и количества АХОВ, технологического процесса (сосуды под давлением, габаритные резервуары, срок эксплуатации установок), а также метеоусловий и непосредственной близости соседних строений. Основной поражающий фактор при авариях на ХОО – химическое заражение (массовые отравления и десятки километров зон заражения). Авария на ХОО опасна сроками воздействия на человека, происходит мгновенное попадание токсических веществ в организм

человека. Вторичными факторами аварии на ХОО могут быть параллельно возникающие пожары и взрывы. На рисунке 10 приведены данные соотношения количества ЧС природного и техногенного характера с 2008-2016. Отчетливо видно, что с 2006 до 2010 года стабилизировалось число техногенных аварий, тем не менее, в период примерно с 2010-2012 гг снова это число увеличилось. Точно оценить и объяснить приведенные данные статистики невозможно, поскольку огромный ряд причин повлиял на них.

Для дальнейшего этапа исследования описаны факты произошедших аварий на ХОО в мире.

В 1974 году в г. Флишборо (Великобритания) произошла авария с выбросом АХОВ - циклогексана (40 тонн), в результате данной ЧС образовалось облако паровоздушной смеси (радиус которого составил 100 м). В результате выброса, произошел взрыв (мощность составила 50 т в тротиловом эквиваленте). Кроме того, возник пожар на площади 4,5 км<sup>2</sup>. Количество человеческих жертв составило 29 человек, пострадало – 36. Еще 100 человек впоследствии получили отравление. 2000 зданий было частично или полностью разрушено.

В 1976 году в г. Севезо (Италия) произошла утечка трихлорфенола на химическом заводе, образовалось облако паровоздушной смеси (содержание 4 кг диоксина). Площадь распространения составила 18 км<sup>2</sup>. Количество пострадавших – около 100 человек, погибли животные (КРС, с/х животные). На данной территории организовали эвакуацию, полная дегазация пораженной территории была 8 лет.

2 декабря 1984 г в г. Бхопале (Индия) произошла авария (утечка 43 т опасного вещества - метилизоцианита) на химическом предприятии транснациональной корпорации. Количество погибших составило 4035 человек, данный случай в истории был опубликован в Книге Рекордов Гиннеса. Свыше 200 тыс. человек пострадали в результате отравления токсичными ядами метилизоцианита.

20 марта 1989 г в г. Ионава (Литва) произошла авария на ХОО, аналогов которой нет в мире по количеству выбросов. ХОО как раз таки относился к предприятию, направлением деятельности которого было производство минеральных удобрений. В результате аварии произошел выход аммиака (7 тыс. тонн), кроме того произошло разрушение резервуара с выходом жидкого аммиака на территорию производственного цеха. Первоначальная площадь зоны заражения варьировалась от 100-350 м<sup>2</sup>. Количество человеческих жертв составило – 7 человек, пострадало – 57.

#### **1.4 Описание промышленных опасностей при производстве аммиачной селитры**

Производство аммиачной селитры характеризуется:

- наличием вредных и опасных веществ (аммиак, азотная кислота, оксиды азота, аммиачная селитра, порошок каустический магnezитовый, азот, антислеживающая добавка NovoFlow 99056),
- наличием аппаратов и трубопроводов, работающих под давлением,
- наличием движущихся и вращающихся частей механизмов,
- наличием высокой температуры (до 200°С),
- применением электрической энергии высокого 6000В и низкого 220, 380, 500В напряжения,
- размещением оборудования на высоте,
- хранением на складах и рампах больших количеств амселитры, упакованной в полиэтиленовые мешки, отличающейся опасными свойствами и способной к загоранию (разложению) при сильном нагревании, попадании огня или загрязнения некоторыми примесями,
- горением (разложением) аммиачной селитры, которое может происходить без доступа воздуха, за счет кислорода, содержащегося в самой амселитре,
- получением в выпарных аппаратах III ступени и выпарных аппаратах с падающей пленкой высококонцентрированного плава аммиачной селитры,



склонного к разложению с выделением оксидов азота в случае перегрева, повышенного содержания свободной азотной кислоты или загрязнения посторонними примесями,

- применением в качестве сырья аммиака, газов дистилляции цехов М-2 и СП УВТИ, азотной кислоты, отличающихся токсичными свойствами; кроме того, аммиак и газы дистилляции склонны к образованию взрывоопасных смесей с воздухом. Вероятность образования взрывоопасных смесей возрастает при наличии в аммиаке или газах дистилляции горючих примесей (водород, метан, СО и другие),

- транспортировкой по трубопроводам горячих растворов (плава) амселитры, применением для обогрева пара с давлением не менее 1,5 МПа (15 кгс/см<sup>2</sup>),

-наличием значительного количества ленточных конвейеров для амселитры и узлов пересыпки при транспортировке, возможности запыленности помещений мелкодисперсной пылью аммиачной селитры,

-опасностью попадания под автомобильный и железнодорожный транспорт,

-уровнем шума выше нормы.

Аммиачная селитра является окислителем, следовательно, когда она сама не горит, она поддерживает огонь даже при отсутствии воздуха, тем самым, создавая проблемы при тушении огня. Горячий раствор амселитры может также способствовать возгоранию горючего материала при контактировании. Несмотря на свою репутацию, марку амселитры, применяемую в качестве удобрения, довольно-таки трудно заставить сдетонировать. Для детонации твёрдой приллированной амселитры потребуются значительные усилия и критический диаметр насыпи (минимальное количество для достижения полной детонации) обычно должен превысить 7 метров. Разложение возможно при наличии примесей.

#### 1.4.1 Эмиссии в окружающую среду

В процессе получения аммиачной селитры при функционировании технологического процесса, в агрегатах установок АС-72, АС-60, АС-67, происходит выброс (водяной пар + аэрозольные примеси частиц амселитры) в атмосферу из грануляционных башен. В процессе работы установок АС-67 и АС-72 выходят насыщенные паром газы, это объясняется тем, что выбрасывается соковый пар из выпарного аппарата. В связи с этим, паровоздушная смесь очищается в скруббере с секцией промывки. Данные скрубберные установки также содержат секцию тонкой очистки, впоследствии происходит фильтрация через нетканый материал из ультратонких синтетических волокон.

«На ряде агрегатов в этот промывной скруббер выполнено подключение воздушников из технологической аппаратуры. Этим обеспечивается полнота очистки выбросов в атмосферу от  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и  $\text{NH}_3$ . Агрегаты АС-60 оборудованы локальными очистными аппаратами паровоздушной смеси из доупарки плава аммиачной селитры. Воздух из гранбашен не очищается. Но вследствие того, что воздух из гранбашни АС-60 большого диаметра движется в ней с небольшой скоростью, он содержит значительно меньшее количество унесенных частиц  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , чем из башен АС-67 и АС-72. Тем не менее, без очистки воздух из гранбашен АС-60 более загрязнен, чем из башен АС-72. В агрегатах АС-72 и АС-67 постоянные технологические загрязненные сточные воды отсутствуют. В агрегатах АС-60 сбрасывается постоянно часть конденсата сокового пара, так как все его количество не может быть утилизировано в производстве азотной кислоты» [16].

В конденсате сокового пара присутствуют примеси нитратного и аммонийного азота.

«В агрегатах всех типов присутствуют периодические сбросы загрязненной воды, образующиеся при промывке оборудования и

трубопроводов, нештатных смывок проливов растворов аммиачной селитры. Поскольку количество этих сточных вод может варьироваться, показать объемы содержащихся в них загрязняющих веществ в кг/т готового продукта не представляется возможным. Возвращение в процесс загрязненных сточных вод и сухих просыпей запрещено по правилам техники безопасности. Возможна их передача для обработки на других производствах. Отходы производства представлены отработанными фильтровальными материалами, которые утилизируются или размещаются на специализированных полигонах. Отработанные масла подлежат регенерации и повторному использованию» [16].

«ПДК нитратов в почве — 130 мг/кг.

Промывные воды после промывки оборудования и коммуникаций должны быть направлены на биоочистные сооружения.

Твердые отходы производства (после очистки оборудования и коммуникаций) подлежат захоронению в специально отведенных местах. Отходы селитры непригодные для использования по назначению продукта должны быть направлены на технологическую переработку.

Дозы внесения селитры в почву устанавливаются на основании данных агрохимических служб, расположенных в зоне ее применения» [39].

#### 1.4.2 Влияние аммиачной селитры на здоровье человека в случае возникновения аварийных ситуаций

Аммиачная селитра относится к 3-му классу опасности по степени воздействия, рекомендуемая норма ПДК в воздухе рабочих зон не должна превышать 10 мг/м<sup>3</sup>. В организм человека амселитра может поступать в желудочно-кишечный тракт, попадать на кожу и глаза.

#### Выводы к разделу 1

1. Риск ориентированный подход – метод оптимизации различных сфер экономики, который необходим для внедрения согласно действующим законодательным актам;

2. Статистические данные аварий показывают, что вероятность возникновения техногенной ЧС на ХОО ничтожно мала (1%), но опасность данного факта заключается в характере и масштабе последствий. Особенность аварий на ХОО – выход паровоздушной смеси АХОВ наносит губительный и молниеносный эффект на все элементы биосферного пространства.

3. Рассмотрение статистических данных обусловлено необходимостью поиска информации для комплексной оценки обеспечения безопасности, а также для получения достоверных результатов исследования.

4. Основные причины техногенных аварий (на химических предприятиях):

а. разгерметизация технологического оборудования;

б. нарушение правил охраны труда, техники безопасности и правильной эксплуатации технологического оборудования (человеческий фактор в ходе непосредственно самого технологического процесса);

в. слабый производственный контроль действующих предприятий (впоследствии руководитель объекта получает достоверную информацию о состоянии промышленной безопасности от сотрудников Ростехнадзора во время проверок)

г. внешние источники, инициирующие аварии.

Проблемные вопросы во внедрении риск ориентированного подхода, которые необходимо решать:

изменения условий проведения конкурсов (тендеров) на оказание услуг по ЭПБ и предоставления возможности долгосрочного планирования деятельности экспертных организаций;

создания инфраструктуры независимых некоммерческих организаций, специализирующихся на разработке и обновлении отраслевых нормативных документов, детализирующих частные решения и правила по обеспечению промышленной безопасности в условиях риск ориентированного регулирования, а также методических документов по анализу риска;

разработки системы базовых нормативно-методических документов, описывающих процедуры оценки и поддержания приемлемого риска эксплуатации различных видов ТУ, ЗиС на ОПО;

разработки справочников-классификаторов видов деградации ТУ, ЗиС на ОПО в различных отраслях промышленности, позволяющих установить зоны, методики и параметры контроля ТУ, ЗиС, а также критерии их оценки;

разработки перечня непрогнозируемых видов деградации ТУ, ЗиС на ОПО в различных отраслях промышленности и типовых методологий мониторинга этих видов деградации.

## 2 Описание технологического процесса производства аммиачной селитры на площадке ПАО «КуйбышевАзот»

### 2.1 Производство аммиака в РФ, перспективы развития производственных масштабов

На сегодняшний день аммиак – это многотоннажный продукт, активно используемый в производстве минеральных удобрений (свыше 150 млн. т/год). Аммиак  $\text{NH}_3$  – источник азота (N), используется в химической промышленности также для производства пластмасс, органических соединений, взрывчатых веществ и полиамидов (синтетических соединений). На рисунке 7 изображена доля ПАО «КуйбышевАзот» в производстве азотных РФ удобрений за 2015 год

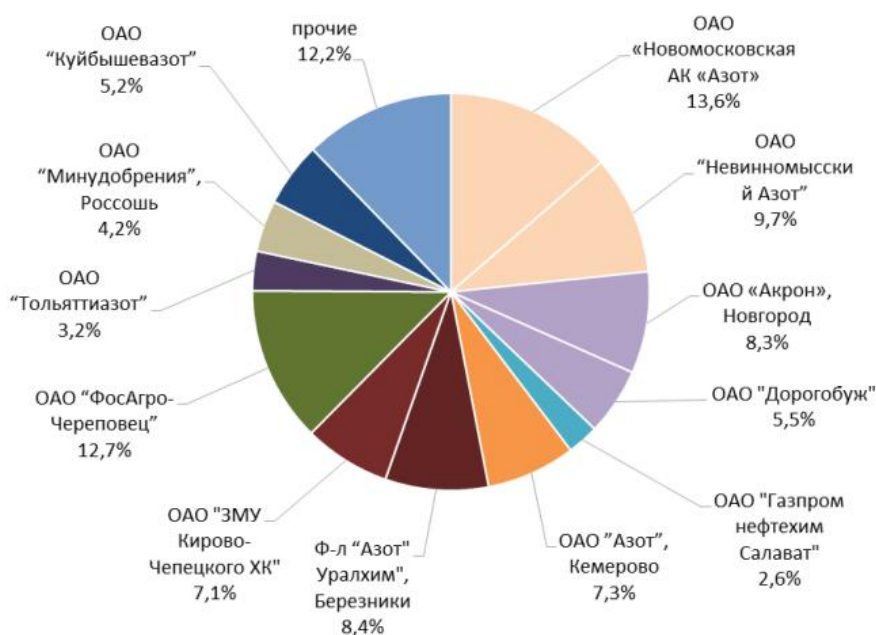


Рисунок 7 – Доля ПАО «КуйбышевАзот» в производстве азотных РФ удобрений за 2015 год

Азот, фосфор, калий, магний и кальций – химические компоненты минеральных удобрений, которые активно используют в сельском хозяйстве. Плодородие почвы поддерживается внесением удобрений. В РФ применяют комплексные добавки удобрений, которые в конечном итоге, помогают

сократить затраты на трудовые ресурсы, тем самым оптимизируя производство.

На данный момент в РФ аммиак производят 40 установок, расположенных на 13 предприятиях страны. Учитывая представленные цифры, несложно догадаться, что обороты производств на каждом из 13 предприятий велики, что показывает достаточную степень возникновения риска. 16,3 млн т/год аммиака произведено в РФ за 2012 год. 45% производимого аммиака поставляется на внутренний рынок, прежде всего, для производства минеральных удобрений. В 2005 году объем внутреннего потребления аммиака составил 9,3 млн т, 8,4 млн т из которых пошло на производство азотных удобрений, 2,2 тыс т – на нужды сельского хозяйства, 0,9 млн т – нужды промышленного производства.

На рисунке 8 изображены данные по распределению произведенного аммиака в РФ.



Рисунок 8 – Распределение произведенного аммиака в РФ

«На внутреннем рынке аммиак покупают в основном предприятия по производству АО «Минудобрения» (г. Мелеуз), АО «Менделеевск Азот» (г.

Менделеевск). Доля товарного аммиака, поступившего на внутренний рынок в 2000–2005 годах, варьировалась в пределах 1,42–2,07 млн т, т. е. в пределах 13,4 % — 16,6 % от объема производства» [1]. На рисунке 9 изображены цеха производства аммиачной селитры.



Рисунок 9 – Цеха производства аммиачной селитры

Строительство агрегатов для производства синтетического аммиака из угля и углеводородного сырья началось в 1930-е годы и продолжалось вплоть до 1988 года с различной степенью интенсивности ввода агрегатов в зависимости от технических и экономических возможностей страны. Для производства аммиака в качестве сырья и топлива используют природный газ» [1].



В таблице 2 приведены данные о технологии предприятия ХОО, производящие аммиак

Таблица 2 - Данные о технологии предприятия ХОО, производящие аммиак

Технология	Проект	Предприятия
Производство аммиака (мощность 1370-2100 т/сут) в однолинейном агрегате путем каталитического реформинга в трубчатой печи, а также вторичным реформингом с отделением очистки	АМ-70; АМ-76	ПАО «КуйбышевАзот» ОАО «ФосАгро-Череповец» ОАО «НАК Азот» ОАО «Минеральные удобрения» ОАО «ТольяттиАзот»

### 2.1.1 Проблемные вопросы в производстве аммиачной селитры химических предприятий РФ

Основными проблемами в производстве аммиачной селитры в РФ являются: необходимость технического вооружения действующих предприятий, слияние интеграция компаний по производству аммиака, возведение новых объектов (установки, агрегаты, оборудование, резервуары) строительства.

«Основные принципы, которые должны всегда учитываться при разработке концепции модернизации аммиачного агрегата:

- 1) Минимально возможное вовлечение природных ресурсов в технологический процесс.
- 2) Рециклирование в границах установки отходящих и отбросных потоков.
- 3) Использование малотоксичных химических веществ и некоррозионных материалов.
- 4) Использование материалов и катализаторов с возможностью их повторного использования в технологическом процессе.
- 5) Повышение надежности аппаратов и оборудования.

## б) Интегрирование и диверсификация производств.

Можно выделить две стратегии:

- радикальная модернизация. Радикальную модернизацию следует предпринимать в современных условиях в России только в том случае, если есть уверенность в устойчивом спросе на азотную продукцию. Примерами успешного проведения радикальных модернизаций являются модернизации производств аммиака в Китае;

- стратегия частного техперевооружения. Учитывая риски, связанные с радикальной модернизацией, большинство предприятий в настоящее время выбирают тактику частных модернизаций. Такая тактика позволяет планировать капитальные вложения в модернизацию и реконструкцию в течение времени, постоянно используя амортизационные отчисления на замену выработавшего ресурс оборудования. Такая тактика приносит частный успех и улучшает экономические показатели всей цепочки азотных производств. Разработка и использование единой технологической концепции частных модернизаций является надежной базой для выработки программы инвестиций, обеспечивающей быстрый коммерческий успех» [1].

«Одним из направлений модернизации, позволяющим повысить конкурентоспособность и получить возможность более гибко реагировать на изменения рынка, является создание интегрированных производств на базе агрегатов аммиака. Аммиачные агрегаты могут технологически удачно интегрироваться с производством метанола, причем удельные затраты энергии при производстве обоих продуктов понижаются. Агрегаты аммиака интегрируются также с производствами капролактама, азотной кислоты, что приводит к снижению затрат по сумме производств» [1].

«Оценки перспективы производства аммиака и удобрений на его основе показывают, что при существующей цене природного газа рентабельными и конкурентоспособными на мировом рынке станут производства азотных удобрений, которые будут использовать аммиак, получаемый с затратами энергии не более, чем  $7 \div 7,5$  Гкал/т. Достижения в

области технологии, аппаратуры и катализаторов создают научную и техническую базу для разработки и строительства новых российских аммиачных агрегатов» [1].

## 2.2 Технологический процесс производства аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот»

Производство селитры аммиачной осуществляется путем нейтрализации азотной кислоты аммиаком, впоследствии процесса происходит упаривание и гранулирование расплава.

По внешнему виду гранулы селитры аммиачной белые или светло-желтые. Селитра аммиачная  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  содержит не менее 34,0 % азота, находящегося в соли в двух формах аммиачной ( $\text{NH}_4$ ) и нитратной ( $\text{NO}_3$ ).

Кристаллические формы:

Существует пять различных кристаллических форм модификаций, в зависимости от температуры селитры аммиачной. При застывании плава образуются кристаллы I (кубические), которые переходят по мере охлаждения во II, III, IV и V формы. Полиморфные превращения сопровождаются выделением (поглощением) тепла и изменением плотности кристаллов, данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Кристаллические формы модификаций

Модификация	Температурный интервал	Плотность кристаллов г/см <sup>3</sup>	Переход	Точка перехода а °С	Теплота перехода а ккал/кг	Изменения объема, %
Кубическая (I)	169,6-125,2	-	Расплавленная соль I	169,6	17,5	
Тетрагональная (II)	125,2-84,2	1,69	I-II	125,8	13,26	Уменьшение на 2%
Ромбическая или моноклинная (III)	84,2-32,3	1,66	II-III	84,2	4,03	Увеличение на 1,2%

### Растворимость селитры аммиачной

В воде селитра аммиачная растворяется хорошо. При повышении температуры ее растворимость увеличивается. Растворение селитры аммиачной в воде протекает с поглощением большого количества тепла.

Для растворов низкой концентрации (ниже 43%) с повышением концентрации температура кристаллизации снижается. Так 10%-ный раствор кристаллизуется при минус 4<sup>0</sup>С, 40%-ный – при минус 16<sup>0</sup>С.

При дальнейшем повышении концентрации сверх 43% температура кристаллизации тоже возрастает.

Селитра аммиачная хорошо растворяется в этиловом и метиловом спиртах, пиридине, ацетоне, жидком аммиаке.

Селитра аммиачная является сильным окислителем ряда неорганических и органических соединений. С некоторыми веществами, находящимися в расплавленном состоянии (например, с расплавом нитрита натрия), она интенсивно реагирует, вплоть до взрыва.

### Гигроскопичность и слеживаемость селитры аммиачной

Селитра аммиачная отличается большой гигроскопичностью. Гигроскопичность селитры аммиачной характеризуется гигроскопической точкой – относительно влажностью воздуха, при которой селитра аммиачная, имеющая температуру окружающего воздуха, не теряет воду и не поглощает ее из воздуха.

Гигроскопические точки селитры аммиачной (в %) имеют следующие значения:

Температуры, <sup>0</sup>С

10    15    20    25    30    40    50

Гигроскопическая точка %

75,3   69,8   66,9   62,7   59,4   52,5   48,4

Из данных следует, что влажный и теплый климат весьма

неблагоприятен для хранения селитры аммиачной.

Процесс производства аммиачной селитры в виде гранул характеризуется тем, что влага значительно дольше поглощается из воздуха. Вследствие этого гигроскопичность аммиачной селитры способствует слеживаемости минерального удобрения. Кроме того, наблюдается слеживаемость амселитры вследствие следующих причин: механические непрочности в соединении молекул вещества аммиачной селитры, наличие влаги в готовом продукте.

Слеживаемость аммиачной селитры естественным образом влияет на сыпучесть продукта, впоследствии образуя неделимую массу. В связи с этим фактом, вводят магnezитные добавки в амселитру.

Селитра аммиачная выпускается в виде частиц круглой формы – гранул. Наиболее правильную форму имеют шаровидные гранулы. Однако и среди них попадает большое количество частиц неодинаковой формы, особенно пустотелых гранул, отличающихся малой механической прочностью. Практика показывает, что наличие в гранулированной селитре аммиачной пустотелых частиц и их разрушение резко ускоряет процесс слеживания.

Изменения в кристаллической решетке вещества характеризуются изменениями их структуры, плотности и других свойств селитры аммиачной, которые оказываются на рассыпчатости продукта. Одна из пяти кристаллических модификаций селитры аммиачной, существующая при температуре ниже  $32,3^{\circ}\text{C}$  является практически не слеживающейся.

Присущая селитре аммиачной гигроскопичность сильно способствует ее слеживанию. Особенно сильно влияет на слеживаемость соли поглощение ею влаги воздуха, образующейся в верхнем слое селитры, ее насыщенный раствор постепенно проникает в пространство между гранулами, затем через поры и капилляры проходит в толщу соли.

Далее при понижении температуры окружающей среды начинают протекать процессы, увеличивающие слеживаемость селитры аммиачной.

Для уменьшения влияния гигроскопичности селитры на ее слеживаемость наиболее эффективной мерой является упаковка продукта в герметичную тару – полиэтиленовые мешки. Уменьшение слеживаемости достигается снижением влаги в готовом продукте и охлаждением его до температуры не выше 50<sup>0</sup>С.

#### Применение селитры аммиачной

1) Селитра аммиачная представляет собой вещество, содержащее не менее 34% азота. По сравнению с другими твердыми азотными удобрениями селитра аммиачная имеет высокое содержание азота и это определяет в основном целесообразность ее использования в сельском хозяйстве в качестве неорганического удобрения. Вносится под различные культуры, на различных почвах.

#### Селитра аммиачная в промышленности

Селитра аммиачная в значительных количествах используется для промышленных целей, главным образом в качестве сырья для производства промышленных взрывчатых веществ, широко применяемых в горном деле (добыча угля, руд и других полезных ископаемых), строительстве гидросооружений, тоннелей, каналов и т.п.

2) Жидкое комплексное удобрение КАС, состоящее из растворов карбамида и селитры аммиачной, применяется как удобрение в сельском хозяйстве в период с 1 марта по 1 ноября.

Таблица 4 - Характеристика исходного сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов при получении селитры аммиачной и КАС

Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Обозначение стандарта, технических условий, регламента или методики на подготовку сырья	Наименование показателей, обязательных для проверки	Нормы показателей по НТД
Аммиак газообразный	Технологический регламент №2	Давление Температура Массовая доля масла Объемная доля инертнов	0,15-0,3 МПа (1,5-3,0 кгс/см <sup>2</sup> ) Не ниже +3 <sup>0</sup> С Не более 4 мг/м <sup>3</sup> Не более 1,0%
Неконцентрированная азотная кислота	Технологический регламент №5	Массовая доля азотной кислоты Окислов азота Массовая концентрация хлоридов	Не менее 47% Не более 0,2% Не более 10 мг/кг
Каустический магнезитовый порошок	ГОСТ 1216-87 Марки ПМК-87 ПМК-83	Массовая доля влаги Массовая доля MgO Потери при прокаливании	Не более 1,3% 83-87% Не более 8%
Водный раствор мочевины	Технологический регламент №4	Массовая доля мочевины Массовая доля аммиака	Не менее 68% Не более 0,5%
Водный раствор селитры аммиачной	Настоящий регламент	Массовая доля селитры аммиачной Содержание аммиака Массовая концентрация масла	Не менее 78% 0,1÷0,3 г/л Не более 7 мг/кг
Азот газообразный Р-6	Технологический регламент №10	Давление Объемная концентрация кислорода	Не менее 0,1 МПа (1 кгс/см <sup>2</sup> ) Не более 0,002% об.
Пар технологический цеха №9 на входе в цех Р-13 кгс/см <sup>2</sup>	-	Давление Температура	Не менее 1,1 МПа (11 кгс/см <sup>2</sup> ) 180-2000С
Пар технологический цеха №9 на входе в цех Р=20 кгс/см <sup>2</sup>	-	Давление Температура	Не менее 1,5 МПа (15 кгс/см <sup>2</sup> ) Не более 3000С

### 2.2.1 Получение селитры аммиачной

Селитра аммиачная образуется при взаимодействии газообразного аммиака и неконцентрированной азотной кислоты. Кроме газообразного аммиака для получения селитры аммиачной используются газы дистилляции производства карбамида.

Процесс получения гранулированной селитры аммиачной состоит из следующих стадий:

1. Получение азотнокислого раствора магнезита
2. Нейтрализация азотной кислоты газообразным аммиаком или аммиаком, содержащимся в газах дистилляции производства карбамида в составе двух аппаратов ИТН и двух скрубберных установок с предварительным упариванием раствора в двух выпарных аппаратах.
3. Упаривание плава, доупаривание, гранулирование соли из плава и ее охлаждение в составе четырех выпарных аппаратов II ступени, двух доупарочных аппаратов и двух грануляционных башен.
4. Транспортирование, упаковка и хранение готового продукта.
5. Обработка готового продукта антислеживающими добавками.

#### 4.1.1 Получение азотнокислого раствора магнезита

Получение азотнокислого раствора магнезита протекает по реакции:



# Материальный баланс

## Схема получения 1 тонны аммиачной селитры

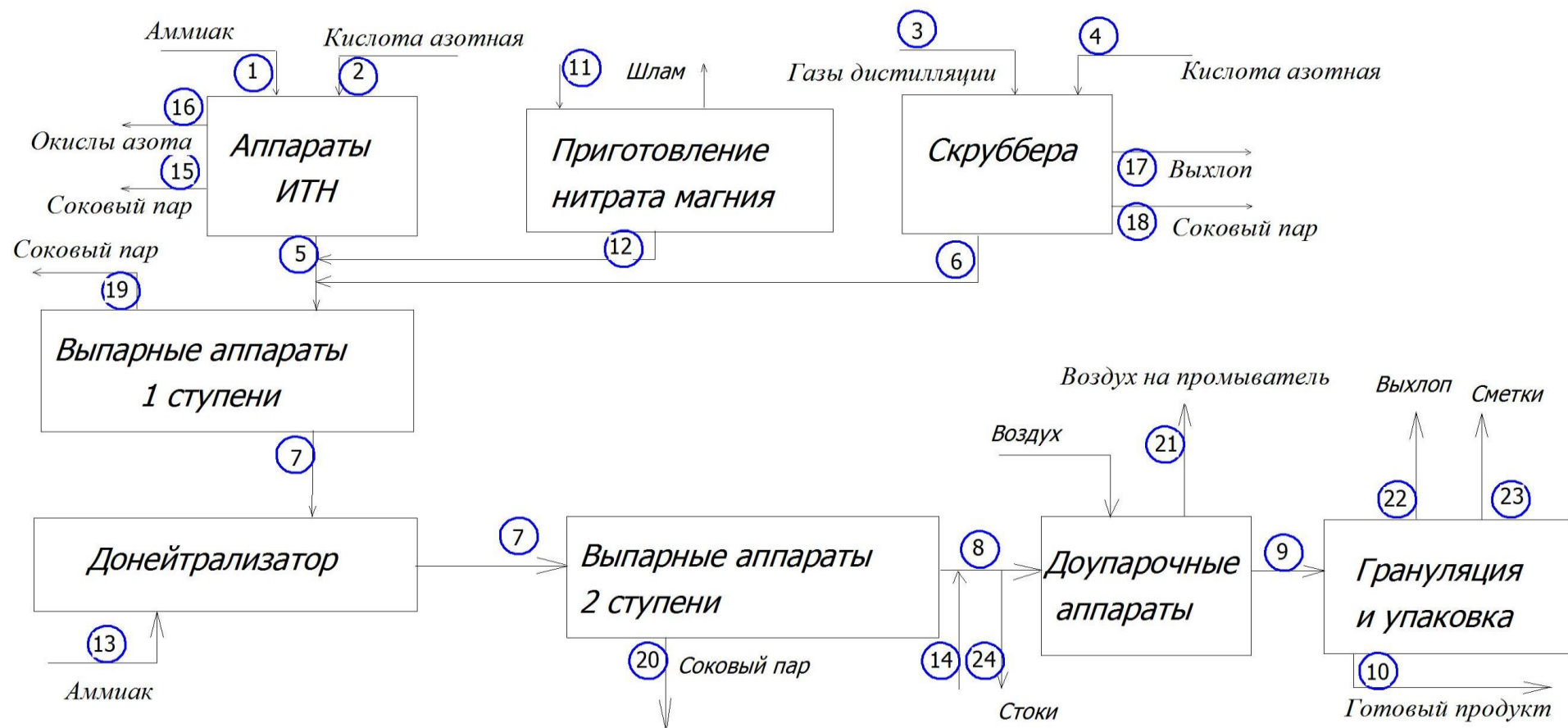


Рисунок 10 – Схема технологического процесса получения амселитры ПАО «КуйбышевАзот»

## Материальный баланс установки переработки КСП производительностью 70 м<sup>3</sup>/час по входящему потоку

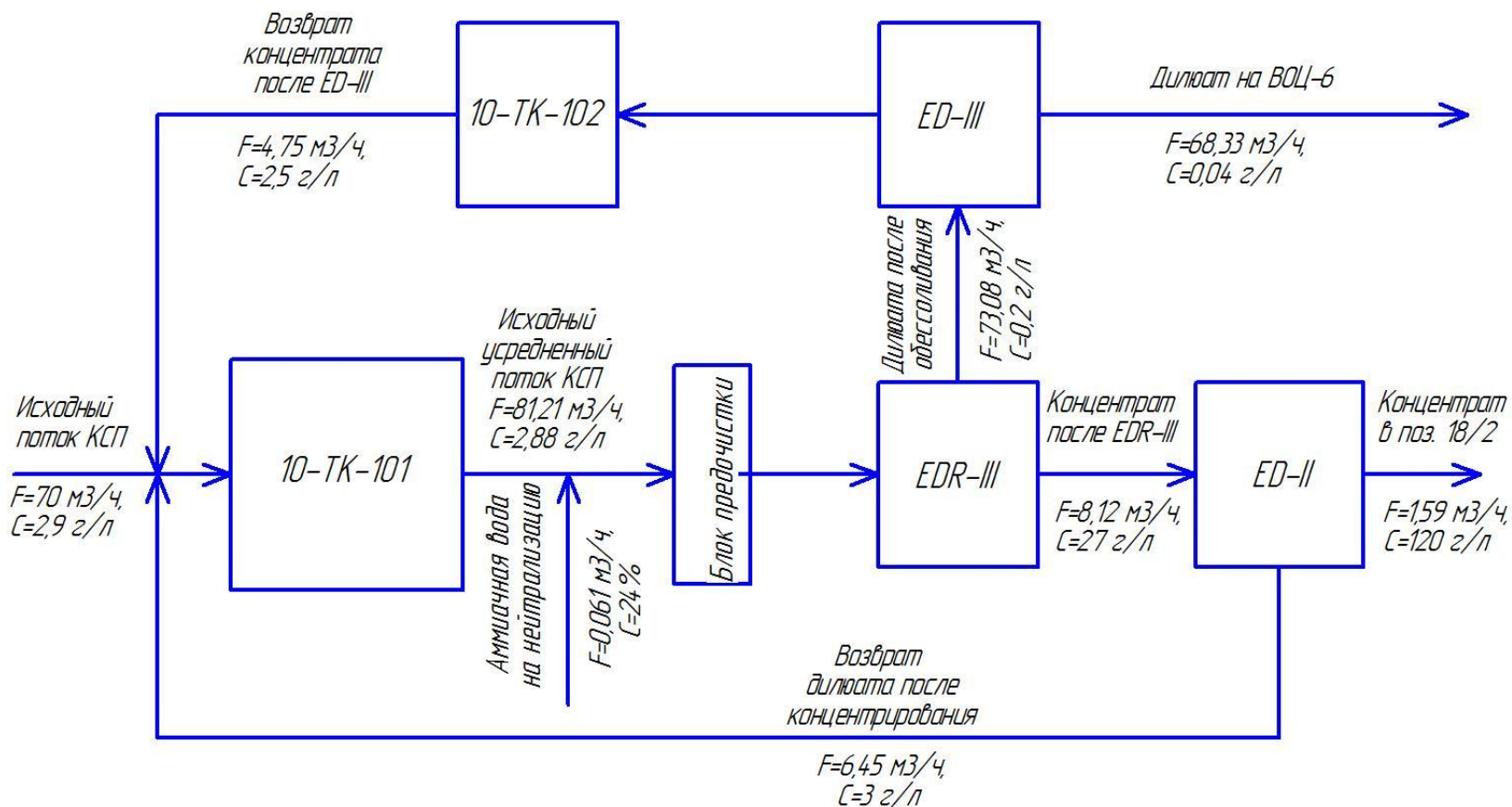


Рисунок 11 – Материальный баланс установки КАС

Технологии АС-60 и АС-60М в действующих производствах ПАО «КуйбышевАзот» требуют модернизации с сооружением полномасштабной очистки воздуха из башни и доупарочных аппаратов от  $\text{NH}_3$  и  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  по типу современных очисток в АС-72 и АС-72М. После этого они будут соответствовать требованиям к НДТ и вплоть до вывода из эксплуатации по экономическим соображениям. На рисунке 12 представлена схема производства аммиачной селитры АС-72.

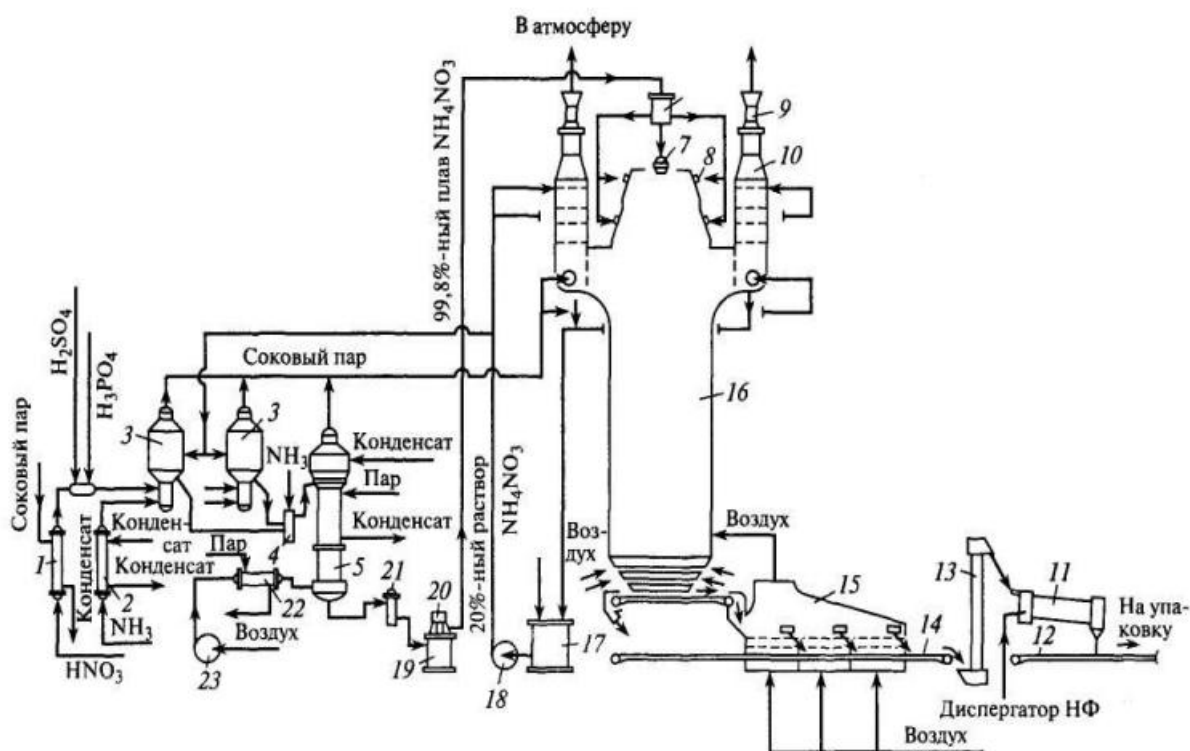


Рисунок 12 – Схема производства аммиачной селитры АС-72

НДТ производства аммиачной селитры являются: - технология АС-72М для крупнотоннажного агрегата с суточной мощностью 1300–2200 т; - технология АС-72 для крупнотоннажного агрегата с суточной мощностью 1300–2000 т; - технология АС-67 для крупнотоннажного агрегата с суточной мощностью 1300–1700 т; - технология АС-60 для крупнотоннажного агрегата с суточной мощностью одной гранбашни до 750 т.

Достигнутый в действующих производствах высокий уровень качества гранулированной аммиачной селитры, природоохранных характеристик в сочетании с низкими капиталовложениями и расходом энергоресурсов не стимулировал активную разработку новых технологий и продуктов на основе аммиачной селитры. Из известных разработок к перспективным наилучшим технологиям следует отнести технологии с гранулированием плава во вращающихся барабанах, в частности в малогабаритных барабанах со встроенным КС.

К преимуществам этой технологии по сравнению с башенной следует отнести помимо получения гранул с более высокой прочностью лучшую приспособленность к производству других продуктов на основе аммиачной селитры — с другими добавками.

Особенно это относится к интеграции производств на одном оборудовании аммиачной и известково-аммиачной селитры, с добавками фосфорсодержащих солей и серы. Учитывая актуальность проблемы, необходимы мероприятия по привлечению средств компаний, производящих аммиачную селитру, к разработке аналогичной технологии в Российской Федерации, чтобы не потерять суверенитет страны в этой области техники.

### **2.3 Доступные технологии ГИАП по строительству и реконструкции современных усовершенствованных аппаратов (применимо к амселитре)**

Предлагаемые технологии АС-72

Реконструкция агрегатов АС-72 с увеличением их производительности и одновременным снижением выбросов в атмосферу нитрата аммония и аммиака;

Производство аммиачной селитры мощностью 2000 тонн в сутки. Данная технология ОАО «ГИАП» - усовершенствованный аналог АС-72. Технологии основываются на передовых решениях, характеризуются оптимальными расходными показателями по сырью и энергоресурсам и не

уступают по техническим показателям и надежности в эксплуатации лучшим мировым аналогам. Реконструкция агрегатов аммиачной селитры АС-72 с увеличением их производительности до 2000÷2200 т/сутки и одновременным снижением выбросов в атмосферу нитрата аммония и аммиака. Принципиальная схема модернизации приведена на рисунке 13.

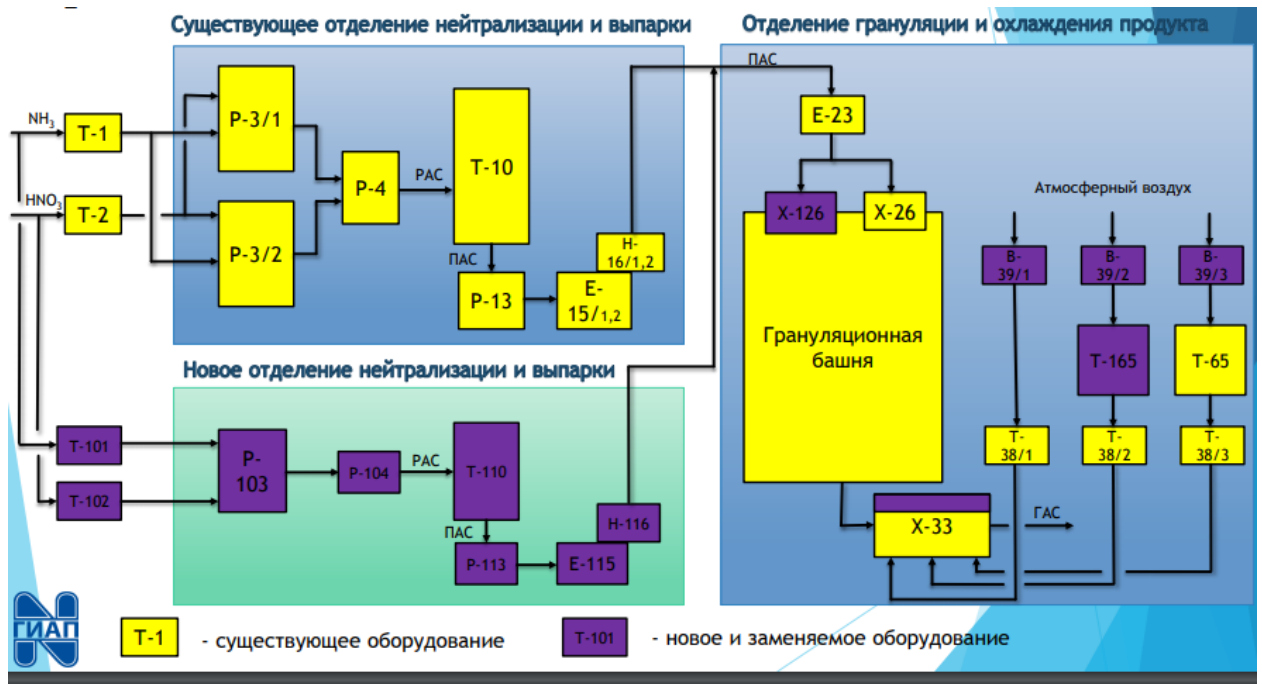


Рисунок 13 – Принципиальная технологическая схема

### Основные технические решения

Отделение нейтрализации и выпарки:

Сооружение дополнительной технологической линии с проектной мощностью 30 т/час (720 т/сутки)

Реконструкция системы очистки сокового пара из аппаратов ИТН, паровоздушной смеси из выпарных аппаратов и донейтрализаторов

Установка промывателя паровоздушной смеси из выпарных аппаратов

Отделение грануляции и охлаждения готового продукта:

Увеличение расхода воздуха, поступающего в башню для отвода тепла охлаждения гранул до 115-120 °С в башне;

Установка новых центробежных виброгрануляторов в грануляционной башне;

Реконструкция скруббера-промывателя поз. X-29;

Модернизация узла охлаждения гранул аммиачной селитры в аппарате «КС» поз. X-33. На рисунке 14 приведена принципиальная технологическая схема системы очистки выхлопа.

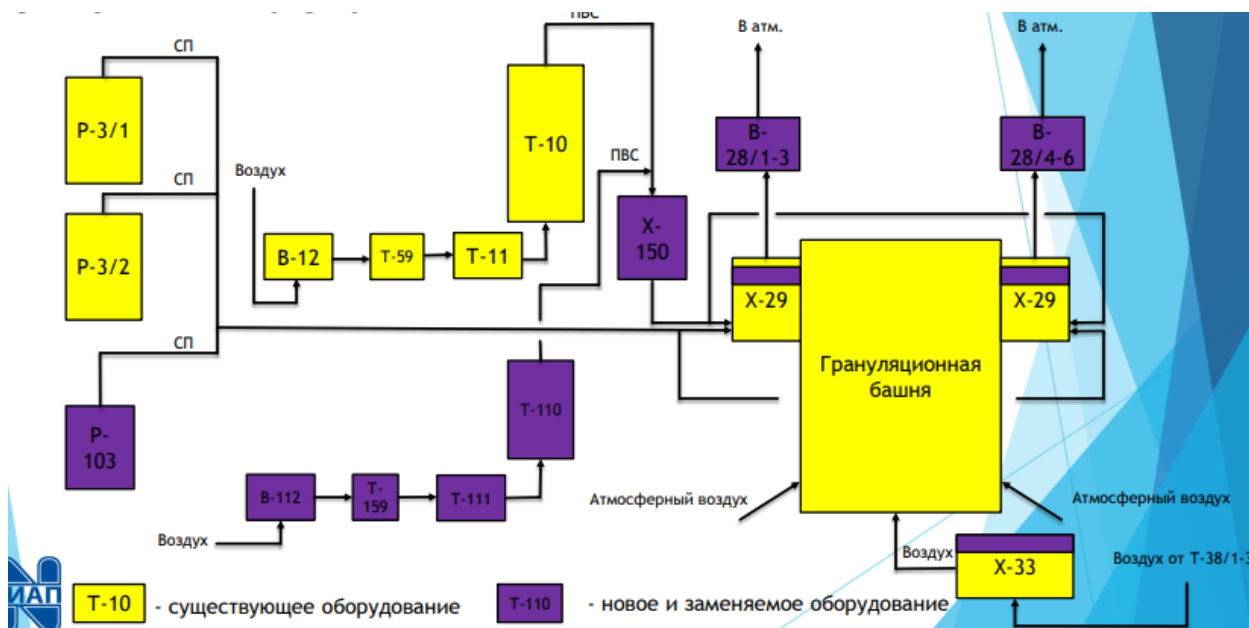


Рисунок 14 – Принципиальная технологическая схема системы очистки выхлопа

На рисунке 15 приведена схема ожидаемых изменений расходных коэффициентов.

Наименование	Единица измерения	Изменения - снижение + увеличение	Примечание
Аммиак газообразный (100%)	кг/т	-0,5	За счет снижения потерь с выхлопом и относительных неучтенных потерь
Азотная кислота (100%)	кг/т	-1,9	
Водяной пар	Гкал/т	-0,005	
Электроэнергия	кВт·ч/т	+3-5,0	За счет увеличения расхода воздуха и сопротивления систем грануляции, очистки выхлопа, охлаждения
Холод испарения жидкого аммиака P(изб.)=0,38 МПа	Гкал/т	+0,0025	Зависит от числа дней работы кондиционера

Рисунок 15 - Схема ожидаемых изменений расходных коэффициентов

Особенности технологической схемы - отказ от конденсации основной массы сокового пара, образующегося при нейтрализации азотной кислоты аммиаком и выпарке раствора аммиачной селитры с выбросом его в атмосферу в смеси с воздухом из гранбашни. Это решение позволяет исключить потребление охлаждающей воды и решить проблему сброса конденсата сокового пара в канализацию.

Безретурный процесс гранулирования высококонцентрированного плава аммиачной селитры осуществляется в металлической грануляционной башне.

## 2.4 Промышленная безопасность и охрана труда на ПАО «КуйбышевАзот»

Работа по данному направлению включает в себя:

- обеспечение за счет использования прогрессивных технологий такого уровня безопасности производственных объектов, при котором риск возникновения аварий и случаев травматизма минимален;
- повышение квалификации персонала, что снижает вероятность ошибок, приводящих к авариям;
- подготовка сотрудников к предупреждению, локализации и ликвидации аварий;

- контроль над соответствием условий труда работников нормативам, установленным законодательством и Коллективным договором.

Важным направлением является отслеживание и выявление нарушений требований охраны труда и устранение причин их возникновения. Регулярно в подразделениях предприятия проводится оценка рисков и оценка условий труда на рабочих местах по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса с разработкой мероприятий по снижению уровня негативного воздействия, а также оперативные и целевые проверки соблюдения норм промышленной безопасности и охраны труда. Компания имеет все необходимые лицензии по осуществляемым видам деятельности. На опасные производственные объекты разработана соответствующая документация, они застрахованы и эксплуатируются согласно требованиям законодательства и промышленной безопасности. В общей сложности на мероприятия по охране труда и повышению противопожарной безопасности за отчетный период направлено 87,1 млн. руб [6, 12].

Разработка мероприятий по профилактике и снижению рисков в производственной деятельности предприятия

Процесс риск-менеджмента должен сопровождать управляющие решения на всех уровнях менеджмента организации (например, на высшем уровне, на уровне структурных подразделений или проектной группы). Процесс управления рисками должен сопровождать планирование и принятие решений по наиболее важным вопросам. Так как на рассматриваемом в работе предприятии отсутствует система риск-менеджмента, предлагаем её сформировать, используя комплексную схему процесса управления риском.

Реализация предложенного процесса управления рисками позволяет сформировать в рамках организационно-производственной структуры систему риск-менеджмента. Эффективная система риск-менеджмента позволяет [13]:



1) выявить риски, которые в наибольшей степени влияют на результаты деятельности предприятия, и разработать эффективную систему мероприятий по управлению такими рисками;

2) обеспечить проведение комплексной работы по управлению рисками на регулярной основе, четко разграничив ответственность за наступление рискованных событий между различными структурными единицами и уровнями управления на предприятии;

3) улучшить эффективность деятельности предприятия, обеспечив снижение возможных рискованных потерь и оптимизацию затрат на все мероприятия, направленные на управление рисками;

4) повысить эффективность системы управления предприятием за счет использования дополнительных критериев при принятии управленческих решений, получения обратной связи о реализации бизнес-процессов предприятия от специалистов и руководителей всех уровней;

5) повысить уровень доверия к менеджменту предприятия со стороны акционеров, инвесторов, контрагентов и общества;

6) обеспечить рост капитализации предприятия, повышение кредитных и инвестиционных рейтингов.

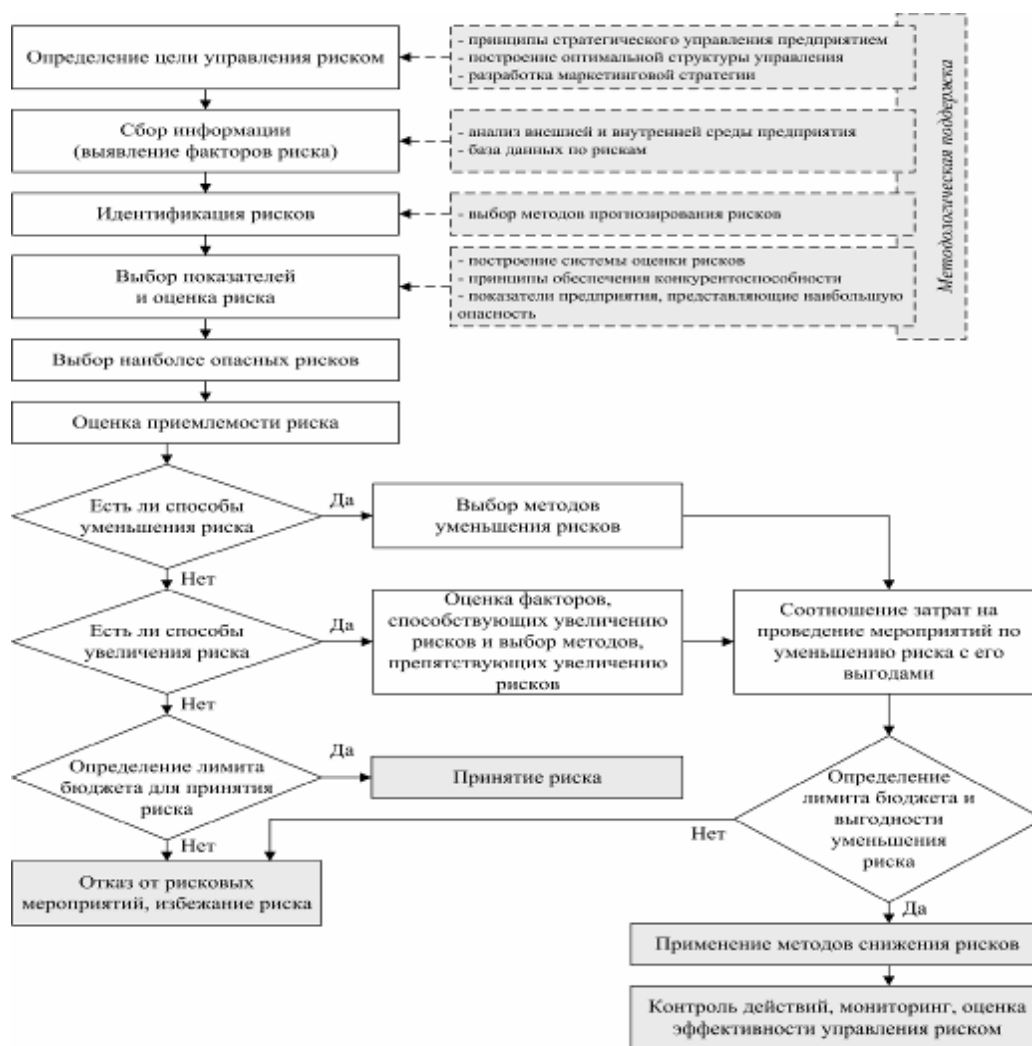


Рисунок 16 - Схема процесса управления рисками

При этом построение системы управления рисками направлено не на устранение факторов риска, а на создание механизма, способного обеспечить эффективное ведение деятельности организационно-производственной системы в условиях неопределенности и рисков.

На процесс зарождения и развития риска оказывает наиболее сильное воздействие многообразие условий и факторов, присущих промышленной системе.

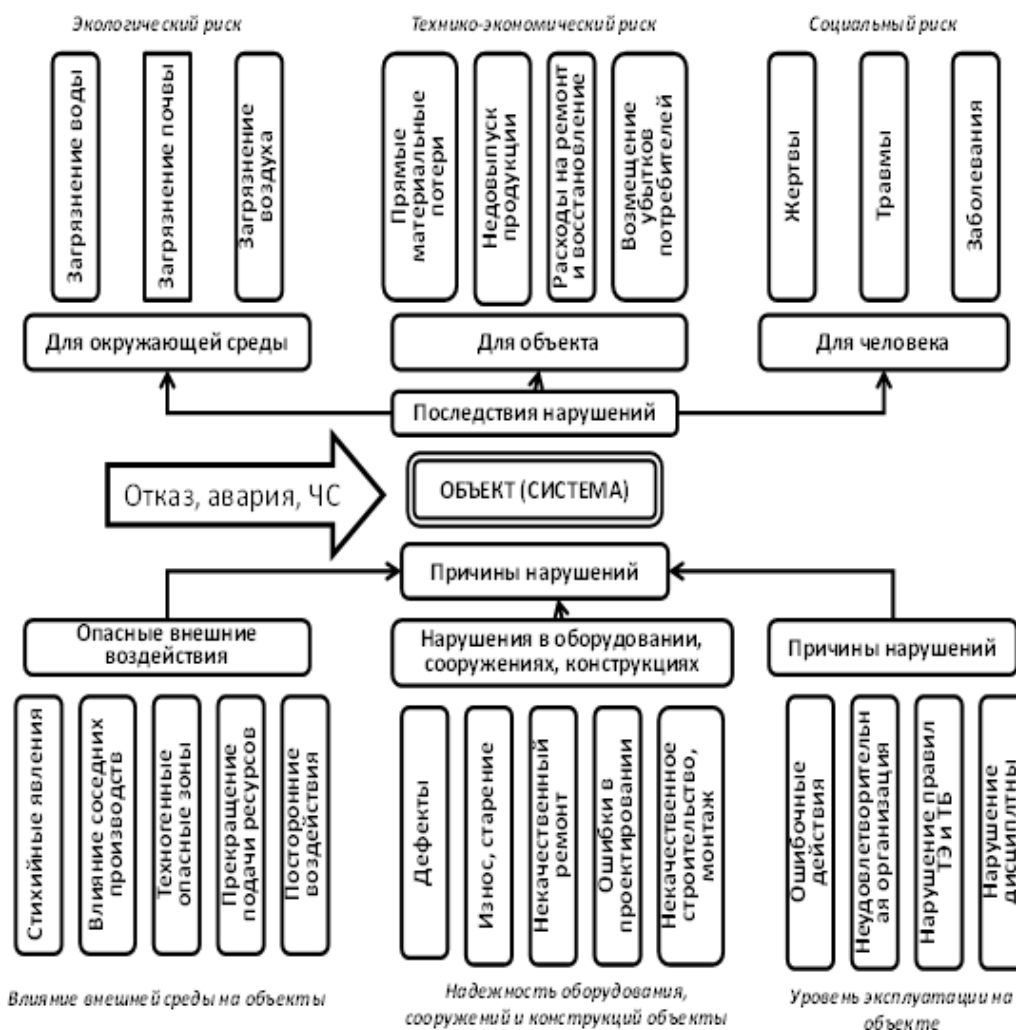


Рисунок 17 - Функциональная модель развития производственного риска

Обычно аварии предшествует накопление дефектов в оборудовании или отклонение от нормального хода процессов [25].

Проанализировав основные проблемы отрасли, к которой относится ПАО «КуйбышевАзот» можно выделить следующие:

- относительно низкий технический уровень производства;
- крайне высокая степень износа действующего оборудования;
- в значительной мере устаревшие технологии;
- исключительно высокая капиталоемкость производства;
- высокая тепло- и энергоёмкость производства;
- низкая производительность труда.

Масштабы последствий неблагоприятных событий, а также вероятность их наступления в химической промышленности особенно

велики, наиболее опасные риски на таких производствах относятся к основной производственной деятельности. [10]

Мы рассмотрим риски основной производственной деятельности, которые подразделяются на технологические, аварийные и риски поломок. Проведём выявление факторов риска.

В цехах производства аммиака в каждом из отделений присутствуют свои вредные факторы. Так, например, в газогенераторных и в отделениях конверсии аммиака, компрессии и очистки основная опасность - возможность воздействия на рабочих окиси углерода и сероводорода, которые выделяются через неплотности в аппаратах и коммуникациях. В отделениях синтеза основные опасности - возможность просачивания аммиака из аппарата, а также вероятность внезапных выбросов аммиака из аппаратов и коммуникаций при их прорыве из-за высокого давления. Для предупреждения внезапных прорывов и проливов аммиака из трубопроводов и колонн синтеза в рабочие помещения, а также постоянного просачивания аммиака, для изготовления коммуникаций и аппаратов необходимо применять материалы повышенной прочности, которые способны выдерживать высокое давление и не поддаваться коррозионному воздействию самого аммиака и загрязняющих его газов.

Во всех зданиях производства аммиака необходимо предусматривать аэрационные фонари. Помимо прочего, в данных цехах должна быть оборудована механическая проточно-вытяжная вентиляция с приближением вытяжных устройств к местам возможного выделения вредных газов и с подводом свежего воздуха к местам постоянного или длительного пребывания рабочих.

В отделениях газогенераторов, конверсии, компрессии рабочие должны быть снабжены фильтрующими противогазами марки КД, на коробках противогазов должны быть дополнительные гопкалитовые патроны. По причине вероятности выбросов вредных газов, противогазы у рабочих должны всегда находиться при себе.

Работа внутри конверторов может быть допущена только в изолирующих шланговых противогазах и со спасательными поясами и верёвкой, конец которой должен быть у находящегося вне конвертора рабочего, наблюдающего за состоянием работающего внутри конвертора. В отделениях компрессии и очистки газов основные факторы опасности – это постоянное загрязнение воздуха в рабочих помещениях аммиаком, который просачивается через неплотности сальников на кранах и через прокладкифланцевых соединений и штуцеров, и кроме того возможность внезапных аварийных выбросов аммиака.

Помещения производства аммиака и азотной кислоты относят к помещениям класса В - 1а, в таких помещениях при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов не образуются, а возможны только в случае аварии или неисправности.

Технологичность хранения не уступает технологичности его производству. Жидкий аммиак хранят только в наземных складах: в горизонтальных и шаровых резервуарах под избыточным давлением, в зависимости от температуры окружающего воздуха, без отвода испаряющегося аммиака; в шаровых изолированных резервуарах под избыточным давлением, в которых заданное рабочее давление поддерживается посредством конденсации испарившегося аммиака или отвода потребителям испаряющегося аммиака; в вертикальных изолированных резервуарах при температуре минус 33°С под избыточным давлением, поддерживаемым посредством конденсации испаряющегося аммиака (изотермический способ хранения); в прирельсовых складах аммиак хранят в цилиндрических хранилищах под давлением. Сжижение аммиака, сопровождаемое уменьшением его объема до 600 раз, - весьма экономичный способ хранения и транспортировки. Изотермические резервуары (ИР) представляют собой цилиндрические (одно и двустенные) вертикальные стальные резервуары с теплоизоляцией.

Это крупные инженерные сооружения диаметром 15-46 м, высотой 20-35 м и объемом 20000-60000 м<sup>3</sup> (10-30 тыс. тонн жидкого аммиака). [18]

Изотермические резервуары благодаря большой единичной концентрации взрывопожароопасного и токсичного продукта, потенциально опасны. Тем не менее, в ближайшее время роль изотермических резервуаров в производственных процессах объективно будет возрастать. Это объясняется регулирующей ролью данных хранилищ в условиях неритмичного производства, характерного для экономики переходного периода. Исходя из вышесказанного, обеспечение безопасности эксплуатации изотермических резервуаров является актуальной задачей. [9]

Таким образом самая опасная ситуация на данном производстве – разрушение изотермического резервуара. Выброс аммиака может достигать от 10 до 100 тыс. тонн.

По преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации, аммиак относится к пятой группе АХОВ (Аварийно химически опасных веществ) удушающего нейротропного воздействия. Вещества этой группы вызывают токсический отек легких на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы.

Учитывая количества образования на нашем предприятии аммиака (660 тысяч тонн в год), размеры оборудования, трубопроводов и арматуры, даже небольшие в процентном отношении к общему потоку утечки аммиака могут привести к образованию токсичного облака, действие которого может распространиться за пределы ограждения предприятия. Принимая во внимание, что промышленная площадка ПАО «КуйбышевАзот» находится в непосредственной близости к центру города Тольятти с высокой плотностью населения, данный риск является наиболее опасным.

Соответственно так как наибольшие потери вероятны именно при разрушении или разгерметизации изотермического резервуара при хранении аммиака, в работе мы продолжим рассматривать аварийный риск.

Основные негативные факторы, которые могут стать причиной и способствовать развитию аварийных ситуаций на резервуарах:

- 1) длительные отключения энерго- и водоснабжения;
- 2) отказ конструкции резервуаров, цистерн;
- 3) отказы компрессорного оборудования;
- 4) срабатывание предохранительных клапанов на резервуарах, цистернах;
- 5) отказы трубопроводов системы охлаждения;
- 6) отказы приборов контроля и автоматики (КИП и А);
- 7) ошибки персонала.

Наибольшее количество аварий связано, прежде всего, с медленными темпами реконструкции и модернизации производства, переносами сроков ремонта и замены оборудования, ухудшением качества ремонтов, несвоевременной диагностикой технического состояния эксплуатируемого оборудования. Амортизационный износ оборудования достигает 60 – 70%, а на ряде производств 95 – 100% [30].

Выводы по разделу 2 сведены в таблицы (технологических показаний НДТ, экономических данных)

Технологические показатели НДТ для производства аммиачной селитры приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Технологические показатели НДТ для производства аммиачной селитры

Продукт	Технология	Технологические показатели НДТ		
		Эмиссии	Энергоэффективность	Ресурсосбережение
Аммиачная селитра	АС-72; АС-72М	Выбросы Нитрат аммония (соль азотной кислоты) < 1,89 кг/т; Аммиак (нитрит водорода) < 0,54 кг/т	Расход водяного пара < 0,25 Гкал/т Расход энергоресурсов < 29 кВт×ч/т	Расход HNO <sub>3</sub> до 800 кг мнг Расход аммиака до 220 кг мнг
	АС-87М	Выбросы Нитрат аммония (соль азотной кислоты) < 2,23 кг/т; Аммиак (нитрит водорода) < 0,78 кг/т	Расход водяного пара < 0,35 Гкал/т Расход энергоресурсов < 32 кВт×ч/т	Расход HNO <sub>3</sub> до 801 кг мнг Расход аммиака до 215 кг мнг
	АС-80	Выбросы Нитрат аммония (соль азотной кислоты) < 6,5 кг/т; Аммиак (нитрит водорода) < 9,85 кг/т	Расход водяного пара < 0,45 Гкал/т Расход энергоресурсов < 25 кВт×ч/т	Расход HNO <sub>3</sub> до 800 кг мнг Расход аммиака до 214 кг мнг



Данные внедренных технических мероприятий на ряде предприятий производства аммиачной селитры по модернизации сведены в таблицы 6 и 7.

Таблица 6 – Технические мероприятия для установок АС-72, АС-72М

Технические мероприятия	
Названия агрегатов, установок	Цель мероприятий
АС-72, АС-72М	Повышение производительности установок на 32%-42% (в пересчете на т: 2100-2200 т/сут) Замена вентиляторов в отделении грануляции, а также установка дополнительных агрегатов в отделении нейтрализации. Практически применено на ряде предприятий.

Таблица 7 - Технические мероприятия для установок АС-67, АС-67М, АС-60

Технические мероприятия	
Названия установок	Цель мероприятий
АС-67	Снижение выбросов в атмосферу аммиака и амселитры с выхлопным воздухом
АС-60, АС-60М	Снижение выбросов в атмосферу аммиака и амселитры с выхлопным воздухом
Отделение барабанного гранулирования	Увеличение прочностных характеристик гранул амселитры; разработка новых продуктов

В таблице приведены данные по экономическим аспектам реализации НДТ для нового строительства и для модернизаций действующих производств.

Таблица 8 – Оценка стоимости реализаций технологических мероприятий по модернизации

Технологическое мероприятие, объекты производства	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты (на единицу выпускаемой продукции)	Обоснование экономического эффекта	Примечание
Замена насосов перекачки плава на верх гранбашни	17,6 млн руб. без НДС	Повышение производительности и эксплуатационной надежности агрегата АС-72	Замена насоса ХИО 45/90-0,7-К-Щ-У2 на насос увеличенной производительности типа ХИО	

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5
<p>Техническое перевооружение системы фильтрации суспензии</p>	<p>17,087 млн руб. без НДС</p>	<p>Снижение содержания влаги в отходах производства (шламе)</p>	<p>Увеличение выработки раствора магниальной добавки Увеличение производительности на приготовление магниальной добавки — 25 %</p>	<p>Замена морально и физически изношенного оборудования : - замена одного из существующих вакуумных фильтров марки БГТ 10-1,8 на рамный фильтр КМП 25-1К-31 - замена насосов</p>
<p>Внедрение установки очистки конденсата сокового пара (агрегаты АС-60)</p>	<p>250 млн руб. без НДС</p>	<p>Снижение сброса хим. грязных сточных вод на 50 м3/ч, снижение подпитки оборотного цикла на 48 м3/ч, увеличение производительности по раствору селитры на 2 м3/ч</p>	<p>Ресурсосбережение . Улучшение экологических показателей</p>	
<p>Монтаж динамических грануляторов типа ВВГ с частотным преобразователем при вода</p>	<p>10 млн руб. без НДС</p>	<p>Улучшение качества готового продукта. Снижение загрязняющих веществ в выбросах</p>	<p>Агрегаты АС-67 и АС-60</p>	
<p>Внедрение АСУТП</p>	<p>Ресурсосбережение</p>			

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5
Установка частотных регуляторов приводов электродвигателей насосов	3,8 млн руб. без НДС	Снижение удельной нормы расхода элек троэнергии		
Реконструкция отде ления грануляции и промывного скруббера (внедрение фильтро элементов-шатров) агрегатов АС-72	Снижение выброса в атмо сферу веществ: амми			

Рекомендации для профилактики производственных аварийных рисков на ПАО «КуйбышевАзот»

1) Организационные мероприятия, направленные на обеспечение выполнения безопасных процедур работы на объекте (мониторинг технического состояния, своевременное техническое освидетельствование основного технологического оборудования, контрольно измерительных приборов и автоматики (КИПиА) и средств противоаварийной защиты (ПАЗ) в соответствии с требованиями промышленной безопасности, диагностирование состояния действующего оборудования;

регулярный осмотр, профилактический и плановый ремонт, своевременная замена основного технологического оборудования, средств КИПиА и ПАЗ).

2) Повышение надежности работы предприятий в условиях аварий, стихийного бедствия (подготовка к безаварийной остановке производства по установленным сигналам; обеспечение предприятия электроэнергией, водой и т.п. в случае нарушения централизованного снабжения;

обеспечение транспортными средствами для перевозки рабочих и

служащих из зоны их эвакуации и т.п).

3) Обеспечение надежной связи с важнейшими производственными участками на объекте;

разработка надежных способов оповещения должностных лиц, аварийных служб, спасателей и всего производственного персонала на предприятии (установка сирен, репродукторов и других средств оповещения)

4) Мероприятия по подготовке к действиям в ЧС, цель которых подготовка персонала сторонних организаций к совместным действиям по предупреждению, локализации и ликвидации аварийной ситуации.

Повышение профессионального уровня работников объекта, осуществление постоянного контроля за исполнением производственных инструкций, соблюдением трудовой дисциплины.

5) Распределение ответственности и полномочий персонала, его вовлечением в реализацию целей ПАО "КуйбышевАзот" в области качества, промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды, консультированием, обучением и повышением его квалификации, опыта, знаний и мотивации.

Отнесение к определенной категории риска зависит от вероятности последствий аварии, масштаба их распространения. Органы государственного контроля размещают информацию в открытых источниках СМИ список объектов, относящихся к чрезвычайно высокому, высокому классам опасности. Действует принцип открытости.

### **3 Внедрение риск ориентированного подхода к обеспечению безопасности технологического процесса производства аммиачной селитры на площадке ПАО «КуйбышевАзот»**

#### **3.1 Действующие требования безопасности при пуске и остановке технологических систем и отдельных видов оборудования, выводе их в резерв, нахождении в резерве и при вводе из резерва в работу**

Основные правила и требования безопасности при пуске производства после плановых кратковременных (на текущий ремонт) и длительных (на капитальный ремонт) остановок, вывода из резерва в работу.

К пуску производства селитры аммиачной и КАС приступить в соответствии с письменным распоряжением начальника цеха.

Руководство пуском производства осуществляет начальник цеха или его заместитель через начальника смены.

Все подготовительные и пусковые операции производятся начальником смены через подчинённый ему персонал в соответствии с инструкциями по рабочим местам, инструкцией по охране труда, промышленной безопасности, пожарной безопасности и промышленной санитарии цеха №3.

Перед пуском оборудования в эксплуатацию необходимо:

проверить правильность установки арматуры, контрольно-измерительных приборов и автоматики в соответствии с проектом;

проверить наличие паспортных заглушек на аппаратах и связанных с ними коммуникациях, находящихся в ремонте или в стадии монтажа;

внешним осмотром убедиться в исправности оборудования, коммуникаций, вентиляции, арматуры, электротехнического оборудования, контрольно-измерительных приборов и автоматики, в конце подготовки к пуску вся запорная, отсечная и регулирующая арматура должна быть закрыта;

проверить исправность защитного заземления оборудования, коммуникаций, электродвигателей;

проверить наличие телефонной связи со всеми взаимосвязанными цехами и громкоговорящей связи с рабочими местами.

### 3.2 Использование анализа опасностей и количественной оценки риска аварий

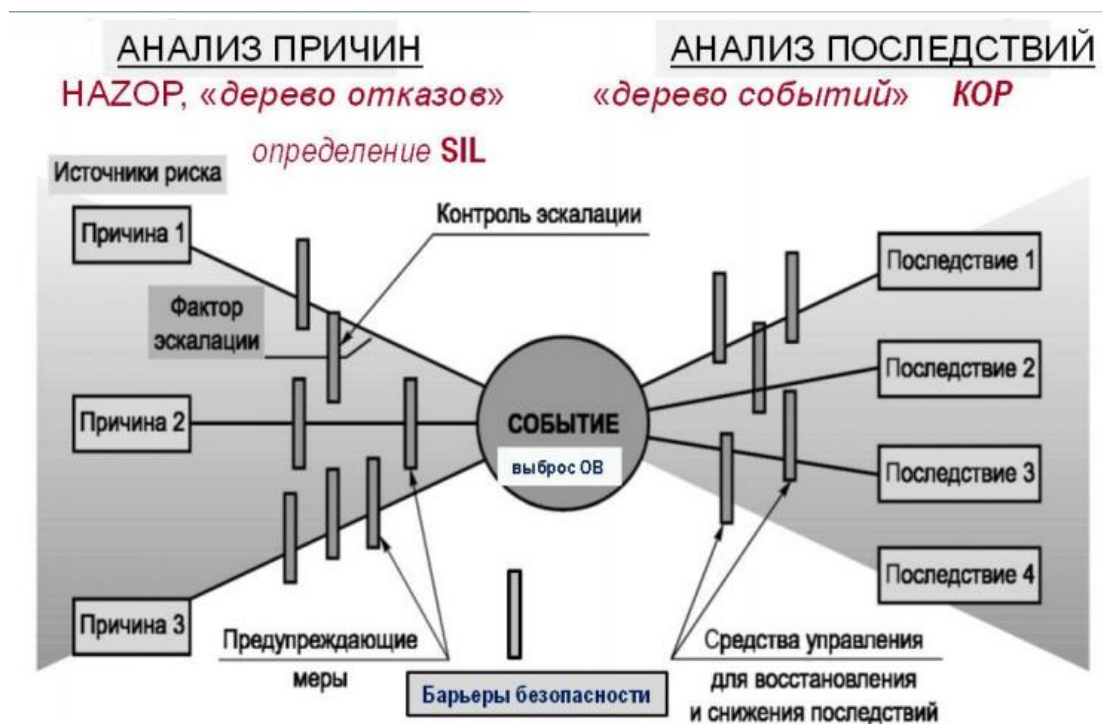


Рисунок 18 – Барьеры безопасности и метод анализа риска

«Широкое использование анализа опасностей и количественной оценки риска аварий показало свою продуктивность для априорного поиска «узких мест» на ОПО, которые упускаются действующими требованиями безопасности в силу их апостериорного характера. Совместное применение «детерминистских» правил безопасности и «вероятностных» рекомендаций из анализа опасностей может существенно повысить безопасность эксплуатации ОПО. Сравнение побочно полученных оценок риска с их «приемлемыми уровнями» находится вне задач программно-целевого обеспечения промышленной безопасности на ОПО. В лучшем случае

фактическая безопасность ОПО не изменится, но скорее опасности в ближайшем будущем возрастут из-за получения в настоящем «риск-индульгенций» за эрозию действующих правил безопасности (через смягчение, отступление и невыполнение к нарушению). Хотим мы того или нет, есть или отсутствует какая-либо логика в получении критериев приемлемости и сравнении с ними «расчетов риска», исторические факты последних десятилетий свидетельствуют о достаточно масштабном политическом внедрении «приемлемости» в сферу обеспечения безопасности на ОПО. Реформаторские силы в нагнетании «приемлемости» задействованы немалые, поэтому отвергаться, ссылаясь на «ненаучность» вряд ли уже удастся. Нужно держать наготове и знать общую схему установления критериев приемлемости риска аварии» [31].

### **3.3 Способ получения жидкого азотного удобрения с пониженным содержанием аммиака**

«Изобретение относится к производству жидких азотных удобрений на основе карбамида и аммиачной селитры. Удобрение получают смешением горячих растворов карбамида и аммиачной селитры между собой и с водой и охлаждением полученной смеси. Раствор карбамида содержит в виде примеси 0,2 - 0,8%  $\text{NH}_3$ , избыток которого необходимо нейтрализовать в процессе приготовления удобрения, чтобы остаточное содержание  $\text{NH}_3$ , контролируемое величиной pH удобрения, не превышало 0,1%. Кислоту дозируют в раствор аммиачной селитры до ее содержания 0,3 - 2,6 мас.% в подкисленном растворе. Раствор карбамида предварительно смешивают с охлажденной рециркулируемой смесью, что позволяет снизить температуру получаемого при этом промежуточного смешанного раствора до 45 - 75°C. Затем в промежуточный смешанный раствор вводят подкисленный раствор аммиачной селитры, получая готовую смесь. К раствору селитры перед его подкислением добавляют воду и аммиак до концентрации 0,05 - 0,10%  $\text{NH}_3$  в растворе» [19].

«Изобретение относится к технологии минеральных удобрений и может быть использовано для получения жидких азотных удобрений на основе карбамида и аммиачной селитры, получивших товарное наименование "КАС".

Известен способ получения жидкого азотного удобрения, включающий смешение растворов карбамида и аммиачной селитры между собой и с водой и охлаждение смеси /пат. ЧССР N 217661, кл. С 05 С 9/00, 1/00/.

Удобрение имеет рН 7-7,8, что свидетельствует о малом содержании аммиака (от 0,03 до 0,1% масс.). Вода добавляется к смеси для уравнивания состава удобрения по азоту, концентрация которого в удобрении не должна отклоняться от номинального значения (28-34% масс.). Смягченный термический режим процесса смешения обеспечивается частичной рециркуляцией охлажденной смеси.

Недостаток этого способа заключается в том, что он не обеспечивает рН 7-7,8 продукта, если исходный раствор карбамида, содержащий в качестве примеси аммиак, вносит в смесь избыток аммиака. В итоге концентрация аммиака в удобрении может превысить 0,1% что нежелательно. Соответственно значение рН удобрения выходит из заданного интервала в сторону увеличения (рН более 7,8)» [19].

«Избыток аммиака, вносимый в смесь раствором карбамида, частично нейтрализуют ортофосфорной кислотой, добавляемой в смесь после ее охлаждения до 40°C в количестве, обеспечивающем содержание  $P_2O_5$  в удобрении 0,2% масс. При этом вся введенная в смесь ортофосфорная кислота полностью реагирует с аммиаком, образуя фосфаты аммония, которые являются ингибитором коррозии, защищающим углеродистую сталь от химического воздействия жидких азотных удобрений при их хранении в стальных резервуарах» [19].

«Недостатком способа является невозможность управлять остаточным содержанием аммиака в смеси, поскольку количество



вводимой в смесь ортофосфорной кислоты (а, следовательно, и количество нейтрализуемого аммиака) стехиометрически predetermined заданной концентрацией фосфатов аммония в продукте (0,2 масс. в пересчете на  $P_2O_5$ ), выполняющих функцию ингибитора коррозии наиболее эффективно при указанной концентрации. Поэтому остаточное содержание аммиака в удобрении по-прежнему зависит от количества аммиака, вносимого в смесь упаренным раствором карбамида» [19].

### **3.4 Внедрение риск ориентированного подхода к обеспечению промышленной безопасности технологического процесса**

Для внедрения риск ориентированного подхода в работе промышленного предприятия, необходимо, прежде всего, применение современным управленческим решениям. Кроме того, важно учитывать изменения внешней и внутренней среды технологического процесса. Один из факторов развития данного направления – совершенствование системы качества и безопасности технологического процесса. В настоящее время в силу того, что многие промышленные предприятия должны переходить на новые стандарты и системы качества (ISO 9001), возникает вопрос внедрения Риск ориентированного подхода. Стандарт ISO 9001-2015 рекомендует методы эффективности организации при помощи «процессного подхода», где новой концепцией мышления является «риск ориентированный» подход. Цель применения данного подхода – предотвращение выпуска продукции, не соответствующей качеству, выход на уровень и предоставление качественных услуг. Тема применения методологии Риск ориентированного подхода была затронута многими авторами, но на практике руководители и должностные лица предприятий сталкиваются с рядом трудностей. Первая проблема – это выбор методологии риск ориентированного подхода. Проблема выбора методологии обусловлена принятием новой версии ISO 9001, где описывается внедрение подхода, но регламентации методов его внедрения нет.

Исходя из особенностей технологического процесса и вида обращающихся АХОВ руководитель организации или инженеры по промышленной безопасности вольны сами принимать решения. С другой стороны риск ориентированные подходы в применении на практике вызывают сложные, порой неразрешимые проблемы. В результате этого, затрачивается много трудовых и финансовых ресурсов, что приводит к неоправданным затратам. Эффективность таких мероприятий также равна нулю.

В связи с этим, внедрение риск ориентированного подхода, прежде всего, начинается с простых и понятных для работников организации задач. В данной области выделяют следующие инструменты качества: диаграмма Парето, Исикавы, контрольная карта, контрольный листок, а также стратификация.

В качестве реализации риск ориентированного подхода на промышленном предприятии целесообразно описать применения цикла Шухарта Деминга. Описание модели Шухарта Деминга в применении к промышленному предприятию можно начинать с планирования ситуации технологического процесса. Определяются внутренние и внешние источники риска, которые несут в себе опасность при обеспечении промышленной безопасности. Все факторы рассматриваются в связи со стратегией, знаниями, результатами работы организации, а также взаимосвязи с внутренними заинтересованными сторонами.

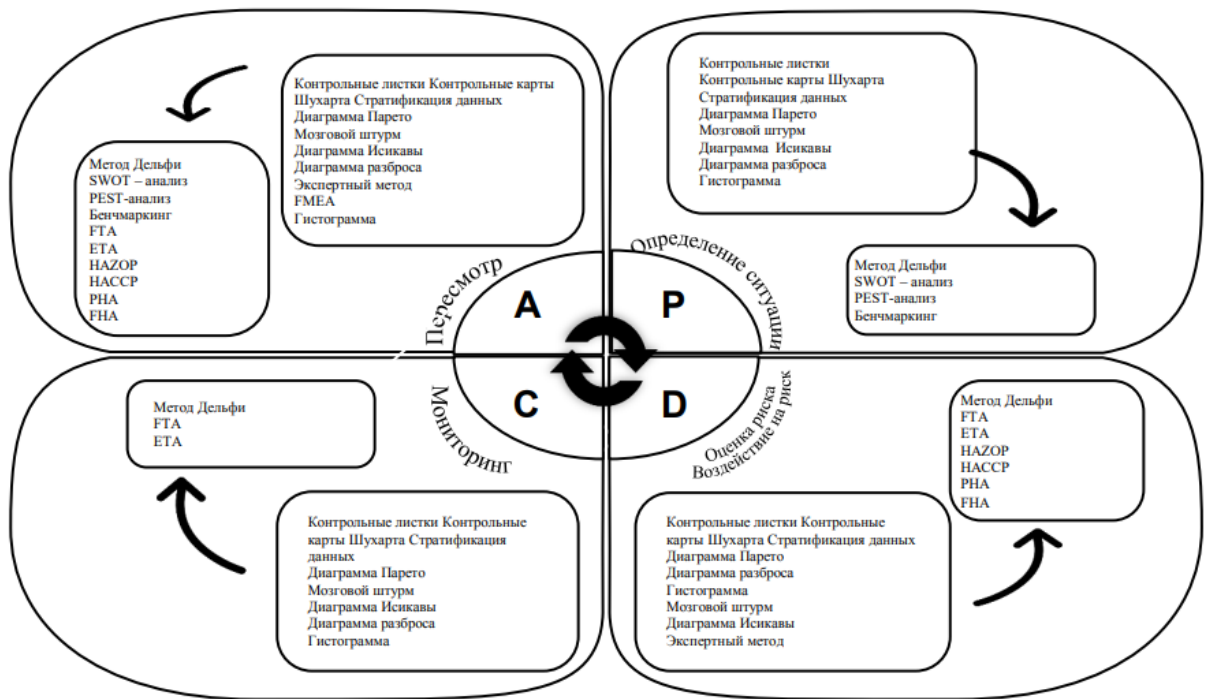


Рисунок 19 – Цикл Шухарта-Деминга и методы управления рисками

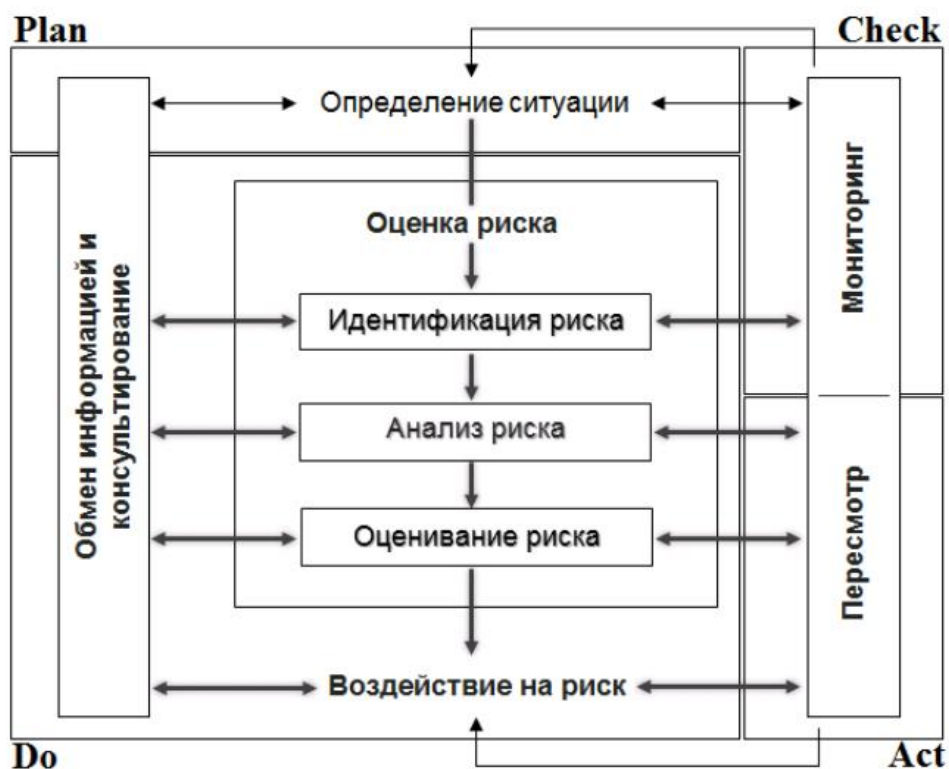


Рисунок 20 – Процесс риск ориентированного подхода промышленного предприятия

### **3.5 Способ и система вибромониторинга промышленной безопасности динамического оборудования опасных производственных объектов**

Внедрение данного изобретения к проблеме, рассматриваемой в настоящей диссертации, является областью управления промышленной безопасности химических предприятий. Данное изобретение – применение динамического оборудования в целях осуществления мониторинга (агрегатов, оборудования, насосов, скрубберов, технологического оборудования производства аммиачной селитры). Изобретение применимо на предприятиях химической, нефтеперерабатывающей и газоперерабатывающей промышленности.

«Способ основан на измерении параметров вибрации в качестве диагностических признаков, выявлении типовых зон технического состояния диагностируемого оборудования, например виброускорения, с помощью системы компьютерного диагностического мониторинга, формировании базы знаний на основе осреднения статистических данных вычисления интенсивности и вероятности отказов оборудования в зависимости от текущей и суммарной наработки оборудования в каждой типовой зоне технического состояния, принимают полученные значения вероятности безотказной работы как составляющей технологической компоненты риска эксплуатации оборудования и визуализируют их в качестве прямого интегрального показателя промышленной безопасности эксплуатации оборудования в диапазоне от 0 до 1 или от 0 до 100 процентов» [40]. Технический результат данного изобретения – оперативное время получения количественной оценки промышленной безопасности, кроме того достоинством является достоверность производственного контроля в области управления промышленной безопасности с точки зрения риск ориентированного подхода. На рисунке 21 приведена схема изобретения.

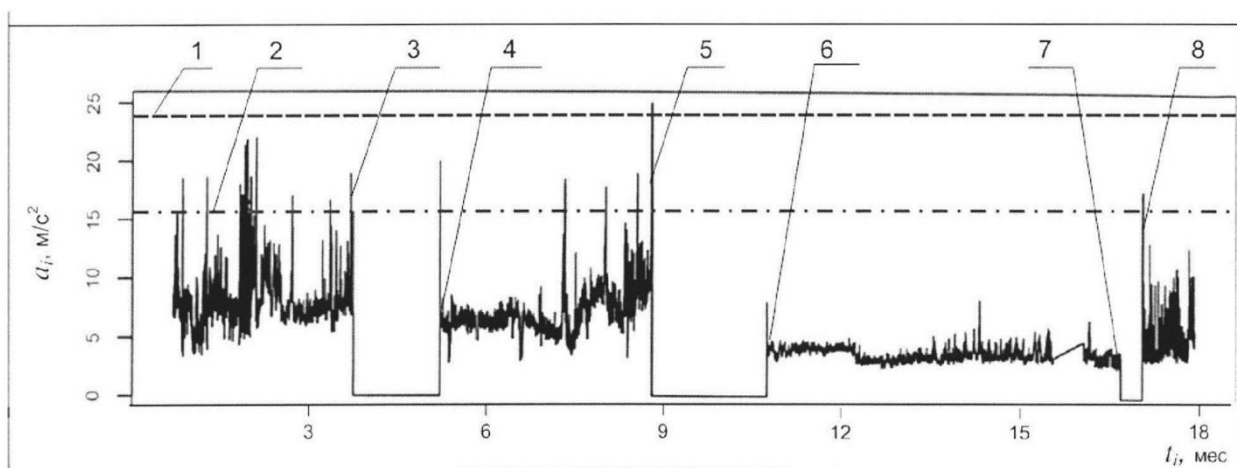


Рисунок 21 – Схема применения вибромониторинга для внедрения риск ориентированного подхода

Область применения изобретения – это диагностический вибромониторинг в технических системах предприятий (насосы, компрессоры, агрегаты с АХОВ, представляющий комплексную систематизацию) на ОПО.

«С позиций предписываемого риск ориентированного подхода к управлению ПБ рекомендуется проведение мониторинга степени опасности. Предусматриваются оценка риска аварии на ОПО и/или его составных частях и оценка эффективности систем управления ПБ. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО», приказ Ростехнадзора РФ от 11.04.2016 №144 (разделы III, IV) рекомендует критерии и нормы оценки риска для управления ПБ» [40].

«Минимизировать процессы отказов динамического оборудования ОПО путем риск ориентированного подхода с обеспечением приемлемых рисков возможно только путем управления ПБ на основе методов и устройств компьютерной диагностики и вибромониторинга оборудования в процессе эксплуатации и ремонта» [40].

Также известны в техническом смысле методы обеспечения надежности промышленных систем и технологического оборудования.

«В частности, известен способ обеспечения ПБ установок и агрегатов химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств в условиях их эксплуатации (Патент РФ №2582029) с распределением (ранжированием) оборудования установок в зависимости от их диагностируемого состояния. Недостатком способа является отсутствие оценки текущего состояния показателей ПБ в реальном времени на основе риск ориентированного подхода.

В ГОСТ 32106-2013 определены критерии оценки вибрационного состояния динамического оборудования ОПО, установлены типовые зоны технического состояния по результатам мониторинга вибрации: «Допустимо», «Требует принятия мер», «Недопустимо».

ГОСТ Р 53564-2009 оговаривает принципы построения и структуру систем диагностического вибромониторинга оборудования ОПО, принцип интеграции в производственную систему ОПО, типичные неисправности оборудования, обнаруживаемые системами мониторинга.

Однако в указываемых ГОСТ не ставилась задача конечной оценки ПБ и отсутствуют указания по риск ориентированному подходу к результатам диагностического мониторинга, что снижает достоверность и оперативность оценки ПБ» [40].

Известен анализатор оценки риска, техногенной безопасности и прогнозируемого ресурса при использовании системы по назначению (Патент РФ 49306). В основе анализатора лежит равновероятностный способ получения информативных мер, характеризующих состояние сложной системы путем полунатурного моделирования исходной базы параметров риска, безопасности и ресурса, идентифицированных по условию закрытой фазе (проектирование) и открытой фазе (эксплуатация) сложной системы.

«Модель выполнена на энергонезависимой памяти, разделенной на две части - базовую часть и исходную рабочую часть, хранящей информацию о фактическом состоянии параметров системы. Блок

математического расчета вычисляет информативные меры для закрытой и открытой фазы для базовой части модели, исходной рабочей части модели и для фактического состояния системы по параметрам риска, безопасности и ресурса и их соответствия (да-нет). При формировании массива модели включают инженерно-технические организационные параметры и (или) параметры внутрисистемных штатных воздействий, информационные меры количества информации по фазам жизненного цикла сложной системы.

Недостатком анализатора является высокая сложность и избыточность моделирования расчетов процесса предложенной оценки безопасности для целей вибромониторинга промышленной безопасности реального динамического оборудования ОПО. Отсутствуют конкретные информационно-управляющие связи с оборудованием, учитывая специфику и особенности вибрационного состояния динамического оборудования, что обуславливает недостаточную достоверность мониторинга его промышленной безопасности в реальном производстве, в особенности с учетом его непрерывного цикла» [40].

Известен способ оценки технического состояния центробежного насосного агрегата по вибрации корпуса (Патент РФ 2068553), принятый за прототип, в котором вибропараметры измеряют в процессе эксплуатации агрегата одновременно по совокупности входящих в него элементов, строят с помощью системы компьютерного мониторинга тренды вибропараметров, используют параметры и тренды в качестве диагностических признаков, вводят в базу знаний пороговые значения признаков и их комбинации, обусловленные причинно-следственными связями между ними и элементами агрегата, по которым проводят комплексную оценку технического состояния агрегата.

«Недостатком данного способа следует считать, с позиции ПБ, ее косвенную оценку по совокупности установленных диагностических

признаков в виде вибропараметров, характеризующих зоны технического состояния динамического оборудования, отсутствие в реальном времени оценки единого интегрального показателя ПБ.

Проведенный анализ уровня техники позволил установить, что аналоги, характеризующиеся совокупностью признаков, тождественных всем признакам заявленного технического решения, отсутствуют.

Ни один из аналогов не обеспечивает в реальном времени прямую количественную оценку единого интегрального критерия ПБ динамического оборудования с позиций регламентированного Риск ориентированного подхода. Это обстоятельство не позволяет обеспечить оптимальный уровень оперативности и достоверности вибромониторинга ПБ динамического оборудования ОПО, в том числе для надзорных органов. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявленного технического решения критериям новизны и промышленной применимости» [40].

Результат поиска известных технических решений в данной и смежной областях техники показали, что отличительные признаки заявленного способа и его реализации не следуют явным образом из уровня техники, представленных аналогов и прототипов. Из уровня техники также не выявлена известность существенных признаков, предусматриваемых в заявленном изобретении и достижение указанного технического результата. В этой связи, заявленное изобретение соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень».

«Техническим результатом заявленного способа является обеспечение высоких показателей оперативности и достоверности мониторинга ПБ динамического оборудования за счет прямой количественной оценки единого интегрированного показателя ПБ на основе Риск ориентированного подхода» [40].

Технический результат заключается в осуществлении способа вибромониторинга промышленной безопасности объекта динамического



оборудования опасных производственных объектов, заключающемся в том, что с помощью системы компьютерного диагностического мониторинга измеряют параметры вибрации одновременно в информативных точках, входящих в состав динамического оборудования механизмов и элементов, принимают измеренные параметры вибрации, например виброускорения, в качестве значений диагностических признаков, формируют базу знаний, например, в табличной форме с измеренными и заданными предельными и критическими значениями диагностических признаков, по которым выявляют типовые зоны технического состояния динамического оборудования «Допустимо» («Д»), «Требует принятия мер» («ТПМ»), «Недопустимо» («НДП»), сопоставляют их величины и по результатам сравнения судят о промышленной безопасности динамического оборудования, достигается тем, что определяют для каждой зоны технического состояния оборудования - «Д», «ТПМ», «НДП», показатели интенсивности его отказов и время текущей наработки,

Анализ отличительных признаков предложенного способа и системы мониторинга ПБ динамического оборудования ОПО, и обеспечиваемых ими технических результатов выявил, что:

- вычисление для каждой зоны технического состояния - «Д», «ТПМ», «НДП» значений вероятности безотказной работы оборудования и представление вычисленных значений как составляющих технологических компонент риска эксплуатации оборудования позволяет использовать их в качестве прямого интегрального показателя ПБ оборудования в реальном времени в диапазоне от 0 до 1 или от 0 до 100 процентов.

- сравнение текущего показателя ПБ с установленными в базе знаний предельными и критическими значениями показателя ПБ оборудования обеспечивает прямую интегральную оценку состояния ПБ в каждый момент текущей наработки оборудования;

- накопление в процессе эксплуатации каждого вида динамического оборудования статистики межремонтной наработки оборудования в каждой зоне технического состояния оборудования, с последующим осреднением величин и их вводом в базу осуществляет градацию предельных и критических значений вероятности безотказной работы для каждой зоны технического состояния и что особенно характерно для эксплуатации их сочетаний «Д+ТПМ», «Д+ТПМ+НПД»;

- непрерывное накопление статистических данных с помощью систем компьютерного диагностического мониторинга в течение всего периода эксплуатации оборудования на ОПО позволяет повысить достоверность прямого контроля ПБ;

- выявление для типовых агрегатов и механизмов, действующих в составе диагностируемого оборудования наименьшего значения текущего показателя промышленной безопасности, по которой принимают значение показателя ПБ гарантировано обеспечивает достоверную оценку состояния его ПБ;

- возможность использования текущего показателя ПБ динамического оборудования при необходимости оценки экономического риска эксплуатации динамического оборудования, расширяет промышленно-экономическую зону использования изобретения;

- включение в состав системы для осуществления способа дополнительного блока идентификации технологической компоненты рисков эксплуатации, вход которого связан с блоком формирования диагностических признаков, а выход - с базой знаний, способствует эффективному использованию типовой структурной схемы для решения новых задач, поставленных в изобретении.

Таким образом, предложенная совокупность отличительных признаков, обеспечивающая полученный результат, представляется новой на существующем этапе развития науки и техники и превосходит

существующий мировой уровень. Изобретение соответствует изобретательскому уровню, поскольку достигаемый результат определяется не только суммой отличительных признаков, но и результатом их тесного взаимодействия.

В разделе 3 подведены следующие итоговые результаты:

1. Определены регламентные мероприятия (действия, инструкции, методы ведения технологического процесса производства аммиачной селитры) по обеспечению промышленной безопасности производства аммиачной селитры;
2. Рассмотрен способ получения жидкого азотного удобрения с пониженным содержанием аммиака, как метод модернизации существующего производства. Определены достоинства и недостатки для применения в практической деятельности.
3. Рассмотрен способ и система вибромониторинга промышленной безопасности динамического оборудования опасных производственных объектов. Техническим результатом заявленного способа является обеспечение высоких показателей оперативности и достоверности мониторинга ПБ динамического оборудования за счет прямой количественной оценки единого интегрированного показателя ПБ на основе риск ориентированного подхода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного диссертационного исследования были сделаны следующие выводы:

1. Риск ориентированный подход – метод оптимизации различных сфер экономики, который необходим для внедрения согласно действующим законодательным актам;
2. Статистические данные аварий показывают, что вероятность возникновения техногенной ЧС на ХОО ничтожно мала (1%), но опасность данного факта заключается в характере и масштабе последствий. Особенность аварий на ХОО – выход паровоздушной смеси АХОВ наносит губительный и молниеносный эффект на все элементы биосферного пространства.
3. Рассмотрение статистических данных обусловлено необходимостью поиска информации для комплексной оценки обеспечения безопасности, а также для получения достоверных результатов исследования.
4. Основные причины техногенных аварий (на химических предприятиях):
5. разгерметизация технологического оборудования;
6. нарушение правил охраны труда, техники безопасности и правильной эксплуатации технологического оборудования (человеческий фактор в ходе непосредственно самого технологического процесса);
7. слабый производственный контроль действующих предприятий (впоследствии руководитель объекта получает достоверную информацию о состоянии промышленной безопасности от сотрудников Ростехнадзора во время проверок)
8. внешние источники, инициирующие аварии.

Проблемные вопросы во внедрении риск ориентированного подхода, которые необходимо решать:

изменения условий проведения конкурсов (тендеров) на оказание услуг по ЭПБ и предоставления возможности долгосрочного планирования деятельности экспертных организаций;

создания инфраструктуры независимых некоммерческих организаций, специализирующихся на разработке и обновлении отраслевых нормативных документов, детализирующих частные решения и правила по обеспечению промышленной безопасности в условиях риск ориентированного регулирования, а также методических документов по анализу риска;

разработки системы базовых нормативно-методических документов, описывающих процедуры оценки и поддержания приемлемого риска эксплуатации различных видов ТУ, ЗиС на ОПО;

разработки справочников-классификаторов видов деградации ТУ, ЗиС на ОПО в различных отраслях промышленности, позволяющих установить зоны, методики и параметры контроля ТУ, ЗиС, а также критерии их оценки;

разработки перечня непрогнозируемых видов деградации ТУ, ЗиС на ОПО в различных отраслях промышленности и типовых методологий мониторинга этих видов деградации.

В качестве технических мероприятий для установок АС-67, АС-67М, АС-60 эффективны:

1. Замена насоса в перекачке плава на верх грануляционной башни. Обоснованием служит повышение производительности и эксплуатационной надежности агрегата АС-72 (замена насоса на более производительный)
2. Внедрение системы захолаживания воздуха перед подачей на КС (установка кондиционеров воздуха). Преимущество решения – уменьшение энергозатрат, ресурсозатрат. Обоснованием служит увеличение выработки до 15 тыс. т/год.
3. Техническое перевооружение системы фильтрации суспензии (замена морально и физически изношенного оборудования – замена вакуумных

фильтров БГТ на КМТ (рамный)). Преимущество – снижение содержания влаги в отходах производства (шламе). Обоснование – увеличение выработки раствора магниальной добавки, увеличение производительности на приготовление этой добавки – 25%.

4. Внедрение установки очистки конденсата сокового пара (агрегаты АС-60). Достоинство – снижение сброса химических сточных вод на 50 м<sup>3</sup>/ч, снижение подпитки оборотного цикла на 48 м<sup>3</sup>/ч, увеличение производительности по раствору амселитры на 2 м<sup>3</sup>/ч. Обоснование – ресурсосбережение, улучшение экологических показателей.

Анализ отличительных признаков предложенного способа и системы мониторинга ПБ динамического оборудования ОПО, и обеспечиваемых ими технических результатов выявил, что:

- вычисление для каждой зоны технического состояния - «Д», «ТПМ», «НДП» значений вероятности безотказной работы оборудования и представление вычисленных значений как составляющих технологических компонент риска эксплуатации оборудования позволяет использовать их в качестве прямого интегрального показателя ПБ оборудования в реальном времени в диапазоне от 0 до 1 или от 0 до 100 процентов.

- сравнение текущего показателя ПБ с установленными в базе знаний предельными и критическими значениями показателя ПБ оборудования обеспечивает прямую интегральную оценку состояния ПБ в каждый момент текущей наработки оборудования;

- накопление в процессе эксплуатации каждого вида динамического оборудования статистики межремонтной наработки оборудования в каждой зоне технического состояния оборудования, вычисление величин интенсивности его отказов, с последующим осреднением величин и их вводом в базу осуществляет градацию предельных и критических значений вероятности безотказной работы для каждой зоны технического

состояния и что особенно характерно для эксплуатации их сочетаний «Д+ТПМ», «Д+ТПМ+НПД»;

- непрерывное накопление статистических данных с помощью систем компьютерного диагностического мониторинга в течение всего периода эксплуатации оборудования на ОПО позволяет повысить достоверность прямого контроля ПБ;

- выявление для типовых агрегатов и механизмов, действующих в составе диагностируемого оборудования наименьшего значения текущего показателя промышленной безопасности, по которой принимают значение показателя ПБ гарантировано обеспечивает достоверную оценку состояния его ПБ;

- возможность использования текущего показателя ПБ динамического оборудования при необходимости оценки экономического риска эксплуатации динамического оборудования, например, расширяет промышленно-экономическую зону использования изобретения;

- включение в состав системы для осуществления способа дополнительного блока идентификации технологической компоненты рисков эксплуатации, вход которого связан с блоком формирования диагностических признаков, а выход - с базой знаний, способствует эффективному использованию типовой структурной схемы для решения новых задач, поставленных в изобретении.

Рекомендации для профилактики производственных аварийных рисков на ПАО «КуйбышевАзот»

- 1) Организационные мероприятия, направленные на обеспечение выполнения безопасных процедур работы на объекте (мониторинг технического состояния, своевременное техническое освидетельствование основного технологического оборудования, контрольно измерительных приборов и автоматики (КИПиА) и средств противоаварийной защиты (ПАЗ) в соответствии с требованиями промышленной безопасности,

диагностирование состояния действующего оборудования; регулярный осмотр, профилактический и плановый ремонт, своевременная замена основного технологического оборудования, средств КИПиА и ПАЗ).

2) Повышение надежности работы предприятий в условиях аварий, стихийного бедствия (подготовка к безаварийной остановке производства по установленным сигналам; обеспечение предприятия электроэнергией, водой и т.п. в случае нарушения централизованного снабжения; обеспечение транспортными средствами для перевозки рабочих и служащих из зоны их эвакуации и т.п).

3) Обеспечение надежной связи с важнейшими производственными участками на объекте; разработка надежных способов оповещения должностных лиц, аварийных служб, спасателей и всего производственного персонала на предприятии (установка сирен, репродукторов и других средств оповещения)

4) Мероприятия по подготовке к действиям в ЧС, цель которых подготовка персонала сторонних организаций к совместным действиям по предупреждению, локализации и ликвидации аварийной ситуации.

Повышение профессионального уровня работников объекта, осуществление постоянного контроля за исполнением производственных инструкций, соблюдением трудовой дисциплины.

5) Распределение ответственности и полномочий персонала, его вовлечением в реализацию целей ПАО "КуйбышевАзот" в области качества, промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды, консультированием, обучением и повышением его квалификации, опыта, знаний и мотивации.

И в заключение, определены регламентные мероприятия (действия, инструкции, методы ведения технологического процесса производства аммиачной селитры);

Рассмотрен способ получения жидкого азотного удобрения с пониженным содержанием аммиака, как метод модернизации



существующего производства. Определены достоинства и недостатки для применения в практической деятельности.

Также описан и применен к внедрению в рамках риск ориентированного подхода способ и система вибромониторинга промышленной безопасности динамического оборудования опасных производственных объектов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям, ИТС 2-2015 [Электронный ресурс]. – URL.- <http://docs.cntd.ru/document/1200128662> (дата обращения: 25.03.2019).
- 2 Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 01.03.2018 «Послание Президента Федеральному Собранию» [Электронный ресурс].– URL : <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=448260858019494186487678467&cacheid=53E65028C09351053FAE341F31DA69ED&mode=splus&base=LAW&n=291976&rnd=0.9434595215866415#183nkjgdzj3>(дата обращения: 25.03.2019).
- 3 Правовой календарь на 1 квартал 2019 года [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=448260858019494186487678467&cacheid=4EB22F8DB208395C43D9A167EB36B862&mode=splus&base=LAW&n=311992&dst=103889&rnd=0.9434595215866415#1qpxtz67q94> (дата обращения: 25.03.2019).
- 4 Федеральный закон от 26.12.2008 №294-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля», Статья 8.1. [Электронный ресурс].-URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_83079/58672404e5897f38d20be06de33c4570c75d2897/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_83079/58672404e5897f38d20be06de33c4570c75d2897/)(дата обращения: 25.03.2019).
- 5 Постановление Правительства РФ г. №806 от 17.08.2016 «О применении риск ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс].–URL : <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=321416&fl>

d=134&dst=1000000001,0&rnd=0.0170266079879704#019316457589338154

(дата обращения: 25.03.2019).

6 Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция)

[Электронный ресурс].-URL :

<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=303638&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.6759876505209201#028003097494595863>

(дата обращения: 25.03.2019).

7 Федеральный закон от 10.01.2002 №7 (ред. от 29.07.2018) «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс].-URL :

<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=117956904008014143112312344&cacheid=889BC395715FD7301471540EB174AD9F&mode=splus&base=LAW&n=301549&rnd=0.17831590657144347#1h4vx16jrdg>

(дата

обращения: 25.03.2019).

8 Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс].-

URL :

<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=93468250002442461976951007&cacheid=8A0E26FB695EA4B127BFEBEA1DA6272A&mode=splus&base=LAW&n=303638&rnd=0.9434595215866415#77ulbzy74b4>

(дата

обращения: 25.03.2019).

9 Меньшиков, В.В., Швыряев, А.А. Опасные химические объекты и техногенный риск: Учебное пособие. - М.: Изд-во Химия, фак. Моск. ун-та, 2003. - 254 с. [Электронный ресурс].-URL :

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/technorisk/menshikov/men1.pdf>

(дата

обращения: 25.03.2019).

10 Приказ МЧС РФ №329 от 21.05.2007 г «Об утверждении критериев ЧС природного и техногенного характера» [Электронный ресурс].-URL :

<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=466216#0061013304791355916>

(дата обращения: 25.03.2019).

- 11 Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2-х томах. Том 2 / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 372 с.
- 12 Бармин, А. Н., Насибулина, Б. М., Горбунова, А. Г. и др. Региональные экологические проблемы урбанизированных территорий в условиях техногенного воздействия: монография. – Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2008. – 156 с.
- 13 Татаринцев, С.А. Современный город: техногенные угрозы жизнедеятельности – проблемы и возможности / С.А. Татаринцев, А.Н. Бармин, Е.А. Колчин, О.О. Шуваева // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – № 1 (48). – С. 129138.
- 14 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Электронный ресурс].– URL : <http://docs.cntd.ru/document/499013213> (дата обращения: 25.03.2019).
- 15 Приказ Ростехнадзора №96 от 11.03.2013 (Зарегистрировано в Минюсте России 16.04.2013 N 28138) 2. Основные мероприятия по предупреждению аварийных ситуаций и обеспечению готовности к ним [Электронный ресурс].– URL : <http://studopedia.org/7137330.htm> (дата обращения: 25.03.2019).
- 16 Оценка химической обстановки при разрушении (аварии) химически опасных объектов: методические указания к выполнению практической работы №1 по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»/Сост.: Е.А. Бедрина, Д.С. Алешков.-Омск: СибАДИ, 2013.-22 .
- 17 Федеральный закон РФ №68 от 21.12.94 – ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Электронный ресурс].– URL :

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5295/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/)(дата обращения: 25.03.2019).

18 Тезисы докладов «Исследование влияния организации городской среды на динамику числа пострадавших при химическом заражении»/ Сыстеров Ю.П, Хаметьянов И.Р., Бедрина Е.А./Проблемы безопасности. Технологии. Управление. Новые горизонты «Безопасность-2012». Материалы XVII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием (Иркутск, 17-20 апреля, 2012г.). С.113-115.

19 Пат. 94042639 Российская Федерация, МПК С05С 1/00 (1995.01), С05С 9/00 (1995.01), С05С 13/00 (1995.01). способ получения жидкого азотного удобрения с пониженным содержанием аммиака/ Шафрановский А.В., Старшинов М.С.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа "Научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза"— №94042639/25; заявл.30.11.1994; опубл. 20.09.1996, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с. : ил [Электронный ресурс].- URL : [http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-](http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=4171651575e86530363e88a36d25b929)

[redirect=true&id=4171651575e86530363e88a36d25b929](http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=4171651575e86530363e88a36d25b929) (дата обращения: 25.03.2019).

20 Проскуряков, В.А., Шмидт, Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. – Л.: Химия, 1977. – 464 с.

21 Kuzyaeva, A., Didenko, A. Productivity Spillovers in the Russian Federation: The Case of Chemical Market //Review of Business and Economic Studies. – 2014. – Т. 2. – №. 3.

22 Хмыров, В.И., Фисак, В.И. Термическое обезвреживание промышленных газовых выбросов. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 116 с.

23 Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 02.07.2013 № 41 «О техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» (вместе с «ТР ТС 032/2013. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности

оборудования, работающего под избыточным давлением») [Электронный ресурс].– URL :

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_148713/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148713/)(дата обращения: 25.03.2019).

24 Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс].– URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/)(дата обращения: 25.03.2019).

25 Федеральный закон от 30.11.1995 № 187-ФЗ «О континентальном шельфе Российской Федерации» [Электронный ресурс].– URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8560/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8560/)(дата обращения: 25.03.2019).

26 Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» РД 03-496-02. Методические указания по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах // Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03, выпуск 19. Издание Госгортехнадзора РФ [Электронный ресурс].– URL : <https://base.garant.ru/10108778/>(дата обращения: 25.03.2019).

27 Barbosa, L. C., Gomes, L. F. A. M. Assessment of Efficiency and Sustainability in a Chemical Industry Using Goal Programming and ANP //Procedia Computer Science. – 2015. – Т. 55. – pp. 165-174.

28 Desai, M. A., Foley, C. F., Hines, J. R. Capital structure with risky foreign investment //Journal of Financial Economics. – 2008. – Т. 88. – №. 3. – pp. 534-553.

29 Huang, G. et al. The determinants of capital structure: Evidence from China //China Economic Review. – 2006. – Т. 17. – №. 1. – pp. 14-36.

30 Margaritis, D., Psillaki, M. Capital structure, equity ownership and firm performance //Journal of Banking & Finance. – 2010. – Т. 34. – №. 3. – pp. 621-632.

- 31 О риск ориентированном подходе в обеспечении промышленной безопасности, Гражданкин А.И. [Электронный ресурс].– URL : [http://riskprom.ru/TemaKtlg/RiskAvar/pon\\_oprd/RiskOrient\\_2012.pdf](http://riskprom.ru/TemaKtlg/RiskAvar/pon_oprd/RiskOrient_2012.pdf) (дата обращения: 25.03.2019).
- 32 Боголюбов, А. Н.О вещественных резонансах в волноводе с неоднородным заполнением / А. Н. Боголюбов, А. Л. Делицын, М. Д. Малых // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3, Физика. Астрономия. – 2001. – № 5. – С. 23–25.
- 33 Федосов, А. В., Закирова, З. А., Абдрахимова, И. Р./Перспективы применения риск ориентированного подхода в области промышленной безопасности/ А.В. Федосов, З.А. Закирова, И.Р.Абдрахимова Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация. Физика. УДК 614.8.084 – 2015. – № 5. – С. 24–29.
- 34 Воробьева, А.С. Новые методы в обеспечении промышленной безопасности в России // Инновационная наука. 2016. № 4-3. С. 38-41.
- 35 Гражданкин, А.И. / Роспромтехносфера 2010: границы безопасности Гражданкин, RiskProm.RU, 2010 [Электронный ресурс].- URL :[http://riskprom.ru/TemaKtlg/BZD/rostehprom2010/RosPromBez\\_2010.pdf](http://riskprom.ru/TemaKtlg/BZD/rostehprom2010/RosPromBez_2010.pdf) (дата обращения 23.05.2019).
- 36 Управление техносферной безопасностью. Управление безопасностью производственных процессов: учеб. пособие / Сост. Д.А. Мельникова, Н.Г. Яговкин, Г.Н. Яговкин; под ред. Г.Н. Яговкина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. – 292 с.: ил. ISBN 978-5-7964-1968-7 [Электронный ресурс].- URL : [http://bjd.samgtu.ru/sites/bjd.samgtu.ru/files/upravlenie\\_tehnosfernoy\\_bezopasnost\\_yu.pdf](http://bjd.samgtu.ru/sites/bjd.samgtu.ru/files/upravlenie_tehnosfernoy_bezopasnost_yu.pdf) (дата обращения 23.05.2019).
- 37 Техносферная безопасность в XXI веке. Сборник научных трудов магистрантов, аспирантов и молодых ученых. VI Всероссийская научно-практическая конференция / под редакцией проф. С.С. Тимофеевой. – Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2016. – 196 с. [Электронный ресурс].- URL:

[https://www.istu.edu/docs/education/faculty/institute\\_entrails/bjd/konf/sb\\_4.pdf](https://www.istu.edu/docs/education/faculty/institute_entrails/bjd/konf/sb_4.pdf)

(дата обращения 23.05.2019).

38 Посохов О.В., Иванов А.В., Булычева О.С. Современный взгляд на проблему обеспечения безопасности химических производств// Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 4-2.; [Электронный ресурс]: URL : <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=16138> (дата обращения: 25.05.2019).

39 ГОСТ 2-2013 Селитра аммиачная. Технические условия (с Изменением N 1, с Поправкой) [Электронный ресурс].- URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107273> (дата обращения 26.05.2019).

40 Пат. 2 684 848 Российская Федерация, МПК G01M 7/02 (2006.01) Способ и система вибромониторинга промышленной безопасности динамического оборудования опасных производственных объектов / Костюков Алексей Владимирович (RU), Костюков Андрей Владимирович (RU), Бойченко Сергей Николаевич (RU), Жильцов Валерий Васильевич (RU); заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью НПЦ «Динамика» - Научно-производственный центр «Диагностика», надежность машин и комплексная автоматизация» (RU)– №94042639/25; заявл.30.11.1994; опубл. 20.09.1996, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с. : ил [Электронный ресурс].-URL : <http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=90f13d3841014e8d6cb6ee4e9930bb085> (дата обращения: 25.03.2019).

41 Федосов, А. В., Закирова, З. А., Абдрахимова И. Р. Перспективы применения риск ориентированного подхода в области промышленной безопасности промышленных предприятий / А.В. Федосов, З.А. Закирова// Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Нефтегазовое дело – 2018, с 13-24.

42 Решение Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 825 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» (вместе с «ТР ТС



012/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах»)// Москва – 2011, с 14-49.

43 Приказ Ростехнадзора от 14.03.2014 № 102 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс].-URL : <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rostekhnadzora-ot-14032014-n-102-ob/>(дата обращения: 25.03.2019).

44 Приказ Ростехнадзора от 15.10.2012 № 584 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности» [Электронный ресурс].-URL : [http://www.ptb72.ru/upload/Prikaz\\_RTN\\_ot\\_15.10.2012\\_\\_584.pdf](http://www.ptb72.ru/upload/Prikaz_RTN_ot_15.10.2012__584.pdf) (дата обращения: 25.03.2019).

45 Мандрыкин А.В. Управление производственными рисками в интегрированной организационно-производственной системе// Организатор производства. - Т.42. - №3 – 2009 г.- с. 63-68.

46 РД 03-496-02. Методические указания по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах // Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03, выпуск 19. Издание Госгортехнадзора РФ.

47 Kuzyaeva A., Didenko A. Productivity Spillovers in the Russian Federation: The Case of Chemical Market //Review of Business and Economic Studies. – 2014. – Т. 2. – №. 3.

48 Международный классификатор: «ISIC: International Standard Industrial Classification of All Economic Activities», 2009г. - [Электронный ресурс].-URL : [http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm\\_4rev4r.pdf](http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_4rev4r.pdf) (дата обращения: 25.03.2019).

- 49 Мандрыкин А.В. Оборудование и сооружения для защиты биосферы от промышленных выбросов . – М.: Химия, 1985. – 352 с.
- 50 Воробьева, А.С. Новые методы в обеспечении промышленной безопасности в России Организатор производства. - Т.42. - №3 – 2009 г.- с. 63-68.
- 51 Жулина, С.А., Сорокин, А.Н. Кононова, О.В. (Ростехнадзор); Оганов, А.С., Доценко, Б.А. (Ассоциация буровых подрядчиков); Н.Ф. Исаева (ЗАО НТЦ ПБ). Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». Серия 08. Выпуск 19. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. — 288 с.
- 52 Приказ №605 от 16.12.2013 г об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах» [Электронный ресурс].- URL : <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/f93/zak1628.pdf> (дата обращения: 25.03.2019).
- 53 Приказ Ростехнадзора №533 от 12.11.2013 (ред. от 12.04.2016) «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 №30992) [Электронный ресурс].- URL : <https://luckas.ru/images/content/laws/pravila-po-ekspluatatsii-pod-emnykh-sooruzhenij.pdf> (дата обращения: 25.03.2019).
- 54 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». Серия 10. Выпуск 81. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. — 150 с.