

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Российский химико-технологический университет имени  
Д.И. Менделеева»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке

РХТУ им. Д.И. Менделеева



*[Handwritten signature]*

А.А. Щербина

« 12 » декабря 20 22 г.

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

2.10.1. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Москва 2022 г

Программа составлена Васиным А.Я., профессором кафедры техносферной безопасности и Райковым В.М., к.т.н., доц. кафедры техносферной безопасности.

## **СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**

### **Раздел 1. Теоретические основы пожаровзрывобезопасности**

#### **1.1. Явление взрыва и общая характеристика взрывчатых систем**

Понятие о горении и взрыве, классификация взрывных процессов, классификация взрывчатых систем. Основные источники энергии взрыва. Условия образования взрывоопасных систем в технологических процессах.

Основные условия протекания химической реакции в форме взрыва. Экзотермичность и скорость реакции как факторы, определяющие возможность распространения горения и взрыва. Скорость газообразования и способность химического превращения к самораспространению как факторы, определяющие разрушающее действие взрыва.

#### **1.2. Кинетика самоускоряющихся реакций и условия теплового и цепного самовоспламенения.**

Зависимость скорости реакции от температуры и давления. Измерение скорости реакции во времени. Основные типы самоускоряющихся реакций. Тепловое самоускорение реакций. Теория теплового самовоспламенения Н.Н.Семенова. Нестационарная теория теплового взрыва.

#### **1.3. Теория горения газовоздушных и паровоздушных смесей.**

Общая характеристика пламени и закономерностей его распространения. Форма фронта пламени и понятие о нормальном горении. Методы изучения горения газов. Факторы, определяющие скорость и возможность распространения горения.

Теория нормального горения. Тепломассообмен при горении. Пространственная структура пламени. Факторы, влияющие на возможность распространения и скорость горения.

Горение в адиабатических условиях. Температура горения. Закон сохранения энергии при горении. Горение при постоянном давлении и в замкнутом объеме. Химическое равновесие в продуктах горения. Расчет термодинамических параметров и состава продуктов горения.

#### **1.4. Теория горения горючих дисперсных материалов.**

Особенности возникновения и распространения горения слоя и аэрозвесей дисперсных и горючих материалов. Факторы, определяющие возможность и скорость горения дисперсных горючих.

Роль диффузии при горении. Кондуктивная и кондуктивно-радиационная теория распространения пламени. Конвективная теория горения. Фазодинамический режим распространения пламени по аэродисперсной системе.

### **1.5. Инициирование горения и взрыва.**

Возбуждение горения и взрыва в газовых и пылевоздушных средах. Тепловая теория зажигания. Минимальная энергия зажигания. Температура воспламенения. Инициирование детонации ударными волнами, передача детонации на расстояние и через преграды. Инициирование горения и взрыва ударом и трением.

## **Раздел 2. Прогнозирование потенциальной пожаровзрывоопасности промышленных объектов**

### **2.1. Номенклатура характеристик пожаровзрывоопасности веществ и материалов**

Понятие горючести. Классификация веществ и материалов по группе горючести (негорючие, трудногорючие и горючие). Экспериментальные и расчетные методы определения характеристик пожаровзрывоопасности веществ. Влияние параметров технологического процесса на эти характеристики. Парогазовые смеси горючих веществ с окислителями. Особенности систем с жидким горючим. Принципы предотвращения взрывов парогазовых систем. Флегматизация взрывоопасных смесей инертными газами. Взрывоопасные аэродисперсные системы. Показатели взрывоопасности пыли во взвешенном и осевшем состоянии. Влияние влажности, дисперсности, инертных примесей, химического строения и теплоты сгорания вещества на нижний концентрационный предел распространения пламени. Взрывоопасные и нестабильные вещества.

### **2.2. Пожаровзрывоопасность технологических сред в оборудовании**

Общее условие образования взрывоопасных концентраций горючих веществ в оборудовании. Образование взрывоопасных концентраций горючих газов внутри технологического оборудования. Образование взрывоопасных концентраций паров горючих жидкостей в открытых, дышащих и герметичных аппаратах. Образование взрывоопасных смесей в аппаратах с твердыми горючими материалами. Способы обеспечения пожарной безопасности оборудования.

Опасность утечек горючих газов, паров горючих жидкостей из аппаратов. Оценка параметров зон взрывоопасных концентраций при выходе горючих газов из нормально работающего технологического оборудования. Способы обеспечения пожарной безопасности. Пожарная опасность выхода горючих пылей из аппаратов.

### **2.3. Пожаро- и взрывозащита оборудования**

Пассивные и активные способы защиты. Технические средства сброса давления взрыва в оборудовании: предохранительные мембраны и клапаны; дыхательная арматура. Средства, предотвращающие распространение пламени по производственным коммуникациям: сухие огнепреградители, жидкостные предохранительные затворы, аварийный слив горючих жидкостей, затворы из твердых измельченных материалов, автоматически закрывающиеся задвижки и заслонки. Автоматические быстродействующие средства локализации и подавления взрыва (взрывоподавляющие устройства, пламеотсекатели).

Электрооборудование во взрывоопасных и пожароопасных зонах. Воспламенение горючих смесей от перегрева электрооборудования и электрической искры. Классификация взрыво- и пожароопасных зон. Распределение горючих смесей по категориям и группам в соответствии с ГОСТом. Взрывозащищенное электрооборудование и принципы его выбора по ГОСТу.

Организация безопасной эксплуатации электрооборудования в пожаровзрывоопасных производствах.

Опасность воспламенения горючих смесей разрядами статического электричества. Мероприятия по защите технологических процессов от статического электричества.

### **2.4. Опасные факторы пожара и взрыва**

Параметры пожара. Опасные факторы пожара. Сопутствующие проявления опасных факторов пожара. Оценка вероятности возникновения пожара и взрыва. Воздействие опасных и вредных факторов пожара на персонал. Определение времени безопасной эвакуации персонала. Построение модели взрывоопасных ситуаций. Определение энергии взрыва. Расчет границ зон, опасных в отношении поражения персонала. Оценка потенциальных разрушений при взрыве.

### **2.5. Моделирование промышленных взрывов**

Взрыв неограниченного газового облака. Взрывы в замкнутых объемах. Взрывы по модели огненного шара, взрывы по модели парового облака. Взрывы перегретых жидкостей. Взрывы сжиженных углеводородных газов. Взрывы аэрозвесей горючих жидкостей.

### **2.6. Прогнозирование последствий аварий, связанных с пожарами и взрывами.**

Основные поражающие факторы пожара. Решение типовых задач по оценке пожарной обстановки: определение минимального безопасного расстояния для персонала и элементов объекта от очага пожара; величины теплового потока, падающего на поверхность объекта при пожаре; допустимых размеров зоны горения, исключающих распространение пожара на расположенные рядом объекты.

Характерные особенности взрыва. Зоны действия взрыва и их характеристика. Основные поражающие факторы взрыва (ударная волна и осколочные поля). Действие взрыва на человека. Решение типовых задач по оценке обстановки при взрыве: определение избыточного давления во фронте ударной волны в зависимости от расстояния; радиусов зон разрушения; предполагаемых степеней разрушения элементов объекта. Методика оценки возможного ущерба производственному зданию и технологическому оборудованию. Защита предприятий и населения от поражающих факторов, возникающих в результате пожаров и взрывов.

### **Раздел 3. Проектирование помещений и зданий взрывопожароопасных производств**

#### **3.1. Пожароопасность и взрывоопасность технологических процессов**

Анализ пожарной опасности технологических процессов. Частота реализации пожароопасных ситуаций на производственном объекте.

Основные меры обеспечения пожарной безопасности технологических процессов. Требования к системе предотвращения пожаров и взрывов: предотвращение образования горючей и взрывоопасной среды, предотвращение образования в горючей среде источников зажигания.

Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Принципы обеспечения взрывобезопасности технологических процессов, в которых обращаются горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости. Расчет энергетического потенциала технологического блока. Категорирование технологических блоков по взрывоопасности. Меры по снижению взрывоопасности технологической системы.

#### **3.2. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности**

Назначение системы классификации помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. Классификация категорий помещений. Количественная оценка критериев категорирования помещения. Определение категории здания. Количественная оценка критериев категорирования здания.

Классификация категорий наружных установок. Критерии пожарной опасности. Количественная оценка пожарного риска. Сценарии развития пожароопасных аварийных ситуаций. Частоты реализации сценариев развития аварий. Снижение пожарной опасности технологического процесса при расчетном обосновании категории наружной технологической установки.

#### **3.3. Принципы обеспечения взрывостойкости зданий**

Воздействие взрывов на здания, сооружения и людей. Избыточное давление во фронте ударной волны и степень разрушений. Выбор и расчет легкобрасываемых конструкций. Расчет скорости нарастания давления при

взрыве. Рациональное размещение легкобрасываемых конструкций и взрывоопасного оборудования в зданиях.

## **Раздел 4. Организационные и технические мероприятия обеспечения пожарной безопасности**

### **4.1. Основы государственного управления пожарной безопасностью**

Законодательные и нормативно-технические акты, регулирующие пожарную безопасность. Федеральный закон РФ «О пожарной безопасности». Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Федеральный закон «О техническом регулировании». «Правила противопожарного режима в РФ». Стандарты, нормативные документы в строительстве, нормы технологического проектирования, нормы и правила пожарной безопасности, распорядительные документы Государственной противопожарной службы, а также технические регламенты, национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности.

Государственная политика в области пожарной безопасности. Органы управления и контроля за пожарной безопасностью, их основные функции, права и обязанности, структура. Государственный пожарный надзор. Организация противопожарной службы. Управление пожарной безопасностью в регионах, селитебных зонах, на предприятиях и в организациях. Организационные мероприятия обеспечения пожарной безопасности. Планы ликвидации аварий.

Государственная противопожарная служба, муниципальная пожарная охрана, ведомственная пожарная охрана, частная пожарная охрана, добровольная пожарная охрана. СП 232.1311500.2015 «Пожарная охрана предприятий. Общие требования».

### **4.2. Требования к огнестойкости зданий**

Возгораемость материалов; пределы распространения огня по конструкциям; огнестойкость конструкций и методы их определения. Нормирование огнестойкости зданий и сооружений.

Мероприятия по ограничению распространения пожаров. Оценка скорости распространения и последствий пожаров. Правила хранения опасных материалов.

Объемно-планировочные решения в промышленных зданиях с учетом противопожарных требований (пожарные отсеки и секции). Противопожарные преграды (противопожарные стены, перегородки, перекрытия, двери и окна, тамбур-шлюзы, зоны) их виды и назначение. Предохранительные (легкобрасываемые) конструкции. Противопожарные расстояния между зданиями и сооружениями, их нормирование с учетом санитарных и противопожарных требований.

Безопасная эвакуация людей.

Противопожарное водоснабжение.

Защита зданий и сооружений химических предприятий от прямого удара и вторичных проявлений молнии. Категорирование зданий и сооружений по степени опасности поражения молний. Устройство систем молниезащиты.

### **4.3. Средства и методы тушения пожаров**

Классификация пожаров. Выбор огнетушащих средств. Основные средства тушения пожаров и их характеристика. Жидкие огнетушащие вещества (вода, водные растворы солей). Огнетушащие свойства воды. Пены: химическая пена, пенообразователи. Негорючие газы или инертные разбавители (диоксид углерода, азот, аргон, водяной пар). Галоген-углеводородные составы, хладоны. Огнетушащие порошки, механизм огнетушащего действия порошков. Тушение комбинированными составами.

Обеспечение производств пожарной техникой. Стационарные установки. Первичные средства ликвидации пожаров. Автоматические системы тушения пожаров. Пожарная сигнализация. Общая оценка пожаровзрывоопасности предприятий и ее учет при составлении декларации безопасности.

## **Раздел 5. Безопасность технологических процессов**

### **5.1. Требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам**

Основные опасности химического производства. Факторы, влияющие на безопасность химического предприятия. Классификация причин аварий. Технологический регламент. Параметры химико-технологического процесса, определяющие его безопасность. Системы контроля, управления, сигнализации и противоаварийной автоматической защиты технологических процессов.

### **5.2. Специфические требования безопасности к отдельным технологическим процессам**

Перемещение горючих парогазовых сред, жидкостей и мелкодисперсных твердых продуктов: насосы, компрессоры, трубопроводы. Процессы разделения материальных сред: емкости, фильтры, центрифуги. Массообменные процессы: колонны ректификации, адсорберы, абсорберы. Теплообменные процессы: теплообменники, змеевики, печи, сушильные агрегаты. Химические реакционные процессы (реакторы). Причины выхода технологического процесса из-под контроля.

### **5.3. Требования безопасности для складов с горючими материалами**

Устройство резервуаров для хранения сжиженных углеводородных газов (СУГ), легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей. Правила безопасности хранения СУГ, ЛВЖ и ГЖ под давлением. Порядок выполнения технологических операций по хранению и перемещению горючих жидкостей. Арматура, средства контроля и управления опасными параметрами процесса. Меры защиты от атмосферного и статического электричества при проведении сливноналивных операций. Особенности

пожарной опасности процессов при хранении нефтепродуктов в резервуарных парках. Правила промышленной безопасности для нефтебаз и складов нефтепродуктов.

#### **5.4. Аварии и анализ риска опасных производственных объектов**

Авария и аварийная ситуация. Причины возникновения крупных аварий на производстве. Условия возникновения и развития аварийной ситуации. Стадии аварии. Понятие риска, классификация рисков. Методы анализа и оценки риска. Нормативно-методические документы для проведения анализа риска. Порядок проведения анализа риска опасного производственного объекта. Анализ риска технологических систем. Определение частоты реализации иницирующего события. Графоаналитическое исследование причин возникновения аварии и ее последствий: метод «дерево отказов», «логическое дерево событий», диаграмма причинно-следственных связей.

### **Вопросы для кандидатского экзамена по научной специальности**

#### **2.10.1. Пожарная безопасность**

1. Классификация веществ и материалов по пожаровзрывоопасности и пожарной опасности. Перечень показателей пожарной опасности.
2. Влияние различных факторов (влаги, примесей, инертных добавок, размера частиц) на величину НКПР взрывов.
3. Расчетные методы определения значений теплоты сгорания веществ.
4. Законодательные и нормативно-технические акты, регулирующие пожарную безопасность.
5. Экспериментальные методы определения характеристик пожаровзрывоопасности веществ. Влияние на эти характеристики параметров технологического процесса.
6. Требования к огнестойкости зданий. Возгораемость материалов; пределы распространения огня по конструкциям; огнестойкость конструкций и методы их определения.
7. Парогазовые смеси горючего с окислителем в технологических процессах. Концентрационные пределы распространения пламени. Температурные характеристики горючих газов и жидкостей.
8. Средства и методы тушения пожаров. Классификация пожаров. Выбор огнетушащих средств.
9. Принципы предотвращения взрывов парогазовых систем. Флегматизация взрывоопасных смесей инертными газами. Категории и группы взрывоопасных смесей.
10. Обеспечение производств пожарной техникой. Стационарные установки. Первичные средства ликвидации пожаров. Автоматические системы тушения пожаров. Пожарная сигнализация.

11. Технологические пыли. Показатели пожаровзрывоопасности пыли во взвешенном и осевшем состоянии. Классификация видов пыли в промышленности.
12. Опасные факторы пожара и взрыва. Оценка вероятности пожара и взрыва и вероятности воздействия их опасных и вредных факторов на персонал. Определение времени безопасной эвакуации персонала.
13. Взрыв неограниченного газового облака. Взрывы в замкнутых объемах.
14. Взрывы по модели огненного шара, взрывы по модели парового облака.
15. Выбор и расчет легкобрасываемых конструкций. Расчет скорости нарастания давления при взрыве. Рациональное размещение легкобрасываемых конструкций и взрывоопасного оборудования в зданиях.
16. Безопасная эвакуация людей при пожаре на производстве. Противопожарные преграды. Ограничение площади пожара и определение количества эвакуационных выходов в здании.
17. Категорирование технологических блоков по взрывоопасности. Расчет энергетического потенциала технологического блока.
18. Общие сведения о горении твердых веществ. Фазодинамический механизм горения пылей.
19. Горение и взрыв. Особенности их возникновения и развития. Теории, объясняющие закономерности распространения пламени по парогазовым смесям.
20. Влияние химического строения, примесей, инертных добавок, влаги, размера частиц на величину НКПР пылей органических соединений.
21. Влияние галогенов в структуре вещества и вида функциональных заместителей и групп ( $-\text{SO}_3 \text{Na}$ ,  $-\text{SO}_3 \text{H}$ ,  $\text{HCl}$ ) на величину НКПР пылей органических соединений.
22. Пожарная профилактика объекта (основная задача, система предотвращения пожара, система противопожарной защиты).
23. Система предотвращения пожара как составляющая обеспечения пожарной безопасности.
24. Система противопожарной защиты как составляющая обеспечения пожарной безопасности.
25. Активные способы пожаро- и взрывозащиты технологического процесса. Пассивные способы взрывозащиты технологического оборудования.
26. Устройства, предотвращающие распространение пламени по производственным коммуникациям.
27. Классификация взрывоопасных и пожароопасных зон.
28. Электроустановки во взрывоопасных зонах (уровень, вид, категории и группы). Пример маркировки взрывозащиты электрооборудования.
29. Прогнозирование последствий аварий, связанных с пожарами и вызванных взрывами.
30. Методы анализа и оценки риска. Нормативно-методические документы для проведения анализа риска.

31. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. Определение массы вещества, принимающего участие во взрыве.
32. Расчет избыточного давления взрыва в помещении для индивидуальных горючих веществ (горючих газов и паров ЛВЖ и ГЖ, а также пылей).
33. Порядок проведения анализа риска опасного производственного объекта. Анализ риска технологических систем.
34. Пожарный риск как мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и её последствий для людей и материальных ценностей. Последовательность необходимых действий для определения расчётной величины пожарного риска.
35. Основные опасности химического производства. Опасности при нормальном и аварийном режимах работы. Факторы, влияющие на безопасность химического предприятия. Классификация причин аварий.
36. Требования безопасности к технологическим процессам. Технологический регламент химико-технологического процесса. Содержание раздела «Безопасность эксплуатации производства».
37. Параметры химико-технологического процесса, определяющие его безопасность. Системы контроля, управления, сигнализации и противоаварийной автоматической защиты технологических процессов.
38. Правила безопасности хранения СУГ и ЛВЖ под давлением. Правила промышленной безопасности нефтебаз и складов нефтепродуктов.
39. Промышленная безопасность опасных производственных объектов (ОПО). ОПО, подлежащие регистрации в государственном реестре. Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству и эксплуатации ОПО.
40. Авария и аварийная ситуация. Причины возникновения крупных аварий на производстве. Условия возникновения и развития аварийной ситуации. Стадии аварии. Анализ аварий.

## Литература

1. Райкова В.М., Мельников Н.О., Шушпанов А.Н. Производственная безопасность в химической промышленности. Анализ взрывоопасности химико-технологических процессов: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021. – 92 с.
2. Райкова В. М., Васин А.Я. Шушпанов А.Н. Производственная безопасность в химической промышленности. Лабораторный практикум: учеб. пособие. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. – 52 с.
3. Акинин Н. И., Бабайцев И. В. Техносферная безопасность. Основы прогнозирования взрывобезопасности парогазовых смесей. Учебное пособие. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2016. –248 с.
4. Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности [Электронный ресурс] : учебник под общ. ред. Н.И. Акинина. – Санкт-

Петербург: Лань, 2019. –448с. – Режим доступа:  
<https://e.lanbook.com/book/116363>.

1. Федеральный Закон № 69-ФЗ от 21.12.94. О пожарной безопасности (с изменениями от 13.10.22).
2. Федеральный Закон № 123-ФЗ от 22.07.08. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 14.06.22).
3. Постановление Правительства РФ № 1479 от 16.09.20. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации (с изменениями на 21.05.21).
4. Федеральный Закон РФ № 116-ФЗ от 21.07.97. О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями на 11.06.21) (редакция, действующая с 01.07.21).
5. Приказ Ростехнадзора № 500 от 07.12.20. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов».
6. Приказ Ростехнадзора № 533 от 11.12.20. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».
7. Приказ Ростехнадзора № 536 от 15.12.20. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением».
8. Приказ Ростехнадзора № 144 от 11.04.16. Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
9. Приказ Ростехнадзора № 503 от 08.12.20. Об утверждении Порядка проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения (с изменениями на 14.04.22).
10. Постановление Правительства РФ № 1437 от 15.09.20. Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах.
11. Приказ Ростехнадзора № 781 от 26.12.12. Об утверждении Рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах.
12. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением № 1).
13. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1).
14. ГОСТ 12.1.033-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения (с Изменением № 1).

- 15.ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (с Изменением № 1).
- 16.СП 56.13339.2021 «Производственные здания», актуализированная редакция СНиП 31-03-2001.