

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кемеровский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор КемГУ

Ю.Н. Журавлев



« 04 » 2023 г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

**2.10.1 Пожарная безопасность**

Группа научных специальностей

**2.10. Техносферная безопасность**

Кемерово 2023

Программа составлена на основании паспорта научной специальности  
2.10.1 Пожарная безопасность

.

Разработчики:

зав.кафедрой «Техносферная безопасность», д.т.н., профессор Неверов Е.Н.;  
профессор кафедры «Техносферная безопасность», д.т.н., профессор Тимошук И.В.

Программа утверждена на заседании Ученого совета Института  
инженерных технологий. Протокол № 10 от 06.04.2022.

## **1. Общие положения**

Программа кандидатского экзамена по специальности 2.10.1 «Пожарная безопасность» предназначена для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче кандидатского экзамена.

Кандидатский экзамен представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация. Сдача кандидатского экзамена по специальности обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

Кандидатский экзамен сдаётся в соответствии с научной специальностью и отраслью науки, предусмотренными номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемой Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (далее соответственно - научная специальность, номенклатура), по которым осуществляется подготовка (подготовлена) диссертации.

Для проведения экзамена приказом ректора (курирующего проректора) создается экзаменационная комиссия, которая формируется из высококвалифицированных научно-педагогических и научных кадров, осуществляющих научную деятельность в соответствии с паспортом научной специальности. Комиссия правомочна принимать кандидатский экзамен, если в её заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Кандидатский экзамен проводится по билетам. Решение экзаменационных комиссий оформляется протоколом, в котором указываются шифр и наименование научной специальности и отрасли науки, по которым сдан кандидатский экзамен; оценка уровня знаний; фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии), ученая степень каждого члена экзаменационной комиссии. Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Протоколы заседаний экзаменационных комиссий после утверждения ректором (курирующим проректором) хранятся по месту сдачи кандидатского экзамена. Сдача кандидатского экзамена подтверждается выдаваемой на основании решения экзаменационной комиссией справки установленной КемГУ формы.

## **2. 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.

Условия нарушения устойчивости нормального горения. Ускорение горения в незамкнутом и замкнутом объеме. Автотурбулизация горения (теория Л.Д.Ландау). Механизм перехода горения в детонацию и факторы, влияющие на длину преддетонационного участка.

#### **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. Иницирование горения и взрыва**

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

### **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. Закон РФ «О пожарной безопасности». «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». «Правила противопожарного режима в РФ». Организационные мероприятия обеспечения пожарной безопасности. Оценка пожарной опасности

производств. Расчет пожарной нагрузки. Организация противопожарной службы. Государственный пожарный надзор. Планы ликвидации аварий.

#### **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.

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

Классификация пожаров. Выбор огнетушащих средств. 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.

**Вопросы для кандидатского экзамена по специальности 2.6.18:**

1. Классификация веществ и материалов по пожаровзрывоопасности и пожарной опасности. Перечень показателей пожарной опасности.
2. Законодательные и нормативно-технические акты, регулирующие пожарную безопасность.
3. Экспериментальные методы определения характеристик пожаровзрывоопасности веществ. Влияние на эти характеристики параметров технологического процесса.
4. Требования к огнестойкости зданий. Возгораемость материалов; пределы распространения огня по конструкциям; огнестойкость конструкций и методы их определения.
5. Парогазовые смеси горючего с окислителем в технологических процессах. Концентрационные пределы распространения пламени. Температурные характеристики горючих газов и жидкостей.
6. Средства и методы тушения пожаров. Классификация пожаров. Выбор огнетушащих средств.
7. Принципы предотвращения взрывов парогазовых систем. Флегматизация взрывоопасных смесей инертными газами. Категории взрывобезопасных смесей.
8. Обеспечение производств пожарной техникой. Стационарные установки. Первичные средства ликвидации пожаров. Автоматические системы тушения пожаров. Пожарная сигнализация.
9. Технологические пыли. Показатели пожаровзрывоопасности пыли во взвешенном и осевшем состоянии. Классификация видов пыли в промышленности.
10. 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.
11. Взрыв неограниченного газового облака. Взрывы в замкнутых объемах.
12. Взрывы по модели огненного шара, взрывы по модели парового облака.
13. Выбор и расчет легкобрасываемых конструкций. Расчет скорости нарастания давления при взрыве. Рациональное размещение легкобрасываемых конструкций и взрывоопасного оборудования в зданиях.
14. Категорирование технологических блоков по взрывоопасности. Расчет энергетического потенциала технологического блока.
15. Общие сведения о горении твердых веществ. Фазодинамический механизм горения пылей.
16. Горение и взрыв. Особенности их возникновения и развития. Теории, объясняющие закономерности распространения пламени по парогазовым смесям.

17. Влияние химического строения, примесей, инертных добавок, влаги, размера частиц на величину НКПР пылей органических соединений.
18. 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.
19. Пожарная профилактика объекта (основная задача, система предотвращения пожара, система противопожарной защиты).
20. Активные способы пожаро- и взрывозащиты технологического процесса. Пассивные способы взрывозащиты технологического оборудования. Устройства, предотвращающие распространение пламени по производственным коммуникациям.
21. Прогнозирование последствий аварий, связанных с пожарами и вызванных взрывами.

### Рекомендуемая литература

1. Дмитренко, В.П. Управление экологической безопасностью в техносфере. [Электронный ресурс] / В.П. Дмитренко, Е.М. Мессинева, А.Г. Фетисов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 428 с. <http://e.lanbook.com/book/72578>
2. Попов, А.А. Производственная безопасность. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 432 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/12937>
3. Пожарная безопасность: учеб. пособие/Ю.И. Иванов, А.С. Голик, А.С. Мамонтов, Д.А. Бесперстов /под ред. А.С. Голика. - Кемерово, 2011. – 242 с. <http://e-lib.kemtip.ru/uploads/05/bgd009.pdf>
4. Управление безопасностью труда : учебное пособие / А.Ф. Павлов; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2010. – 291 с. <http://e-lib.kemtip.ru/uploads/05/bgd023.pdf>
5. Кривошеин, Д.А. Основы экологической безопасности производств. [Электронный ресурс] / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Федотова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 336 с. — <http://e.lanbook.com/book/60654>
6. Корольченко А.Я. Процессы горения и взрыва: учебник для студ.техн. вузов по дис-циплине «Теория горения и взрыва»/ А.Я. Корольченко.- М.:Пожнаука, 2007.-266 с.
7. Справочник спасателя-пожарного : справочное издание / В. В. Тербнев. - М.: Центр Пропаганды, 2006. - 528 с.
8. Законодательные и нормативно-правовые акты <http://www.consultant.ru/>