



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы  
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,  
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

**Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств**

## **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Методические рекомендации по самостоятельной работе**

для обучающихся по специальности

40.05.03 Судебная экспертиза

Специализация – Инженерно-технические экспертизы

Екатеринбург  
2022

**Зыков, П.И., Кокорин, В.В., Кочнев, С.В.** Пожарная безопасность технологических процессов. Методические рекомендации для самостоятельной работы. – Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2022. – 24 с.

**Авторы – составители:**

*Зыков П.И.*, заместитель начальника кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, кандидат технических наук, доцент.

*Кокорин В.В.*, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, кандидат технических наук, доцент.

*Кочнев С.В.*, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России.

В методических рекомендациях представлены актуальность и значение самостоятельной работы, принципы организации самостоятельной работы обучающихся, виды и уровни самостоятельной работы. Приведены примеры заданий для подготовки к контролю самостоятельной работы.

Методические рекомендации для самостоятельной работы предназначены для обучающихся по специальности 40.05.03 – «Судебная экспертиза».

Одобрено на заседании методической секции кафедры пожарной безопасности технологических процессов Уральского института ГПС МЧС России в качестве методических рекомендаций.

© ФГБОУ ВО «УрИ ГПС МЧС России», 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 4  |
| 1. Основные положения.....                           | 5  |
| 2. Формы контроля.....                               | 8  |
| 2.1. Тестовые задания.....                           | 8  |
| 2.2. Расчетные задания.....                          | 11 |
| 2.3. Задания в виде кроссвордов.....                 | 19 |
| 2.4. Задания по изучению нормативной литературы..... | 21 |
| 2.5. Письменный ответ на вопрос.....                 | 22 |
| Список используемой литературы.....                  | 23 |

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность педагогического обеспечения самостоятельной работы обучающихся подтверждается тем, что в современном обществе возрастают требования к участникам системы социальных взаимоотношений, как никогда ранее, возрастает роль профессиональной готовности специалистов. Реализуются государственные национальные проекты, вводятся новые формы нормативно-документального оформления всех сфер жизнедеятельности человека. Поэтому современные квалификационные требования, предъявляемые к будущему специалисту, достаточно высоки.

В процессе реализации указанных проектов происходит постепенное увеличение доли самостоятельной работы обучающихся в связи с тем, что она рассматривается в качестве важного звена в самообразовании личности и выступает как средство организации интеллектуальной деятельности. Широкий диапазон качеств и навыков, приобретенных и закрепленных в процессе самостоятельной работы, имеет важное значение для всей последующей профессиональной деятельности человека. Реализация потенциала самостоятельной работы в формирование познавательной самостоятельности происходит при условии ее рациональной организации, которая предусматривает планирование всех составляющих элементов самостоятельной работы, начиная с целей и заканчивая видами контроля.

На момент поступления в вуз только третья часть абитуриентов способны самостоятельно работать с различными источниками информации, около 75 % обучающихся, самостоятельно выполняющих действия по решению учебных задач и выполнению домашних заданий, нуждаются в дополнительных консультациях с преподавателем. Фактически около 90 % студентов испытывают потребность в помощи при выполнении различных учебных задач, в связи с чем роль педагогической поддержки студентов существенно возрастает.

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа (СРО) – это учебная, научно-исследовательская деятельность обучающегося, направленная на развитие общекультурных и профессиональных компетенций, которая осуществляется без непосредственного участия преподавателя.

Под развитием общекультурных и профессиональных компетенций понимается способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области, в том числе:

- навыки поиска и использования нормативной, правовой, справочной и специальной литературы, а также других источников информации;
- самостоятельное изучение вопросов и тем, определенных рабочей программой учебной дисциплины;
- качественное освоения и систематизация полученных теоретических знаний, их углубление и расширение в применении на уровне межпредметных связей;
- формирование умения применять полученные знания на практике (в профессиональной деятельности) и закрепление практических умений обучающегося;
- развитие познавательных способностей обучающегося, формирование самостоятельности мышления; развития активности, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование способностей к саморазвитию (самопознанию, самоопределению, самообразованию, самосовершенствованию, самореализации, саморегуляции);
- развитие научно-исследовательских навыков;
- развитие навыков межличностных отношений.

СРО является составной частью учебно-воспитательного процесса, направленного на подготовку квалифицированных специалистов для подразделений ГПС МЧС России, и организуется в соответствии с нормативными правовыми актами Министерства образования и науки Российской Федерации и МЧС России, регламентирующими организацию учебно-воспитательного процесса в образовательных учреждениях.

Отсутствие обучающегося на СРО без уважительных причины рассматривается как нарушение служебной дисциплины и влечет за собой меры дисциплинарного взыскания или общественного воздействия.

Для организации СРО необходимы следующие условия:

- готовность обучающегося к самостоятельному труду;
- мотивация получения знаний;
- наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;

- система регулярного контроля качества выполненной самостоятельной работы;

- консультационная помощь преподавателя.

Процесс организации самостоятельной работы обучающегося включает в себя следующие этапы.

1. Подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения и т.д.).

2. Основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы).

3. Заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Объем времени, отведенный на СРО по дисциплине, находит отражение:

- в рабочем учебном плане;

- в рабочей программе учебной дисциплины с распределением по разделам или конкретным темам.

СРО проводится в аудиториях, учебно-методических кабинетах, кабинетах кафедры, читальном зале библиотеки Института и т.д.

Задание на СРО обучающийся получает у преподавателя. При этом в обязательном порядке проводится инструктаж по его выполнению, включающий изложение цели задания, его содержания, сроков выполнения, ориентировочного объема работы, основных требований к результатам работы и к отчету по ним, сведения о возможных ошибках и критериях оценки выполнения работы.

Обучающийся обязан:

- своевременно выполнять задания по подготовке к очередным учебным занятиям, представлять их для проверки преподавателям кафедры;

- поддерживать порядок и тишину в учебных аудиториях, читальном зале библиотеки, учебно-методических кабинетах, бережно относиться к размещенному в них имуществу;

- во время проведения СРО осуществлять переход из аудитории в аудиторию, библиотеку, читальный зал только в перерыве и с разрешения находящегося в них командира группы.

Обучающийся имеет право:

- заниматься в аудиториях, закрепленных за учебными группами, в учебно-методических кабинетах, лабораториях кафедры, читальном зале;

- получать консультационную помощь у профессорско-преподавательского состава кафедры;

- в установленном порядке пользоваться фондами библиотеки, а также учебно-методических кабинетов кафедры.

Контроль и оценка выполнения СРО осуществляется преподавателем, ведущим дисциплину.

Контроль СРО подразделяется на текущий и итоговый. Текущий контроль предполагает проверку знаний вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение в соответствии с требованиями рабочей программы, и проводится на текущих практических, лабораторных, семинарских занятиях, на занятии КСР. Итоговый – на зачетах и экзаменах. Контроль может проходить в устной, письменной или смешанной форме с представлением обучающимися отчетов, продуктов своей творческой деятельности или путем демонстрации своих знаний и умений.

Критерии оценки результатов СРО определяются в зависимости от формы контроля самостоятельной работы (тест, решение задач, разгадывание кроссворда, работа с нормативной литературой и т.д.), при этом учитывается:

- уровень освоения учебного материала;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- полнота общеучебных представлений, знаний и умений по изучаемой теме, к которой относится данная самостоятельная работа;
- обоснованность и четкость изложения ответа на поставленный по внеаудиторной самостоятельной работе вопрос;
- оформление отчетного материала в соответствии с известными или заданными преподавателем требованиями, предъявляемыми к подобного рода материалам;
- умение активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- соблюдение установленных сроков представления работы на проверку.

## 2. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

### 2.1. Тестовые задания

В настоящее время одним из наиболее значимых в качественном изменении структуры и содержания учебного процесса признан технологический подход к обучению, имеющий четкую направленность на достижение поставленной цели. Технологический подход к организации самостоятельной работы обучаемых, с одной стороны, позволяет скоординировать все ее элементы, а с другой – обостряет проблему выбора соответствующего вида контроля для осуществления обратной связи в обучении. С точки зрения технологического подхода к обучению перспективным является тестовый контроль на основе применения критериально-ориентированных тестов, обеспечивающий оценку результатов в соответствии с ее целями.

В связи с вышесказанным обучаемым предлагается проработать представленные варианты тестовых заданий, основной целью которых служит – организация и оценка внеаудиторной работы обучаемых, при самостоятельном усвоении учебного материала в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Количество вариантов тестовых заданий зависит от числа обучаемых, подлежащих тестированию, т.е. каждый выполняет свой персональный тест. Один вариант включает в себя 20 заданий при среднем отводимом времени выполнения одного задания 2 мин. Результаты тестирования оценивают по следующему принципу:

| Количество<br>правильно выполненных заданий | Оценка за тест          |
|---|-------------------------|
| не менее 85%                                | 5 (отлично)             |
| не менее 70%                                | 4 (хорошо)              |
| не менее 50%                                | 3 (удовлетворительно)   |
| менее 50%                                   | 2 (неудовлетворительно) |

Приведенные критерии результатов тестирования носят рекомендательный характер и могут быть изменены в зависимости от уровня сложности применяемых тестовых заданий.

При составлении тестов учитывались следующие принципы: 1 – строгое соответствие источникам информации, которыми пользуются обучающиеся; 2 – простота – каждое задание предполагает ответ только на один вопрос; 3 – однозначность – формулировка задания исчерпывающим образом разъясняет поставленную задачу.

Пример тестового задания

| №<br>п/п | Текст задания   | Варианты ответа  |
|----------|---|--|
| 1        | Укажите, как может осуществляться аварийный слив жидкости из аппарата   | 1) с помощью насоса  |
|          |   | 2) путем подогрева жидкости  |
|          |   | 3) путем выдавливания инертной средой  |
|          |   | 4) путем охлаждения жидкости   |
| 2        | Укажите защитное устройство для предотвращения проскока пламени через дыхательные клапаны в емкости с горючими веществами | 1) сигнализатор  |
|          |   | 2) отрывная мембрана   |
|          |   | 3) огнепреградитель  |
|          |   | 4) хлопушка  |
| 3        | Анализ пожарной опасности технологических процессов производств в соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-98 не включает в себя    | 1) определение аппаратов, участков, цехов с горючей средой                       |
|          |   | 2) определение огнестойкости строительных конструкций                            |
|          |   | 3) анализ возможных источников зажигания внутри аппаратов, в помещении и снаружи |
|          |   | 4) разработку мероприятий противопожарной защиты                                 |
| 4        | Для хранения ЛВЖ и ГЖ не используются   | 1) резервуары  |
|          |   | 2) баки  |
|          |   | 3) эксгаустеры   |
|          |   | 4) бочки   |
| 5        | Горючая среда над поверхностью РВСПК с дизельным топливом не образуется, когда  | 1) $t_p > t_{всн}$ и $\varphi > НКПР$  |
|          |   | 2) $t_p < ВКПР$ и $\varphi > ВТПР$   |
|          |   | 3) $t_p < t_{всн}$ и $\varphi < НКПР$  |
|          |   | 4) $t_p < ВТПР$ и $\varphi < ВКПР$   |
| 6        | Приведите формулу расчета давления насыщенного пара при расчетной температуре горючей жидкости                            | 1)<br>$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left( A - \frac{B}{t_p + C} \right)}$               |
|          |   | 2)<br>$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left( \frac{A-B}{t_p + C} \right)}$                 |
|          |   | 3)<br>$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left( \frac{A+B}{t_p + C} \right)}$                 |
|          |   | 4)<br>$P_s = 10^5 \cdot 10^{\left( A - \frac{B}{t_p + C} \right)}$               |
| 7        | Определите вид соединений, относящийся к разъёмным  | 1) паяные  |
|          |   | 2) клееные   |
|          |   | 3) сварные   |
|          |   | 4) ниппельные  |
| 8        | Укажите возможную причину возникновения пожароопасной ситуации  | 1) остановка аппарата  |
|          |   | 2) ошибки в монтаже  |
|          |   | 3) ремонт аппарата   |
|          |   | 4) пуск аппарата в работу  |

Продолжение таблицы 1

| №<br>п/п | Текст задания   | Варианты ответа  |
|----------|---|--|
| 9        | Условием образования ВОК с поверхности разлива жидкости является  | 1) $\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_s$   |
|          |   | 2) $t_p \geq t_{\text{всп (о.т)}}$   |
|          |   | 3) $\varphi_p \approx \varphi_s$   |
|          |   | 4) $\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_s$ и $t_p \geq t_{\text{всп (о.т)}}$             |
| 10       | Укажите основной параметр источников зажигания  | 1) скорость действия   |
|          |   | 2) энергия   |
|          |   | 3) объём   |
|          |   | 4) масса   |
| 11       | Укажите защитное устройство, которое ограничивает растекание горючих жидкостей при аварии                   | 1) автоматическая задвижка   |
|          |   | 2) земляной вал  |
|          |   | 3) обратный клапан   |
|          |   | 4) гидрозатвор   |
| 12       | Жидкость относится к ЛВЖ, если  | 1) $t_{\text{всн}} \leq 28^\circ\text{C}$  |
|          |   | 2) $t_{\text{всн}} > 100^\circ\text{C}$  |
|          |   | 3) $t_{\text{всн}} > 61^\circ\text{C}$   |
|          |   | 4) $t_{\text{всн}} > 63^\circ\text{C}$   |
| 13       | Устройство местных отсосов над открытыми аппаратами с ЛВЖ и ГЖ приводит                                     | 1) к уменьшению $t_p$ паров ЛВЖ и ГЖ   |
|          |   | 2) к уменьшению $\varphi$ паров ЛВЖ и ГЖ   |
|          |   | 3) к увеличению $t_p$ паров ЛВЖ и ГЖ   |
|          |   | 4) к увеличению $\varphi$ паров ЛВЖ и ГЖ   |
| 14       | Коэффициент участия во взрыве будет равен 0,5 у следующего горючего   | 1) пары этанола  |
|          |   | 2) пары ацетона  |
|          |   | 3) водород   |
|          |   | 4) метан   |
| 15       | Что понимают под термином «Большое дыхание»   | 1) вытеснение паров из аппарата при заполнении его жидкостью                               |
|          |   | 2) вытеснение паров из аппарата в результате повышения температуры                         |
|          |   | 3) вытеснение паров из аппарата в результате понижения температуры                         |
|          |   | 4) выход паровоздушной смеси из аппарата наружу вследствие повышения атмосферного давления |
| 16       | Укажите, где следует располагать резервуарные парки по отношению к другим предприятиям и населённым пунктам | 1) на возвышенности  |
|          |   | 2) в низменности   |
|          |   | 3) на том же уровне  |
|          |   | 4) не имеет значения   |
| 17       | Виды повреждений технологического оборудования классифицируют следующим образом                             | 1) полное разрушение оборудования  |
|          |   | 2) локальное повреждение оборудования  |
|          |   | 3) точечное повреждение оборудования   |
|          |   | 4) язвенное повреждение оборудования   |

*Продолжение таблицы 1*

| №<br>п/п | Текст задания  | Варианты ответа                               |
|----------|--|---|
| 18       | Очистка теплообменных поверхностей в компрессоре позволяет снизить образование | 1) теплоты сжатия                             |
|          |  | 2) статических разрядов                       |
|          |  | 3) молний                                     |
|          |  | 4) фрикционных искр                           |
| 19       | Укажите, что необходимо учитывать при обосновании устройства аварийного слива  | 1) аппаратура с жидкостью располагается низко |
|          |  | 2) аппараты имеют небольшой объем             |
|          |  | 3) аппаратура располагается на высоте         |
|          |  | 4) жидкость в аппарате не пожароопасна        |
| 20       | Устойчивость огнегасящей насадки против взрыва обеспечивается                  | 1) взрывными мембранными устройствами         |
|          |  | 2) предохранительными клапанами               |
|          |  | 3) дыхательными клапанами                     |
|          |  | 4) клапанами-прерывателями                    |

## 2.2. Расчетные задания

При решении задач необходимо руководствоваться несколькими простыми правилами: внимательно прочитать условие задачи; записать, что дано; перевести, если это необходимо, единицы физических величин в единицы системы СИ; записать, если это необходимо, уравнение реакции и расставить коэффициенты; записать ответ.

### Примеры расчетного задания.

№1. Определить концентрацию насыщенного пара бутилового спирта ( $C_4H_9OH$ ), находящегося в «дышащем» аппарате при температуре  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (по уравнению Антуана).

### Решение

1. Определить давление насыщенного пара по уравнению Антуана:

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{t_p + C_a}\right)}, \quad (1)$$

где  $A, B, C_a$  – константы уравнения Антуана;  
 $t_p$  – рабочая температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(8,72232 - \frac{2664,684}{50 + 279,638}\right)} = 4351,635 \text{ Па}.$$

2. Определить концентрацию насыщенного пара:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p}, \quad (2)$$

где  $P_s$  – давление насыщенного пара, Па;

$P_p$  – рабочее давление в аппарате, Па,  $P_p = 101325 \text{ Па}$ .

$$\varphi_s = \frac{4351,635}{101325} = 0,043 \text{ об.доли}.$$

№2. Определить концентрацию насыщенного пара бензина АИ-95, находящегося в «дышащем» аппарате при температуре 30 °С (по формуле В.П. Сучкова).

#### Решение

1. Определить давление насыщенного пара по формуле В.П. Сучкова:

$$P_n = \frac{\exp[6,908 + 0,0443(t_p - 0,924 \cdot t_{всп} + 2,055)]}{1047 + 7,48 \cdot t_{всп}} \text{ кПа}, \quad (3)$$

где  $t_{всп}$  – температура вспышки нефтепродукта, °С;

$t_p$  – расчетная температура, °С.

$$P_n = \frac{\exp[6,908 + 0,0443(30 - 0,924 \cdot (-37) + 2,055)]}{1047 + 7,48 \cdot (-37)} = 21,08 \text{ кПа}$$

2. Определить концентрацию насыщенного пара:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p}$$

где  $P_s$  – давление насыщенного пара, Па;

$P_p$  – рабочее давление в аппарате, Па,  $P_p = 101,3 \text{ кПа}$ .

$$\varphi_s = \frac{21,08}{101,3} = 0,2 \text{ об.доли}.$$

№3. Соблюдены ли условия пожаровзрывобезопасности при хранении ацетона в аппарате, если рабочая концентрация паров данного вещества 0,11 об. долей (принять  $\varphi_p = \varphi_s$ )

#### Решение

1. Определить показатели пожаровзрывоопасности вещества с учетом коэффициентов безопасности:

$$\varphi_{p.без} \leq 0,9 \cdot (\varphi_{нпв} - 0,7 \cdot R), \quad (4)$$

ИЛИ

$$\varphi_{p.без} \geq 1,1 \cdot (\varphi_{нг} + 0,7 \cdot R) , \quad (5)$$

где  $\varphi_{нпв}$ ,  $\varphi_{впв}$  – нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, об. доли;

$R$  – воспроизводимость метода определения показателя пожарной опасности при доверительной вероятности 95%, об. доли.

$$\varphi_{p.без} \leq 0,9 \cdot (0,027 - 0,7 \cdot 0,003) ,$$

$$\varphi_{p.без} \leq 0,02241 ,$$

ИЛИ

$$\varphi_{p.без} \geq 1,1 \cdot (0,13 + 0,7 \cdot 0,006) ,$$

$$\varphi_{p.без} \geq 0,14762 .$$

Так как  $\varphi_p = 0,11$  об.доли и  $0,02241 \leq 0,11 \leq 0,14762$  , то среда в аппарате пожаровзрывоопасная.

№4. Определить область распространения пламени спирто - воздушных смесей (для метилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ ), нагретых до 350 °С.

#### Решение

При температурах в диапазоне от 25 до 150 °С нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени вычисляют по формулам:

$$\varphi_{нг}^{t_p} = \varphi_{нг} \left( 1 - \frac{t - 25}{1250} \right) , \quad (6)$$

$$\varphi_{внг}^{t_p} = \varphi_{внг} \left( 1 + \frac{t - 25}{800} \right) , \quad (7)$$

где  $\varphi_{нг}$ ,  $\varphi_{внг}$  – нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, об. доли.

$$\varphi_{нг}^{t_p} = 0,0698 \cdot \left( 1 - \frac{350 - 25}{1250} \right) = 0,052 \text{ об.долей} ,$$

$$\varphi_{внг}^{t_p} = 0,355 \cdot \left( 1 + \frac{350 - 25}{800} \right) = 0,499 \text{ об.долей} .$$

№5. Определить количество горючих паров, вышедших наружу из вертикального стального резервуара объемом  $1000\text{ м}^3$  через дыхательное устройство, при большом дыхании. Емкость заполнена на 80% бензином АИ-92. Температура воздуха равна  $16^\circ\text{С}$ .

### Решение

1. Определить объем поступающей в аппарат жидкости:

$$V_{\text{ж}} = \varepsilon \cdot V_{\text{ап}}, \quad (8)$$

где  $\varepsilon$  – степень заполнения аппарата, %;

$V_{\text{ап}}$  – объем аппарата,  $\text{м}^3$ .

$$V_{\text{ж}} = 0,8 \cdot 1000 = 800 \text{ м}^3.$$

2. Определить давление насыщенного пара по уравнению Антуана (или по формуле В.П. Сучкова):

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{t_p + C_a}\right)},$$

где  $A, B, C_a$  – константы уравнения Антуана;

$t_p$  – температура воздуха,  $^\circ\text{С}$ .

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(4,12311 - \frac{664,976}{16 + 221,695}\right)} = 21159,628 \text{ Па}.$$

3. Определить концентрацию насыщенного пара:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p},$$

где  $P_s$  – давление насыщенного пара, Па;

$P_p$  – атмосферное давление, Па,  $P_p = 101325 \text{ Па}$ .

$$\varphi_s = \frac{21159,628}{101325} = 0,209 \text{ об.доли}.$$

4. Определить количество горючих паров, выходящих из аппарата при "большом дыхании":

$$G_6 = V_{\text{ж}} \cdot \frac{P_p}{T_p} \cdot \varphi_s \cdot \frac{M}{8314,31}, \quad (9)$$

где  $V_{\text{ж}}$  – объем жидкости в аппарате,  $\text{м}^3$ ;

$P_p$  – атмосферное давление, Па,  $P_p = 101325 \text{ Па}$ ;

$T_p$  – рабочая температура, К;

$\varphi_s$  – концентрация насыщенного пара;

$M$  – молярная масса;

8314,31 – универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль·К).

$$G_6 = 800 \cdot \frac{101325}{289} \cdot 0,209 \cdot \frac{97}{8314,31} = 683,913 \text{ кг / цикл}.$$

№6. Определить количество горючих паров, вышедших наружу из вертикального стального резервуара объемом 5000 м<sup>3</sup> через дыхательное устройство, при малом дыхании. В емкости находится 4000 м<sup>3</sup> бензина АИ-92. Температура воздуха в летний период днем равна 42 °С, а ночью 33 °С.

### Решение

1. Определить давление насыщенного пара по уравнению Антуана (или по формуле В.П. Сучкова) при разных температурах:

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{t_p + C_a}\right)},$$

где А, В, С<sub>а</sub> – константы уравнения Антуана;

$t_p$  – температура воздуха, °С.

$$P_{s1} = 10^3 \cdot 10^{\left(4,12311 - \frac{664,976}{42 + 221,695}\right)} = 39934,488 \text{ Па},$$

$$P_{s2} = 10^3 \cdot 10^{\left(4,12311 - \frac{664,976}{33 + 221,695}\right)} = 32526,563 \text{ Па}.$$

2. Определить концентрацию насыщенного пара при разных температурах:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p},$$

где  $P_s$  – давление насыщенного пара, Па;

$P_p$  – атмосферное давление, Па,  $P_p = 101325 \text{ Па}$ .

$$\varphi_{s1} = \frac{39934,488}{101325} = 0,394 \text{ об.доли},$$

$$\varphi_{s2} = \frac{32526,563}{101325} = 0,321 \text{ об.доли}.$$

3. Определить среднюю концентрацию насыщенного пара:

$$\varphi_{s(cp)} = \frac{\varphi_{s1} + \varphi_{s2}}{2}, \quad (10)$$

где  $\varphi_{s1}$  – объемная доля насыщенных паров при температуре 42 °С;  
 $\varphi_{s2}$  – объемная доля насыщенных паров при температуре 33 °С.

$$\varphi_{s(cp)} = \frac{0,394 + 0,321}{2} = 0,3575 \text{ об.доли}.$$

4. Определить паровоздушный объем аппарата:

$$V_{cv} = V_{an} - V_{жс}, \quad (11)$$

где  $V_{an}$  – объем аппарата, м<sup>3</sup>;  
 $V_{жс}$  – объем жидкости в аппарате, м<sup>3</sup>.

$$V_{cv} = 5000 - 4000 = 1000 \text{ м}^3.$$

5. Определить количество горючих паров, выходящих из аппарата при "малом дыхании":

$$G_M = V_{cv} \cdot P_p \cdot \left( \frac{1 - \varphi_{s1}}{t_1 + 273} - \frac{1 - \varphi_{s2}}{t_2 + 273} \right) \cdot \frac{\varphi_{s(cp)}}{1 - \varphi_{s(cp)}} \cdot \frac{M}{8314,31}, \quad (12)$$

где  $V_{cv}$  – паровоздушный объем аппарата, м<sup>3</sup>;  
 $P_p$  – атмосферное давление, Па,  $P_p = 101325 \text{ Па}$ ;  
 $\varphi_{s1}$  – объемная доля насыщенных паров при температуре 42 °С;  
 $t_1$  – температура воздуха в летний период днем, °С;  
 $\varphi_{s2}$  – объемная доля насыщенных паров при температуре 33 °С;  
 $t_2$  – температура воздуха в летний период ночью, °С;  
 $\varphi_{s(cp)}$  – средняя концентрация насыщенного пара;  
 $M$  – молярная масса;  
 $8314,31$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль·К).

$$G_M = 1000 \cdot 101325 \cdot \left( \frac{1 - 0,394}{42 + 273} - \frac{1 - 0,321}{33 + 273} \right) \cdot \frac{0,3575}{1 - 0,3575} \cdot \frac{97}{8314,31} = 194,285 \text{ кг / цикл}.$$

№7. Пересчитать значение нижнего концентрационного предела распространения пламени толуола из об. долей в кг/м<sup>3</sup>. Рабочее давление паровоздушной смеси в аппарате – атмосферное, температура 30 °С.

### Решение

1. Определить объем, занимаемый килограмм-молекулой газа при заданной температуре и давлении:

$$V_t = V_0 \cdot \frac{T_p}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P_p}, \quad (13)$$

где  $V_0$  – мольный объем,  $\text{м}^3/\text{кмоль}$ ,  $V_0 = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ ;

$T_p$  – рабочая температура, К;

$T_0$  – начальная температура, К;

$P_0$  – начальное (атмосферное) давление, Па,  $P_0 = 101325 \text{ Па}$ ;

$P_p$  – рабочее давление, Па.

$$V_t = 22,4 \cdot \frac{303}{273} \cdot \frac{101325}{101325} = 24,862 \text{ м}^3 / \text{кмоль}.$$

2. Перевести нижний концентрационный предел распространения пламени из объемных долей в  $\text{кг}/\text{м}^3$ :

$$\varphi_n^{\text{кг}/\text{м}^3} = \frac{\varphi_n^{\text{об.д}} M}{V_t}, \quad (14)$$

где  $\varphi_n^{\text{об.д}}$  – нижний концентрационный предел распространения пламени, об. доли;

$M$  – молярная масса;

$V_t$  – объем, занимаемый килограмм-молекулой газа,  $\text{м}^3/\text{кмоль}$ .

$$\varphi_n^{\text{кг}/\text{м}^3} = \frac{0,0127 \cdot 92,14}{24,862} = 0,047 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

№8. Определить высоту обвалования для группы вертикальных стальных резервуаров (РВС) со стационарной крышей номинальной емкостью  $5000 \text{ м}^3$  каждый, расположенных в одном ряду. Известно, что общее число резервуаров в парке составляет 4 шт. В резервуарах хранится нефть.

### Решение

1. Определить диаметр резервуаров, расположенных в одной группе:

Так как  $V_p^{5000} = 5000 \text{ м}^3$ , то  $d_p^{5000} = 21 \text{ м}$ .

2. Определить расстояние между резервуарами, расположенными в одной группе:

Так как РВС со стационарной крышей, максимальный объем одного резервуара не более  $50000 \text{ м}^3$  и хранится нефть ( $t_{\text{ecn}} \leq 45^\circ \text{C}$ ), то:

$$0,75 \cdot d_p \leq r_{p-p} \leq 30 \text{ м}, \quad (15)$$

где  $r_{p-p}$  – расстояние между резервуарами, м;

$d_p$  – диаметр резервуара, м.

$$15,75 \text{ м} \leq r_{p-p} \leq 30 \text{ м} .$$

Принимаем  $r_{p-p} = 17 \text{ м}$ .

3. Определить расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования:

Так как РВС объемом до  $10000 \text{ м}^3$ , то:

$$r_{p-n} \geq 3 \text{ м} ,$$

где  $r_{p-n}$  – расстояние между стенкой резервуара и подошвой внутренних откосов обвалования, м.

Принимаем  $r_{p-n} = 3 \text{ м}$

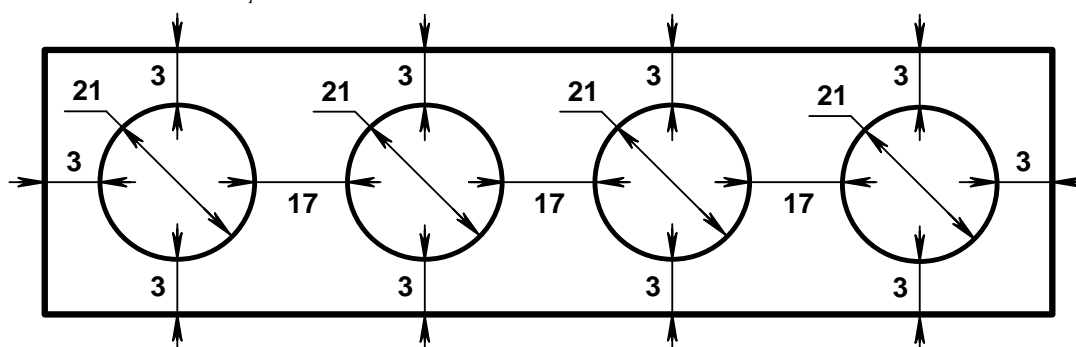


Рисунок – Группа резервуаров объемом  $5000 \text{ м}^3$

4. Определить площадь обвалования:

$$S_{обв} = a \cdot b, \quad (16)$$

где  $a$  – длина обвалования, м;

$b$  – ширина обвалования, м.

$$a = 3 + 21 + 17 + 21 + 17 + 21 + 17 + 21 + 3 = 141 \text{ м} ,$$

$$b = 3 + 21 + 3 = 27 \text{ м} ,$$

$$S_{обв} = 141 \cdot 27 = 3807 \text{ м}^2 .$$

5. Определить площадь основания разрушенного резервуара ( $V_p^{авар} = V_p^{5000} = 5000 \text{ м}^3$ ):

$$S_p^{авар} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (17)$$

где  $\pi$  – константа (лудольфово число),  $\pi = 3,14$ ;

$d_p$  – диаметр резервуара, м.

$$S_p^{5000} = \frac{3,14 \cdot 21^2}{4} = 346,185 \text{ м}^2.$$

6. Определить площадь, на которую может разлиться жидкость в результате разрушения одного резервуара:

$$S_{св} = S_{обв} - \sum S_{рез}, \quad (18)$$

где  $S_{обв}$  – площадь обвалования,  $\text{м}^2$ ;

$\sum S_{рез}$  – площадь не разрушенных резервуаров, расположенных в одной группе,  $\text{м}^2$ .

$$S_{св} = 3807 - (346,185 + 346,185 + 346,185) = 2768,445 \text{ м}^2.$$

7. Определить высоту разлившейся жидкости:

$$h_{жс} = \frac{V_p^{авар}}{S_{св}}, \quad (19)$$

где  $V_p^{авар}$  – объем разрушенного резервуара,  $\text{м}^3$ ;

$S_{св}$  – свободная площадь, на которую может разлиться жидкость в результате разрушения одного резервуара,  $\text{м}^2$ .

$$h_{жс} = \frac{5000}{2768,445} = 1,806 \text{ м}.$$

8. Определить высоту обвалования:

$$h_{обв} = h_{жс} + 0,2, \quad (20)$$

где  $h_{жс}$  – высота разлившейся жидкости, м.

$$h_{обв} = 1,806 + 0,2 = 2,006 \text{ м}.$$

### **2.3. Задания в виде кроссвордов**

Учебный кроссворд – это дидактическая игра, которая содержит в первую очередь учебную задачу.

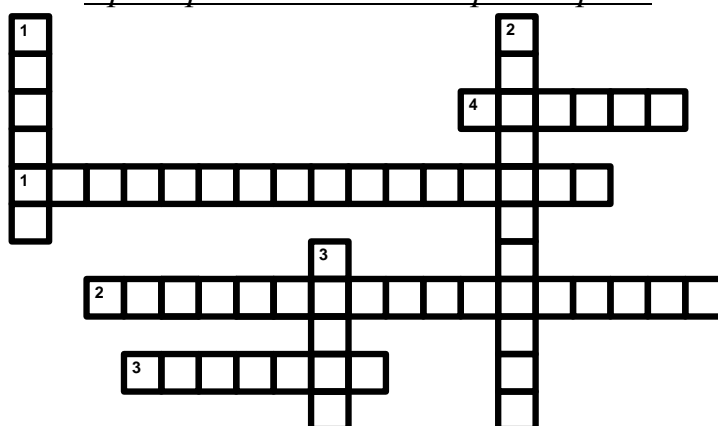
Кроссворд одна из самых удобных игровых форм для повторения изученного материала и проверки знаний обучающегося.

Также такой вид контроля имеет большое значение для повышения интереса к обучению. Если во время обычной контрольной работы обучающийся находится в стрессовом состоянии, то кроссворд ассоциируется у него с игрой: всегда есть возможность угадать забытый термин. Разгадывая кроссворд, он получает объективную информацию о результатах своей учебной деятельности.

Метод проверки знаний в виде кроссворда позволяет:

- снять эмоциональное напряжение во время контроля благодаря игровой форме проверки;
- угадать забытое слово, зная остальные;
- сократить время на запись ответа;
- уменьшить трудоемкость проверки.

Пример задания в виде кроссвордов



По горизонтали

1. Устройство на сбросных и факельных трубах, на резервуарах и ёмкостях с горючими жидкостями, на газовых коммуникациях и др. для прекращения распространения пламени?
2. Вид коррозии, при котором разрушение металла происходит под воздействием возникающих в коррозионной среде гальванических элементов?
3. Авария с гибелью не менее десяти человек?
4. Механический износ материала движущейся средой?

По вертикали

1. Какое разрушение технологического оборудования характеризуется выходом всего содержимого наружу?
2. Аппарат, у которого внутреннее пространство полностью изолировано от окружающей среды?
3. Неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства?

Ответы к кроссворду:

| № вопроса | По горизонтали    | По вертикали |
|-----------|-------------------|--------------|
| 1         | Огнепреградитель  | Полное       |
| 2         | Электрохимическая | Герметичный  |
| 3         | Крупная           | Пожар        |
| 4         | Эрозия            | -            |

#### ***2.4. Задания по изучению нормативной литературы***

Специалисты, деятельность которых неразрывно связана с обеспечением пожарной безопасности, должны быть в курсе нормативной базы МЧС. Для того чтобы ориентироваться в данной сфере, а также обладать максимумом информации по вопросам, касающимся пожарной безопасности технологических процессов, необходим ежедневный мониторинг актуальной литературы в данной области.

Различного рода нормативно-правовые документы составляют основу нормативной базы МЧС, которая содержит в себе основную актуальную информацию. Ознакомление и последующее освоение такой информации необходимо не только при изучении дисциплины пожарная безопасность технологических процессов, но и в целом для того, чтобы обучающийся ориентировался в сфере пожарной безопасности. К слову, грамотная и умелая работа с нормативной литературой по пожарной безопасности – это неотъемлемая часть, системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты.

#### ***Примерный список литературы***

Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

Федеральный закон 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – М.: Госстандарт России, 2012.

ГОСТ 12.1.044-89\*. СТ СЭВ 1495-79. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М.: Издательство стандартов, 1991.

СНиП 21-01-97\*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.

ППБ 79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации нефтеперерабатывающих предприятий.

Правила противопожарного режима в Российской Федерации.

СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001.

СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности

ВНЭ 5-79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности.

## ***2.5. Письменный ответ на вопрос***

Ответ на вопрос должен быть лаконичным, сопровождаться конкретным изложением материала и исчерпывающим. При необходимости в письменном ответе допускается приводить цитаты, ссылки на источники не повествуемой информации, схемы или рисунки.

### ***Примерный список вопросов***

1. Основные направления в обеспечении пожарной безопасности технологических процессов. Требования ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» по вопросам обеспечения пожарной безопасности производственных объектов.

2. Мероприятия, направленные на исключение или снижение горючей среды, источников зажигания и ограничение распространения пожара.

3. Анализ возможности образования взрывоопасной концентрации в аппаратах с горючими пылями и способы обеспечения пожарной безопасности.

4. Особенности образования взрывоопасной концентрации в технологическом оборудовании при пуске в работу и остановке на осмотр или ремонт и способы обеспечения пожарной безопасности.

5. Технические решения, направленные на снижение пожаровзрывоопасности производств при наличии аппаратов с открытой поверхностью испарения.

6. Профилактические мероприятия, направленные на уменьшение пожаровзрывоопасности запылённых помещений.

7. Причины и условия образования в аппаратах и трубопроводах полимерных, ледяных и кристаллогидратных пробок.

8. Опасность разрушения оборудования при действии низкой температуры и способы обеспечения пожарной безопасности.

9. Определение размеров зон взрывоопасных концентраций на наружных технологических установках.

10. Аварийный слив горючих жидкостей из аппаратов: определение продолжительности аварийного слива, требования к системе аварийного слива.

11. Основные принципы категорирования помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон РФ от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – М.: Стандартинформ, 2014.
4. ГОСТ 12.1.044–89\* ССПБ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
5. СНиП 21-01-97\*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
6. ППБ 79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации нефтеперерабатывающих предприятий.
7. Правила противопожарного режима в Российской Федерации: утв. Постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012г. № 390.– Екатеринбург: Калан. 2012.– 84с.
8. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
9. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001.
10. СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности
11. ВНЭ 5-79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности.
12. Пособие по применению НПБ 105-95 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности при рассмотрении проектно-сметной документации.
13. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. в 2ч. Справочник / Под ред. А. Н. Баратова и А. Я. Корольченко – М.: 1990.
14. Абрамов А. С. Пожарная безопасность технологических процессов производств. – Омск : ООО «Промбезопасность», 2009. – 467 с.
15. Алексеев М. В. Основы пожарной профилактики в технологических процессах производства. – М.: Высш.шк., 1972.
16. Баратов А. Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. изд. В 2 книгах; кн. 1. – М.: Химия, 1990. – 496 с.; кн. 2. – М.: Химия, 1990. – 384 с.
17. Волков О. М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. – М., 1984. – 152 с.
18. Волков О.М., Проскуряков Г.А., Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов: – М.: Недра, 1981. – 255 с.

19. Гельфанд Б.Е. Взрывобезопасность: учебник. – СПб.: Астерион, 2006.
20. Клубань В.С., Петров А.П., Рябиков В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса. – М.: Стройиздат, 1987. – 477 с.
21. Контобойцев Е. А., Сатюков Р. С. Расчет индивидуального и социального пожарного риска для наружных технологических установок [Текст]: учебно-метод. пособие. – Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2012. – 66 с.
22. Корольченко А. Я., Загорский Д. О. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности: учеб пособие. – М.: Пожнаука, 2010. – 118 с.
23. Логинов Ф.Л. Противопожарные мероприятия при окраске и сушке изделий. – М.: Стройиздат, 1973. – 128 с.