



Академия гражданской защиты МЧС ДНР

ISSN 2415-7392

(E) ISSN 2415-7406

Научный журнал

ВЕСТНИК

АКАДЕМИИ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Выпуск

Июнь

2(14), 2018

**МИНИСТЕРСТВО ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ
СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АКАДЕМИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ»
МИНИСТЕРСТВА ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ
СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ВЕСТНИК
АКАДЕМИИ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

ОСНОВАН В МАРТЕ 2015 ГОДА ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

ИЮНЬ

ВЫПУСК 2 (14), 2018

**THE MINISTRY FOR CIVIL DEFENCE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF
CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS OF
DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC**

**THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC**

**STATE EDUCATIONAL INSTITUTION OF
HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION
"THE CIVIL DEFENCE ACADEMY" OF THE
MINISTRY FOR CIVIL DEFENCE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF
CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTER OF
DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC**

Civil Defence Academy Journal

SCIENTIFIC JOURNAL

FOUND ON MARCH, 2015 PUBLICATION FREQUENCY 4 TIMES A YEAR

JUNE

ISSUE 2 (14), 2018

УДК 355.58(477.62)

Вестник Академии гражданской защиты: научный журнал. – Донецк: ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2018. – Вып. 2 (14). – 97 с.

Вестник Академии гражданской защиты выпускается по решению Учёного совета ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Протокол № 1 от 12.09.2017 г.).

Свидетельство Министерства информации Донецкой Народной Республики о регистрации средства массовой информации «Вестник Академии гражданской защиты» серия ААА № 000154 от 22 августа 2017 г. (как журнала).

Свидетельство Министерства информации Донецкой Народной Республики о регистрации средства массовой информации «Вестник Академии гражданской защиты» серия ААА № 000160 от 15 сентября 2017 г. (как сетевого издания).

Вестник Академии гражданской защиты включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) (договор № 489-12/2017 от 12.12.2017 г.).

Входит в утвержденный перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и ученой степени доктора наук (ВАК ДНР) (приказ МОН ДНР № 1145 от 07.11.2017 г.).

ISSN: 2415-7392; (E) ISSN 2415-7406.

Целью журнала «Вестник АГЗ» является информирование научной общественности и профильной читательской аудитории о новейших технических разработках и тенденциях в области техносферной безопасности и природообустройства; развитие современных психолого-педагогических направлений подготовки студентов высших учебных заведений и сотрудников МЧС ДНР; обеспечение научных дискуссий для апробации и популяризации приоритетных научных исследований и направлений отрасли.

Материалы сборника рассчитаны на сотрудников учебных и научно-исследовательских организаций и учреждений, преподавателей, аспирантов, сотрудников МЧС и представителей промышленного комплекса.

Учредитель и издатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Академия гражданской защиты» Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики.

Главный редактор: П.В. Стефаненко, полковник службы гражданской защиты, д-р пед. наук, профессор, Заслуженный работник образования Украины, академик Международной Академии безопасности жизнедеятельности, ректор ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР.

Ответственный секретарь: О.Э. Толкачев, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой пожаротушения, пожарной и аварийно-спасательной подготовки ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР.

Редакционная коллегия: К.Н. Лабинский, д-р техн. наук, доц.; М.Б. Старостенко, канд. техн. наук, доц.; В.В. Шепелев, канд. техн. наук, доц.; В.Г. Агеев, д-р техн. наук, с.н.с.; С.П. Греков, д-р техн. наук, с.н.с.; В.В. Мамаев, д-р техн. наук, с.н.с.; П.С. Пашковский, д-р техн. наук, проф.; Ю.Ф. Булгаков, д-р техн. наук, проф.; С.В. Борщевский, д-р техн. наук, проф.; О.Г. Каверина, д-р пед. наук, проф.; Е.И. Приходченко, д-р пед. наук, проф.; В.В. Паслен, канд. техн. наук, доц.; С.В. Константинов, канд. техн. наук, доц.; А.В. Оводенко, канд. техн. наук, доц.; Н.В. Шолух, д-р архитектуры, проф.

Рекомендован к печати решением Учёного совета ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Протокол № 10 от 29.06.2018 г.).
Подписано в печать 29.06.2018 г.

© Авторы статей, 2018
© ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2018

UDK 355.58(477.62)

Civil Defence Academy Journal: Scientific Journal. – Donetsk: "The Civil Defence Academy" of EMERCOM of DPR, 2018. – Issue 2 (14). – 97 p.

Civil Defence Academy Journal has been accepted by the Academic Council of "The Civil Defence Academy" of EMERCOM of DPR on September 12, 2017 (Minutes No 1).

The Donetsk People's Republic Ministry of Information Certificate on registration of Civil Defence Academy Journal series AAA No. 000154 dated August 22, 2017 (As a journal).

The Donetsk People's Republic Ministry of Information Certificate on registration of Civil Defence Academy Journal series AAA No. 000160 dated September 15, 2017 (As a network issue).

The journal is included in the database of the "Russian Science Citation Index" on December 12, 2017 (Decree № 489-12/2017).

The journal is included in the approved list of peer-reviewed scientific publications, in which basic scientific results of dissertations for the degree of candidate of science and doctorate should be published, on November 07, 2016 (Higher Attestation Commission of Donetsk People's Republic) (Decree of the Ministry of Education and Science No1145 dated November 07, 2017).

Civil Defence Academy Journal for the ISSN Code: 2415-7392; (E) ISSN 2415-7406.

The aim of Civil Defence Academy Journal is to inform scientific society and field-specific reader's audience of the latest technical research and trends in the field of technospheric safety and environmental engineering; to develop contemporary psychological and pedagogical training programs of students and specialists of EMERCOM of DPR; to provide scientific discussions and approval as well as promotion of the top scientific research and branch.

Topics covered in Civil Defence Academy Journal are intended for scientific research organizations and institutions, lecturers, post-graduates, specialists of EMERCOM of DPR and representatives of industrial complex.

Founder and Publisher: State Educational Institution of Higher Professional Education "The Civil Defence Academy" of the Ministry of Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disaster of Donetsk People's Republic.

Editor in Chief: Prof. P.V. Stefanenko, Colonel of the Civil Defence Service, Doc. of Ped. Sc., Fellow of Educational Society of Ukraine, Member of International Civil Protection Academy, Rector of "The Civil Defence Academy" of EMERCOM of DPR.

Executive Secretary: Ass. Prof. O.E. Tolkachyov, Cand. of Tech. Sc., Head of a Fire Extinguishment, Emergency and Rescue Training Department of "The Civil Defence Academy" of EMERCOM of DPR.

Editorial Board: Ass. Prof. K.N. Labinskiy, Doc. of Tech. Sc.; Ass. Prof. M.B. Starostenko, Cand. of Tech. Sc.; Ass. Prof. V.V. Shepelev, Cand. of Tech. Sc.; SRF. V.G. Ageyev, Doc. of Tech. Sc.; SRF. S.P. Grekov, Doc. of Tech. Sc.; SRF. V.V. Mamayev, Doc. of Tech. Sc.; Prof. P.S. Pashkovskiy, Doc. of Tech. Sc.; Prof. Y.F. Bulgakov, Doc. of Tech. Sc.; Prof. S.V. Borshchevskiy, Doc. of Tech. Sc.; Prof. O.G. Kaverina, Doc. of Ped. Sc.; Prof. K.I. Prikhodchenko, Doc. of Ped. Sc.; Ass. Prof. V.V. Paslyon, Cand. of Tech. Sc.; Ass. Prof. S.V. Konstantinov, Cand. of Tech. Sc.; Ass. Prof. A.V. Ovodenko, Cand. of Tech. Sc.; Prof. N.V. Sholukch, Doc. of Arch. Sc.

Recommended for printing by the Academic Council of "The Civil Defence Academy" of EMERCOM of DPR on June 29, 2018 (Minutes № 10).
Signed for printing on June 29, 2018

© (Author's Full Name), 2018
© "The Civil Defence Academy" of EMERCOM of DPR, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ИХ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

Соколянский В.В. Системы противопожарной защиты. Что?.. Зачем?.. Почему?.....	5
Высоцкий С.П., Гулько С.Е. Экологические риски и особенности использования шахтных вод для подпитки тепловых сетей.....	20

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Зенченков И.П. Современные тенденции в системе профессионального образования.....	27
Романько В.В., Бойко В.Н. Опыт применения интерактивных методов обучения на кафедре английского языка ДонНТУ.....	33
Борщ И.В., Горбылёва Е.В. Методы формирования практической направленности будущих инженеров средствами иностранных языков: результаты констатирующего этапа.....	39
Фёдорова А.А. Теоретико-методологические основы применения психолого-педагогических арт-коучинговых трансформационных игр в управлении саморазвитием представителей сферы образования.....	44
Сторож Р.И. Факторы, влияющие на выбор рабочей профессии.....	52
Приходченко Е.И. Педагогическая герменевтика как наука и искусство толкования текста: средовый подход.....	56
Приходченко Е.И. Генезис европейской образовательной среды в ВУЗе: условия её реализации.....	61

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Кипря А.В., Манжос Ю.В., Сокуренок Е.Л., Суркова А.О. Влияние технологических параметров на состав и выход продуктов термической переработки отходов пластмасс.....	65
Волкова Е.И. Химические основы расчетов тепловыделения в процессах горения.....	74

РАДИОТЕХНИКА И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Лозинская В.Н., Долгих И.П. Переход оператора мобильной связи к SDN-решениям.....	82
--	----

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

Гаврилина А.В., Долбня Н.В. Моделирование оценки затрат металлургического предприятия, связанных с загрязнением окружающей среды.....	89
--	----

УДК 614.841.41.001.5

ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ГОРЕНИЯ

Волкова Елена Ивановна, канд. хим. наук, доцент,
доцент кафедры общей химии
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»
e-mail: volkova5401@yandex.ru
Тел.: +38 (062) 301-09-43

В статье рассмотрены основные моменты в формировании целостного подхода к обучению специалистов по пожарной и техносферной безопасности, проанализированы межпредметные связи основных курсов, изучение которых запланировано учебными планами для данных специальностей. Для определения параметров процессов, связанных с теплотыделением, и прогнозирования поведения материалов в различных условиях специалист должен владеть базовыми знаниями в области химии, знать основные закономерности протекания тепловых процессов, иметь информацию о свойствах материалов, что даст возможность уверенно применять эти знания на практике. Поэтому для успешной подготовки квалифицированных специалистов в области пожаротушения необходимы знания фундаментальных общеобразовательных дисциплин, начиная с таких как химия во всех ее проявлениях: общая, неорганическая и органическая химия, физическая химия, коллоидная химия.

Ключевые слова: горение; окислительно-восстановительные реакции; закон Гесса; тепловой эффект.

Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями. Обеспечение пожарной безопасности ориентировано на обеспечение жизнедеятельности человека в наиболее безопасных условиях, что становится возможным при учете всех факторов риска, могущих привести к возгоранию тех или иных веществ и материалов, оборудования, строений или сооружений.

Профессионально подготовленные специалисты в области пожаротушения должны:

- иметь основные представления о показателях пожаровзрывоопасности веществ и материалов;
- классифицировать вещества и материалы, а также процессы, протекающие с их использованием, по уровню пожароопасности;
- знать и уметь применять на практике основные приемы расчета объема теплотыделения в различных химических процессах;
- уметь качественно и количественно оценивать кинетические параметры протекающих процессов теплотыделения;
- проводить расчет материального баланса процессов горения с учетом индивидуальных свойств веществ и материалов, а также условий протекания этих процессов.

Несмотря на то, что во многих учебных пособиях по процессам горения и взрыва приводится методика тепловых расчетов процессов горения, как правило, использованные методические и математические приемы ориентированы на студентов старших курсов без ссылки на уже изученные разделы химии, такие как:

- стехиометрические расчеты;
- строение атома и периодический закон Д.И. Менделеева;
- химическая связь;
- дисперсные системы, растворы;
- общая и химическая термодинамика;
- окислительно-восстановительные реакции и электрохимические процессы.

А между тем, именно на занятиях по изучению перечисленных тем закладываются основы профессиональных знаний и умений будущих специалистов по пожарной и техносферной безопасности.

В данной статье проведен анализ общедидактических принципов вузовского обучения, форм и методов организации познавательной деятельности студентов. Особое внимание уделено технологиям проблемного обучения, а также идее целостности знаний студентов.

Изложение основного материала исследования. Современная высшая школа ориентирована на предметное изучение и блочное построение изложения дисциплин [1]. Контроль знаний и умений студентов логично завершает процесс изучения каждой части учебного материала. Для формирования этой логичной последовательности служит рабочая программа дисциплины. В рабочей программе по каждой специальности реализуется стремление преподавателя создать у обучающихся современное целостное представление о науке, выработать интегральный тип познания. Как правило, в рабочей программе разрабатывается структурно-логическая схема курса и определяется место изучаемой дисциплины в учебном процессе. Также приводится перечень дисциплин, обеспечивающих изучение данного курса, и тех дисциплин, изучение которых невозможно без знаний и умений, приобретенных в изучаемом курсе.

Например, курс «Общая и неорганическая химия» является базовым для курсов аналитической, физической, органической и коллоидной химии, поверхностных явлений и дисперсных систем, основ экологии и безопасности жизнедеятельности, физики и химии твердого тела, химического и физического материаловедения.

Таким образом, химия закладывает основы для дальнейшего изучения многих спецкурсов, обязательных для подготовки специалистов по пожаротушению и техносферной безопасности.

В данном случае имеет место проявление одного из общедидактических принципов в системе высшего профессионального образования – принципу межпредметных связей [5]. Сопоставление и согласованное изучение законов, теорий, понятий, общих для взаимосвязанных предметов, общенаучных методов познания и методологических принципов, формирование общих видов деятельности и системы отношений – это и есть проявление этого принципа.

Термин «профессиональное образование» на сегодняшний день означает «результат профессионального обучения и воспитания, профессионального становления и развития личности человека» [4, с. 45]. В качестве одной из основных целей профессионального образования признается создание условий для овладения профессиональной деятельностью, получения квалификации или, в необходимых случаях, переквалификации для включения человека в общественно полезный труд в соответствии с его интересами и способностями. Для каждого отдельного индивидуума профессиональное образование означает следующее:

- средство самореализации и самоутверждения личности, поскольку человек раскрывает свои способности в профессиональном труде;
- средство устойчивости, социальной самозащиты и адаптации человека в условиях рыночной экономики, как его собственность, «которой он распоряжается или будет распоряжаться как субъект на рынке труда» [4, с. 148].

Формирование необходимого комплекса знаний для воспитания профессионалов высокого уровня, владеющих всеми необходимыми навыками и умениями, следует начинать с первого года обучения в вузе.

Преподаватель по любой дисциплине, запланированной учебным планом, должен разработать строгую последовательность изложения учебного материала, ориентированную на формирование мотивированного изучения данной дисциплины, на построение системы знаний студентов, необходимой и достаточной для полноценного овладения ими основами профессиональной деятельности.

На первое место выдвигается поиск возможностей соединения теоретических знаний студентов с их практическими потребностями. Создание возможности применения теоретических знаний в практической деятельности студентов непосредственно в процессе обучения становится первоочередной задачей, стоящей перед каждым преподавателем вуза.

Дисциплина «Общая и неорганическая химия» планируется как базовая для подготовки студентов, обучающихся по направлениям 20.05.01 «Пожарная безопасность» и 20.03.01 «Техносферная безопасность». В техническом вузе преподавание данной дисциплины начинается с первого курса. Это означает, что обучение студентов проводится на базе среднего или среднего профессионального образования, обеспечивающего необходимый минимум знаний для изучения химии.

Рассмотрим последовательность формирования мотивированно сознательного подхода к проведению расчетов материального баланса процессов горения и взрыва при изучении курса «Общая и неорганическая химия» студентами 1-го курса технического вуза [3].

Процессы горения, протекающие в самых разных условиях, – при возникновении и развитии лесных пожаров, при сжигании нефтепродуктов, дров или каменного угля, при работе двигателей внутреннего сгорания – имеют одинаковую физико-химическую природу, являясь окислительно-

восстановительными быстропротекающими экзотермическими процессами. Различие между процессами горения в топочных устройствах и при пожарах заключается, прежде всего, в масштабах и условиях тепло- и массообмена. Основной особенностью явлений горения является возможность их самоподдерживания и саморазвития. Реализуясь при высокой температуре, реакции горения сами и создают эту температуру. В расчетах также следует учитывать наличие критических условий возникновения и способности распространения горения по горючей смеси.

Простейшие стехиометрические расчеты, позволяющие определить химическую формулу горючего вещества и, тем самым, отнести данное соединение к определенной группе горючих веществ, базируются на основных законах химии. Это:

- законы сохранения (массы, энергии, заряда);
- закон постоянства состава;
- закон кратных отношений;
- закон объемных отношений;
- объединенный газовый закон.

Для вывода *эмпирических* формул, выражающих простейший состав молекулы, необходимо знать, из каких элементов образовано вещество, их массовые доли и относительные атомные массы. Для вывода *истинных* или *молекулярных* формул, соответствующих действительному числу атомов каждого элемента в молекуле, необходимо также знать молярную массу вещества. Эту величину можно определить по плотности вещества, по массовой доле элемента в составе молекулы сложного вещества, для органических горючих веществ можно использовать общую формулу данного класса соединений, а также воспользоваться химическим уравнением реакции горения вещества, записанным в общем виде.

В последнем случае можно предложить следующий алгоритм решения. Если в процессе горения участвует, например, органическое вещество состава $C_xH_yO_z$, в отсутствие катализатора углерод образует CO_2 , водород – H_2O . Определение формулы сложного органического соединения по продуктам сгорания рекомендуется проводить по следующей схеме:

1. Составить уравнение реакции горения вещества, подобрать стехиометрические коэффициенты.
2. Если известна относительная плотность паров горючего вещества неизвестного состава, вычислить его молекулярную массу.
3. По стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции определить количество вещества $n(A)$ всех участников реакции по формуле

$$n(A) = \frac{m(A)}{M(A)} = \frac{V(A)}{V_m} \quad (1)$$

где $M(A)$ – молярная масса вещества A , г/моль; V_m – молярный объем, л/моль (при нормальных условиях, $P = 101325$ Па, $t = 0^\circ C$, для любого газа $V_m = 22,4$ л/моль).

4. По стехиометрическим соотношениям в уравнении реакции и уравнению

$$M_r(C_xH_yO_zN_k) = xA_r(C) + yA_r(H) + zA_r(O) \quad (2)$$

где x, y, z – число атомов углерода, водорода и кислорода в молекуле вещества;
 A_r – относительная атомная масса соответствующего элемента;
 определить неизвестные индексы x, y и z в формуле вещества.

Задачи для практических занятий по данной теме следует подбирать с учетом профессиональной направленности подготовки будущих специалистов, каждый раз подчеркивая, что эти расчеты будут необходимы в их дальнейшей практической деятельности. Такой несложный прием поддерживает интерес студентов к изучаемой теме и ориентирует их на длительное запоминание учебного материала.

Приемы оценивания быстроты распространения процесса горения закладываются при изучении темы «Химическая кинетика». Скорости всех элементарных химических процессов являются непрерывными функциями концентраций реагирующих веществ и температуры. Поскольку скорость реакции зависит от температуры по экспоненциальному закону, а от концентраций реагирующих веществ – по степенному, влияние нагрева, как правило, более существенно. Точный вид температурной зависимости дает уравнение **Аррениуса (1889 г.)**:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (3)$$

где k – константа скорости химической реакции; A – предэкспоненциальный множитель, который зависит от частоты столкновений молекул при данной температуре ($\approx 10^{12} \div 10^{14} \text{ с}^{-1}$); e – основание натурального логарифма ($e = 2,718$); $R = 8,31 \text{ Дж/моль}$; K – молярная газовая постоянная; T – температура (К); E_a – энергия активации.

В расчетах материального баланса процессов горения следует учитывать изменение давления в системе при образовании газообразных продуктов сгорания. В данном случае необходимо ориентироваться на составленное химическое уравнение реакции горения и закон действующих масс, устанавливающий количественную связь между скоростью реакции и изменением количеств веществ: скорость прямой одностадийной химической реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам перед этими веществами в уравнении реакции.

На практических и лабораторных занятиях по теме «Химическая кинетика» следует обратить внимание студентов на тот факт, что кроме математически более строгой температурной зависимости в виде уравнения Аррениуса существует эмпирическое правило Вант-Гоффа, справедливое в области умеренных температур для гомогенных и большинства гетерогенных реакций: при постоянных концентрациях реагирующих веществ увеличение температуры на 10 градусов приводит к возрастанию скорости реакции в 2-4 раза.

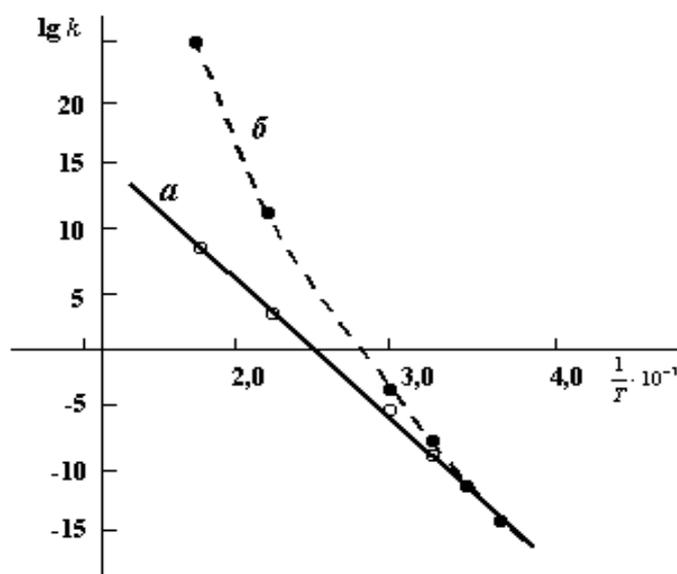
Ограниченность применения правила Вант-Гоффа для кинетических расчетов можно оценить графическим методом. В качестве расчетной работы можно предложить студентам построить график зависимости $\lg k$ (k – константа скорости реакции) от $1/T$. Например, для реакции разложения оксида азота (V)



по экспериментальным данным [6] для констант скорости при разных температурах:

T, K	273	293	313	338	438	538
$k, \text{с}^{-1}$	$7,7 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	29,03	6207

можно построить (см. рисунок) кривые температурной зависимости скорости данной реакции по уравнению Аррениуса (кривая *a*) и уравнению Вант-Гоффа (кривая *b*):



Зависимость константы скорости реакции от $1/T$. Объяснения в тексте.

Видно, что уравнение Вант-Гоффа дает значения, сильно отличающиеся от экспериментальных в большую сторону. Линия *b* совпадает с линией *a* только в небольшом интервале температур, что наглядно доказывает ограниченность применения уравнения Вант-Гоффа для кинетических расчетов [2].

Законы химической термодинамики позволяют вычислить необходимые для описания процессов горения параметры: коэффициент расширения продуктов сгорания при начальных условиях, отношения теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме как для исходной смеси, так и для продуктов сгорания; состав продуктов сгорания.

Тепловой эффект реакции горения, рассчитанный по закону Гесса, равен низшей теплоте сгорания индивидуальных горючих химических соединений и их смесей. В таких расчетах принимают, что реакции, протекающие с выделением теплоты, являются *экзотермическими*, для таких реакций изменение энтальпии $\Delta H_{\text{реакц}} < 0$, количество теплоты $Q_p > 0$, а реакции, сопровождающиеся поглощением теплоты, являются *эндотермическими*, для таких реакций $\Delta H_{\text{реакц}} > 0$, $Q_p < 0$.

Для удобства тепловых расчетов горючие вещества по их химическому составу можно разделить на три группы, возможные химические формулы которых составляются в полном соответствии с законами стехиометрических соотношений:

– *индивидуальные химические вещества*, состав которых может быть выражен химической формулой (например, C_2H_2 , C_2H_5OH , CO);

– *вещества сложного состава*, который не может быть выражен определенной химической формулой (например, каменный уголь, торф, древесина, дизельное топливо, нефть, сложные полимеры);

– *смеси газов* с известной объемной долей каждого компонента.

Расчетные формулы для определения низшей теплоты образования горючих веществ разного типа приведены в таблице.

Таблица

Тип горючего вещества	Расчетные формулы	Размерность
Индивидуальные вещества	$Q_H = \sum_i (n_i \cdot \Delta H_i) - \sum_j (n_j \cdot \Delta H_j)$ (4)	кДж/моль
Вещества сложного состава (формула Менделеева)	$Q_H = 339,4C + 1257H - 108,9(O - S) - 25,14(9H + W)$ (5)	кДж/кг
Смесь газов	$Q_H = \frac{\sum Q_{Hi} \varphi_{Gi}}{100}$ (6)	кДж/моль кДж/м ³

где ΔH_i , ΔH_j – соответственно теплота образования *i*-го конечного продукта горения и *j*-го исходного вещества; n_i , n_j – число моль *i*-го продукта реакции и *j*-го исходного вещества в уравнении реакции горения; C, H, S, W – содержание углерода, водорода, серы и влаги в составе вещества, масс. %; O – сумма массовых долей кислорода и азота, масс. %; Q_{Hi} – низшая теплота сгорания *i*-го горючего компонента газовой смеси, кДж/моль; φ_{Gi} – содержание *i*-го горючего компонента в газовой смеси, об. %.

Таким образом, с первых практических занятий по общей химии закладываются основы тепловых расчетов процессов горения и взрыва.

После изучения основных разделов химии, необходимых для проведения количественных расчетов тепловыделения в процессах горения, студентам первого курса можно предложить расчетные задачи на составление материального баланса процессов горения.

Существуют несколько основных типов таких заданий.

В качестве примера рассмотрим методику расчета количества воздуха, необходимого для полного сгорания смеси газов объемом V_G , м³ в закрытом помещении и на открытом пространстве при коэффициенте избытка воздуха, равном α_B [3].

При таких расчетах считают, что закрытое помещение герметично, в нем протекают только процессы полного горения, а самозатухание пожара наступает при снижении концентрации кислорода до 14%.

Основой для расчета расхода воздуха на горение являются величины числа моль n_{iO_2} кислорода, а также объемных долей горючих компонентов газовой смеси в реакциях их полного горения.

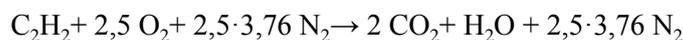
Будем считать, что окислителем в процессе горения является кислород воздуха, поэтому для решения некоторых практических задач противопожарной защиты необходимо знать количество воздуха, требуемое для полного сгорания единицы количества различных веществ или материалов.

Значения этой величины нужны, например, для того, чтобы определить, какое количество того или иного вещества может выгореть до самопроизвольного потухания в замкнутом помещении, содержащем заданный объем воздуха.

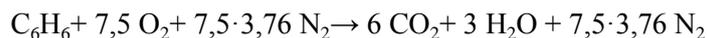
В качестве исходных возьмем следующие данные: горючее вещество – смесь газов состава C_2H_2 – 25%, $(C_6H_6)_Г$ – 35%, CO – 10%, CO_2 – 23%, N_2 – 7%; объем горючей смеси $V_Г = 40 м^3$, температура окружающей среды $t_{атм} = 10^\circ C$; атмосферное давление $P_{атм} = 90,6$ кПа; коэффициент избытка воздуха $\alpha_B = 1,1$; свободный объем помещения $V_{св} = 1000 м^3$.

Рассмотрим возможные окислительно-восстановительные процессы, которые могут протекать при горении такой смеси газов. В данной смеси горючими компонентами являются ацетилен C_2H_2 , пары бензола C_6H_6 и оксид углерода CO . Углекислый газ CO_2 и азот N_2 , являются негорючими компонентами и, следовательно, на расход воздуха при горении не влияют.

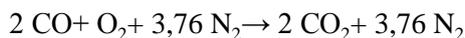
Запишем химические уравнения реакций полного горения горючих компонентов смеси и подберем стехиометрические коэффициенты, что позволит определить число моль кислорода и число моль соответствующего компонента смеси, участвующих в процессе горения:



$$n_{O_2} = 2,5 \text{ моль}; n_Г = 1 \text{ моль}$$



$$n_{O_2} = 7,5 \text{ моль}; n_Г = 1 \text{ моль}$$



$$n_{O_2} = 1 \text{ моль}; n_Г = 2 \text{ моль}.$$

Теоретически необходимый объем V_B^o воздуха для горения газовой смеси известного состава

$$V_B^o = \frac{\sum_i \left(\frac{n_{iO_2}}{n_{iГ}} \cdot \varphi_i \right) - \varphi_{O_2}}{1} = \frac{2,5 \cdot 25 + 7,5 \cdot 35 + \frac{1}{2} \cdot 10 - 0}{21} \approx 15,7 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

где n_{iO_2} , $n_{iГ}$ – соответственно число моль кислорода и горючего вещества в реакции полного горения i -го горючего компонента смеси;

φ_i – объемная доля i -го горючего компонента в составе смеси, %;

φ_{O_2} – объемная доля кислорода в исходной смеси (в данном случае кислород в смеси отсутствует, т.е. $\varphi_{O_2} = 0$).

Для газовых смесей перерасчет объема V_B^o по уравнению Менделеева-Клапейрона для заданных атмосферного давления $P_{атм}$ и температуры $t_{атм}$ не требуется, т.е.

$$V_B^{o'} = V_B^o = 15,7 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Объем воздуха V_B' , расходуемый на сгорание $40 м^3$ газовой смеси на открытом пространстве составит:

$$V_B' = V_B^{o'} \cdot V_Г = 15,7 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \cdot 40 \text{ м}^3 = 628 \text{ м}^3$$

С учетом избытка воздуха α_B объем воздуха $V_B^{\Delta V'_B}$, расходуемого при сгорании заданного объема горючей смеси:

$$V_B^{\Delta V'_B} = V'_B \cdot \alpha_B = 628 \text{ м}^3 \cdot 1,1 = 690,8 \text{ м}^3$$

Для закрытого помещения, где самозатухание наступает при снижении содержания кислорода до 14%, коэффициент избытка воздуха α'_B составляет:

$$\alpha'_B = \frac{21}{21 - \varphi_{O_2}^{\text{п.г.}}} = \frac{21}{21 - 14} = 3$$

Для сгорания заданного объема горючей смеси в закрытом помещении необходим объем воздуха:

$$V_B^{\varphi_{\text{зат}}} = V'_B \cdot \alpha'_B = V'_B \cdot 3 = 628 \cdot 3 = 1884 \text{ м}^3$$

Для помещения, свободный объем которого составляет 1000 м³, соблюдается условие:

$$V_B^{\varphi_{\text{зат}}} > V_{\text{св}}$$

Следовательно, воздуха в данном помещении для полного выгорания 40 м³ газовой смеси не хватит, произойдет самопроизвольное прекращение процесса горения.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Таким образом, при изучении практически всех разделов курса общей химии существует возможность нацелить студентов на мотивированное длительное запоминание учебного материала. Необходимо формировать последовательность изучаемых разделов таким образом, чтобы параллельно формировалась логическая связь между изучаемым материалом и будущими профессионально направленными спецкурсами.

На приведенных выше примерах расчетов тепловыделения в процессах горения показано, что каждый этап изучения курса общей химии при тщательно продуманном строении курса и обдуманном подборе иллюстративного материала является очередной ступенькой в профессиональной подготовке будущих специалистов по пожаротушению и техносферной безопасности. Следование общедидактическим принципам в системе высшего профессионального образования, а именно, принципу межпредметных связей, позволяет уже на первом курсе обучения заложить основы профессионального образования, профессионального становления и развития специалистов высокого уровня с креативным мышлением и умением в самой сложной ситуации дать правильную оценку происходящему и скорректировать не только свои действия, но и действия подконтрольной им группы специалистов.

Библиографический список

1. Буланова-Топоркова, М. В. Педагогика и психология высшей школы : учеб. пособие / М. В. Буланова-Топоркова, С. И. Самыгин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. – 544 с.
2. Волкова, Е. И. Организация научно-исследовательской работы студентов / Е. И. Волкова // Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы : материалы VIII междунар. практ. семинара, 17-20 апр. 2007 г. – Донецк ; Таганрог. – Т. 1. – С. 87-92.
3. Волкова, Е. И. Практикум по химии. Процессы горения и взрыва / Е. И. Волкова, Т. П. Кулишова. – Харьков : ФЛП Панов В. А., 2017. – 98 с.
4. Новиков, А. М. Профессиональное образование в России / А. М. Новиков. – Москва : Академия, 1997. – 450 с.
5. Попков, В. А. Дидактика высшей школы / В. А. Попков, А. В. Коржуев. – Москва : Педагогика, 2004. – 192 с.
6. Курс загальної хімії у прикладах / В. В. Приседський [та ін.]. – Донецьк : Друк-Інфо, 2012. – 367 с.

© Е.И. Волкова, 2018

Рецензент канд. техн. наук, доц. О.Э. Толкачёв

Статья поступила в редакцию 22.02.2018

CHEMICAL BASIS FOR HEAT RELEASE IN COMBUSTION PROCESSES

Elena Ivanovna Volkova, Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor,
Assistant Professor of the Department of General Chemistry
Donetsk National Technical University
e-mail: volkova5401@yandex.ru
Phone: +38 (062) 301-09-43

The article considers the main points in the formation of a holistic approach to training specialists in fire and technospheric security, analyzed the intersubject connections of the main courses, the study of which is planned by curricula for these specialties. To understand the regularities of the processes associated with heat generation and the behavior of materials in different conditions, the specialist must have basic knowledge in the field of chemistry, know the basic laws of the course of thermal processes, and have information about the properties of materials, which will enable us to apply this knowledge confidently in practice. Therefore, for the successful preparation of qualified specialists in the field of firefighting, knowledge of basic general education disciplines is required, beginning with chemistry in all its manifestations: general, inorganic and organic chemistry, physical chemistry, colloid chemistry.

Keywords: *slaughter; oxidative-recreational reactions; the law of Hess; the warm effect.*