

ФИЛИАЛ «ИНСТИТУТ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ»  
УНИВЕРСИТЕТА ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ МЧС БЕЛАРУСИ



**ЗАЩИТА ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ:  
ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ВЗРОСЛЫХ**

Сборник материалов международной научно-практической онлайн  
конференции  
8 сентября 2021 года

Светлая Роща, 2021

УДК 614.8(061.3)

ББК 68.9

П71

**Организационный комитет конференции:**

*Рудольф В.С., начальник филиала ИППК Университета гражданской защиты МЧС Беларуси;*

*Камлюк А.Н., кандидат физ.-матем. наук, доц., заместитель начальника Университета гражданской защиты МЧС Беларуси по научной и инновационной деятельности;*

*Бабич В.Е., канд. техн. наук, доц.; заместитель начальника филиала ИППК Университета гражданской защиты МЧС Беларуси;*

*Каван С., доктор тех. наук, заместитель начальника Управления Южно-Чешского края;*

*Кузей А.М., доктор тех. наук, доц., профессор кафедры специальной подготовки филиала ИППК Университета гражданской защиты МЧС Беларуси;*

*Филипчик А.В., канд. техн. наук, профессор кафедры повышения квалификации филиала ИППК Университета гражданской защиты МЧС Беларуси;*

*Кондратович А.А., канд. техн. наук, доц., профессор кафедры повышения квалификации филиала ИППК Университета гражданской защиты МЧС Беларуси;*

*Тупеко С.С., канд. юрид. наук, доц. кафедры повышения квалификации филиала ИППК Университета гражданской защиты МЧС Беларуси;*

*Кудряшов В.А. канд. тех. наук, доц., начальник отдела научной и инновационной деятельности Университета гражданской защиты МЧС Беларуси.*

Ответственный секретарь – *Шумило О.Н.*

**П71      Защита от чрезвычайных ситуаций: инновации и перспективы дополнительного образования взрослых:** сб. материалов междунар. науч.- практ. онлайн конф., Светлая Роща, 8 сентября 2021 г. – Светлая Роща: Филиал ИППК, 2021. – 192 с.

Материалы не рецензировались, ответственность за содержание несут авторы.

УДК 614.8(061.3)

ББК 68.9

© Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации» Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, 2021

**ТАРАХНО Е.В., СКОРОДУМОВА О.Б., ТРЕГУБОВ Д.Г.** (*Национальный университет гражданской защиты Украины*). Научные основы создания эластичных огнезащитных покрытий по текстильным материалам на основе кремнийорганических соединений. 152

**ТРЕГУБОВ Д.Г.** (*Национальный университет гражданской защиты Украины*). Нелинейность массовых скоростей выгорания углеводов разных гомологических рядов. 155

**ХАБИБУЛЛАЕВ А.Ж. АМЕТОВ Я.И., МИРИСАЕВ А.У.** (*Ташкентский архитектурно-строительный институт*). Превентивный метод предотвращения взрывов нефтехранилищ улавливанием паров нефтепродуктов. 159

**ХАКИМОВ А.М., МАХМАНОВ Д.М.** (*Ташкентский архитектурно-строительный институт*). Важность решений экологических проблем топливно-энергетического комплекса. 162

**ХАРИН В.В., МАШТАКОВ В.А., КОНДАШОВ А.А., УДАВЦОВА Е.Ю., БОБРИНЕВ Е.В.** (*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России*). Показатели мониторинга оценки последствий чрезвычайных ситуаций. 165

**ХАЧАТРЯН А.М., МАРГАРЯН Л.А.** (*ГАКУ МЧС РА, Ереванского государственного университета*). Оценка эффективности экологических мероприятий по повышению сейсмической безопасности города Капан. 168

### **СЕКЦИЯ 3.**

**Технические средства, оборудование и инструмент для выполнения аварийно-спасательных работ.** 170

**БАБИЧ В.Е.** (*Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации» УГЗ МЧС Беларуси*). Механизм процесса изнашивания алмазных зерен при резании различных материалов при ликвидации чрезвычайных ситуаций. 170

**КАВАН С.** (*МВД Южно-Чешского края, Чешская Республика*). Повышение эффективности применения абразивных отрезных кругов при ликвидации чрезвычайных ситуаций. 173

текстильных материалов, исходя из уровня теплового воздействия на поверхность защищенного материала.

На основании сформулированных теоретических положений по огнезащите текстильных материалов комплексными покрытиями разработаны практические рекомендации по выбору рецептуры огнезащитных комбинированных гелевых покрытий, расходов, условий нанесения и сушки, необходимых для эффективной огнезащиты текстильных материалов различного назначения от теплового воздействия пожара или открытого огня.

Для определения соответствия результатов экспериментальных исследований, проведенных на разработанных и усовершенствованных лабораторных установках, достоверности сделанных на их основе выводов по огнезащитной эффективности разработанных композиций проводили определение параметров пожарной безопасности обработанных образцов текстильных материалов по стандартным методикам. Установлено, что хлопчатобумажные образцы, пропитанные разработанной композицией, являются: трудно воспламеняющимися, с малой (низкой) дымообразующей способностью, трудногорючими материалами, не распространяющими пламя.

Таким образом, установлено, что нанесение комплексных композиций на основе кремнийорганических гелей и химически активных замедлителей горения не только замедляет термодеструкцию текстильных материалов за счет протекания эндотермических процессов в гелевом покрытии, замедляет реакции гетерогенного и газофазного окисления за счет протекания процессов коксообразования и ингибирования активных центров пламени, но и способствует угнетению процесса дымообразования при воздействии открытого пламени или теплового воздействия пожара на защищенные покрытием текстильные материалы. Обобщающие выводы являются теоретическими основами получения эластичных комплексных кремнийорганических огнезащитных покрытий по текстильным материалам.

**УДК 614.841:544.169**

## **НЕЛИНЕЙНОСТЬ МАССОВЫХ СКОРОСТЕЙ ВЫГОРАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ РАЗНЫХ ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ**

Трегубов Д.Г., кандидат технических наук, доцент

Тарахно Е.В., доктор технических наук, доцент

Трегубова Ф.Д., студентка

Национальный университет гражданской защиты Украины

*Аннотация.* Проанализировано влияние на свойства вещества, в том числе на массовую скорость выгорания ( $V_m$ ), длины молекулы углеводородов разных гомологических рядов. Показано наличие периодичности в значениях температур плавления и  $V_m$  жидких углеводородов по принципу «четных-нечетных» молекул. Аппроксимирована зависимость температур плавления *n*-алканов от длины углеродной цепи. Предложена аналитическая зависимость для расчетного прогноза  $V_m$  *n*-алканов и *n*-спиртов на основании значений температур плавления и самовоспламенения, а также молярной массы.

*Ключевые слова:* углеводород, температура плавления, температура самовоспламенения, массовая скорость выгорания, расчет.

## NONLINEARITY OF MASS VELOCITIES OF BURNING FOR HYDROCARBONS FROM DIFFERENT HOMOLOGICAL SERIES

Tregubov DG, Ph.D, Associate Professor

Tarahno EV, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Tregubova FD, Student

National University of Civil Defence of Ukraine

*Annotation.* An influence on the properties of the substance, including on the mass rate of burnout of the length of molecules for hydrocarbons of different homological series, is analyzed. The presence of oscillativity of melting points and  $V_m$  of liquid hydrocarbons for "even-odd" molecules is shown. The dependence of the melting temperatures of n-alkanans from the length of the carbon chain is approximated. Analytical dependence for the estimated prediction of VM n-alkanans and n-alcohols based on the values of melting and self-ignition temperatures, as well as the molar mass is proposed.

*Keywords:* hydrocarbon, melting point, self-ignition temperature, bulk burnout rate, calculation.

Массовая скорость выгорания – важный показатель пожарной опасности веществ в жидком и твердом состоянии. Однако для последних методик расчетного прогноза параметров пожарной опасности практически не существует. Это во многом объясняется нелинейностью свойств даже для веществ, которые принадлежат к одному гомологическому ряду. Обычно учитывают вклад в расчетный параметр инкрементов для типа и количества атомов, химических связей, функциональных групп и др., а также некоторые теплофизические характеристики вещества.

Температура плавления ( $t_{пл}$ ) относится к основным параметрам, которые определяют как общие свойства, так и опасность хранения веществ. Но зависимость увеличения  $t_{пл}$  в одном гомологическом ряду углеводородов имеет не плавный, а колебательный характер. Так, у «соседей» по ряду циклоалканов – циклопентан и циклогексан – разница в  $t_{пл}$  составляет более 100 К, а циклопентан плавится тяжелее циклобутана. Это связано с образованием надмолекулярных структур кластерного типа (димеров), различиями в пространственном строении и др. Без учета колебательных отклонений от общей зависимости трудно прогнозировать свойства вещества. Такие эффекты обуславливают периодичность значений  $V_m$  n-алканов и n-спиртов [1], а также их температур плавления [2]; этот эффект интенсивно проявляется для циклоалканов, слабее – для алкенов. Колебательность проявляется в том, что молекулы с «четным» и «нечетным» количеством атомов углерода имеют различные зависимости роста  $t_{пл}$ , а также  $V_m$ . Из этого следует, что строение кластеров должно отличаться для «четных» и «нечетных» молекул, маркером этого может быть разница в «эквивалентной длине» кластера (эквивалентную длину молекул рассчитывают при прогнозировании температур самовоспламенения ( $T_{св}$ ) [3].

Если бы изменение  $t_{пл}$  в гомологическом ряду зависело бы только от молярной массы, то такая зависимость должна была бы быть линейной. Но для алканов это наблюдается некоторой степени только на отрезках  $n_C = 2-8$  и  $n_C > 30$ , наименее линейный отрезок –  $n_C = 9-29$ . Данную систему можно аппроксимировать для «четных» молекул в  $n_C = 8 - t_{пл} = 22n_C - 227,3$ ; для «нечетных» –  $t_{пл} = 24,275n_C - 260,53$ ; и для всех молекул для  $n_C = 9-29 - t_{пл} = 5,56n_C - 85,3$ ; для  $n_C = 30-100 - t_{пл} = 0,7057n_C + 44,629$  (в °С). Для больших «длин» колебательность значений  $t_{пл}$  менее заметна. Данные формулы дают коэффициент корреляции для n-алканов 0,98 и среднее отклонение 7 °С.

Классы углеводородов по возрастанию эффекта нелинейности  $t_{пл}$  располагаются так: алкены, алканы, алкины и циклоалканы. Начиная с  $n_C = 7$  зависимости для алканов и алкинов почти совпадают, но с противофазностью колебаний  $t_{пл}$ . Такая колебательность незначительна для алкенов. Наибольшая амплитуда колебания  $t_{пл}$  наблюдается для алкинов и циклоалканов. Чем больше молярная масса молекулы, тем больше  $t_{пл}$  вещества; чем

сильнее межмолекулярные связи, тем больше  $t_{пл}$  вещества. Можно сделать предположения: 1) у циклоалканов межмолекулярные связи из указанных классов соединений – сильнее, у алкенов – слабее; 2) циклоалканы с данным количеством атомов углерода образуют наиболее массивные, алкены – наименее массивные кластеры; 3) эквивалентная длина кластера – больше у циклоалканов, меньше – у алкенов.

Осцилляционные зависимости роста  $t_{пл}$  в гомологических рядах углеводородов можно объяснить удлинением межмолекулярных структур за счет образования димеров или больших кластеров. Так, что для «четных» и «нечетных» молекул образуются димеры различного строения вследствие наличия угла взаимодействия в цепи атомов углерода. Первые члены гомологических рядов углеводородов линейного строения имеют увеличенную  $t_{пл}$ , что свидетельствует об образовании кластеров по принципу тримера или тетрамера (с меньшей эквивалентной длиной). Соответственно, первые члены гомологических рядов по данным свойствам выпадают из общих зависимостей и не могут быть учтены в ней без специальных замечаний.

Существует корреляция между  $t_{пл}$  и  $V_m$  углеводородов. На рис.1 показаны зависимости известных  $V_m$  [1] для алканов и спиртов нормального и изостроения (с одной и двумя изомерными группами), приведенные к наименьшему значению в данном диапазоне длин молекул по количеству атомов углерода ( $V_{m\min}$ : 0,04 г/(м<sup>2</sup>с) для додекана и 0,026 кг/(м<sup>2</sup>с) для метанола). Также на графике приведены экспериментальные данные-[4] (технический метанол и этанол содержали воду).

Анализ данных по  $V_m$ , рис.1: 1. Существует колебательный характер зависимости для «четных» и «нечетных» молекул в результате разной упаковки на надмолекулярном уровне. 2. Колебательность  $V_m$  в ряду n-алканов менее интенсивна, чем для n-спиртов, поскольку алканы имеют слабее межмолекулярное взаимодействие. 3. До  $n_C=5-6$  наблюдается рост зависимости для  $V_m$ , а дальше – падение. Рост молярной массы и температуры кипения определяет торможение испарения; снижение же температуры самовоспламенения ( $T_{св}$ ) ускоряет процесс зажигания. Поскольку для метанола наблюдается сниженная  $V_m$ , можно говорить, что фактор большой  $T_{св}$  влияет больше, чем малая молярная масса. 4. Для изомерных молекул наблюдаются положительные и отрицательные отклонения от зависимости для соединений нормального строения. Соединения с одной метильной группой ведут себя как более длинные; а с несколькими изомерными группами – имеют неожиданно большую  $V_m$ , несмотря на большую  $T_{св}$ , что можно объяснить образованием кластеров меньшего размера (с меньшим координационным числом). 5. Технический метанол и этанол являются азеотропом с водой. Причем,  $V_m$  таких смесей оказалась больше, чем для чистых жидкостей. Возникновение такого феномена можно также объяснить образованием кластеров меньшего размера.

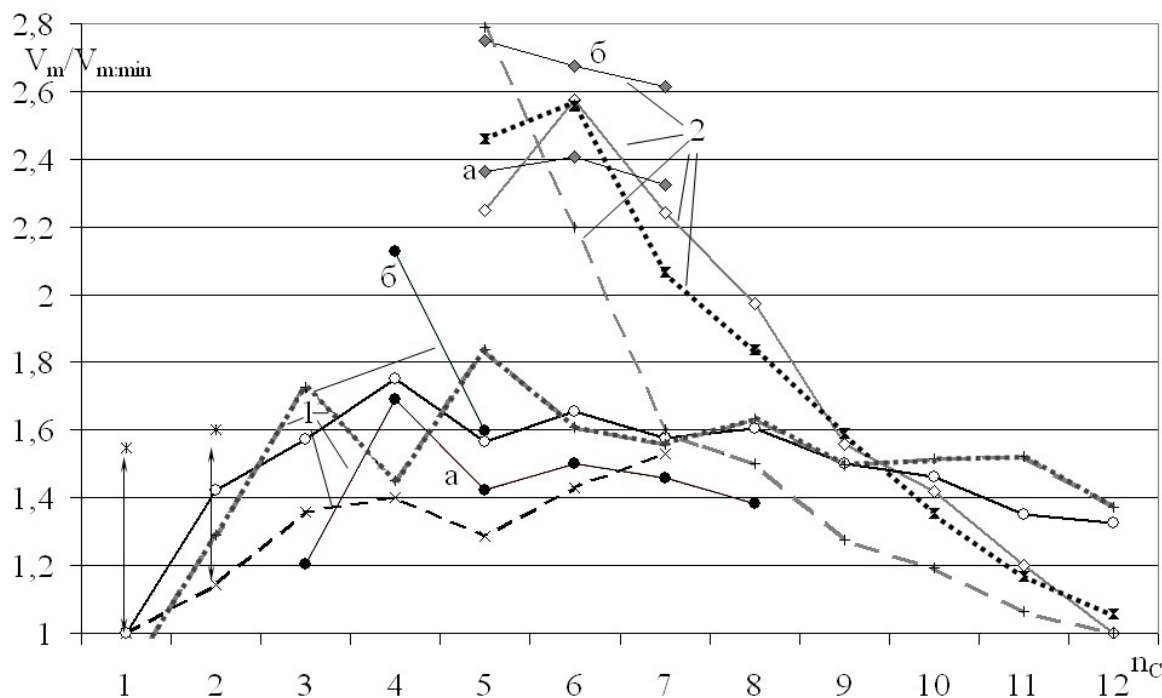


Рис. 1. Справочные (сплошные линии) и экспериментальные (пунктирные линии) данные для относительных скоростей выгорания ( $V_m/V_{m:min}$ ): 1 – н-спирты; 2 – н-алканы; о,  $\diamond$  – соединения нормального строения; ●,  $\blacklozenge$  – соединения изомерной строения; ж – спирты с содержанием воды; «●●●●» – расчет по формулам (1) или (2)

Проведена аппроксимация значений  $V_m$  для алканов и спиртов нормального строения с количеством атомов углерода до 12 (полученные графические зависимости отражены на рис.1.) исходя из значений температур плавления и самовоспламенения (в К), а также молярной массы:

$$V_m = 10^{15} / (M^{1.9} (810 - T_{пл})^{1.5} T_{св}^3), \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с}), \quad (1)$$

$$V_m = 0,042 \cdot 10^{15} / (M^{0.2} (T_{пл})^{1.5} T_{св}^3), \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с}), \quad (2)$$

Для спиртов сложность аппроксимации состояла в том, что наименьшую  $t_{пл}$ , как и у алканов, имеет третий представитель гомологического ряда – пропанол, поэтому не удалось в полной мере учесть колебательность зависимости. Таким образом, феномен влияния кластерного строения твердого состояния вещества сохраняется и для его жидкого состояния, что отмечено при исследовании  $V_m$  углеводородов (гомологические ряды спиртов и алканов).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев А.А., Трегубов Д.Г., Лещева В.А. Исследование тушения спиртов сухим и смоченным пеностеклом. *Проблемы пожарной безопасности*. №47. 2020. С. 35–44.
2. Трегубов Д.Г. та ін. Осциляційність характерних температур н-алканів внаслідок кластерної будови речовини. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. №32. 2020. С. 14–30.
3. Тарахно О.В., Жернокльов К.В., Трегубов Д.Г. та ін. Теорія розвитку та припинення горіння. Харків: НУЦЗУ, 2010. 309 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3233>

4. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: в 2 кн. М., 2004. 1448 с.

5. Тарахно О. В., Трегубов Д. Г., Жернокльов К. В., Коврегін В. В. Основні положення процесу горіння. Виникнення процесу горіння. Навчальний посібник. Х.: НУЦЗУ, 2020. 408 с.

**УДК 564.48.01**

### **ПРЕВЕНТИВНЫЙ МЕТОД ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВЗРЫВОВ НЕФТЕХРАНИЛИЩ УЛАВЛИВАНИЕМ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Хабибуллаев А.Ж.-ассис., Аметов Я.И.-проф., Мирисаев А.У.-доцент

Ташкентский архитектурно-строительный институт

*Аннотация:* В работе проведен краткий критический анализ применяемых в промышленности методов и способов улавливания и обезвреживания паров углеводородов, нефтепродуктов. Показано, что процесс испарения в резервуарах происходит при любой температуре, так как связан с тепловым движением молекул в приповерхностном слое. В герметичном резервуаре испарение происходит до тех пор, пока его газовое пространство не будет полностью насыщено углеводородами.

*Ключевые слова:* нефтепродукт, взрыв, пожар, авария, улавливание, регенерация, отход.

### **PREVENTIVE METHOD FOR PREVENTING OIL STORAGE EXPLOSIONS BY CAPTURING VAPORS OF OIL PRODUCTS**

Khabibullaev A. J.-assis., Ametov Ya.I.-prof., Mirisaev A.U.-dosent

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering

*Abstract:* The paper provides a brief critical analysis of the industrial methods and methods for capturing and neutralizing vapors of hydrocarbons, oil products. It is shown that the evaporation process in tanks occurs at any temperature, since it is associated with the thermal movement of molecules in the near-surface layer. In a sealed tank, evaporation occurs until its gas space is completely saturated with hydrocarbons.

*Key words:* oil product, explosion, fire, accident, capture, regeneration, waste.

Борьба с потерями нефтепродуктов – один из важных путей экономии топливно-энергетических ресурсов, играющих ведущую роль в развитии экономики: за счёт этого можно получить до 18-26% всей экономии топливно-энергетических ресурсов. Основным видом потерь нефти и нефтепродуктов (далее бензинов), полностью не устранимых на современном уровне развития средств транспорта и хранения углеводородов, являются потери от испарения из резервуаров и других емкостей. Ущерб, наносимый этими потерями, является как экономическим (прямые потери собственников АЗС), так и экологическим (загрязнение воздуха в месте расположения АЗС). Наиболее актуально этот вопрос стоит в крупных городах-мегаполисах, т.к. с одной стороны, в них высока плотность застройки (выбросы из АЗС происходят на уровне 2-3 м над землей), с другой большая концентрация автотранспорта (повышенный коэффициент оборачиваемости резервуаров АЗС) [1]. Процесс испарения в резервуарах происходит при любой температуре, так как связан с тепловым движением молекул в приповерхностном слое. В герметичном резервуаре испарение происходит до тех пор, пока его газовое пространство не будет полностью насыщено углеводородами, и концентрация углеводородов в этом случае равна отношению давления насыщенных