

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

СТАХАНОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ФИЛИАЛ)

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ОХРАНЫ ТРУДА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к практическим занятиям по дисциплине

**«ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА»**

для студентов направления подготовки  
**Профессиональное обучение (по отраслям)**,  
профили «Безопасность технологических процессов и производств», «Горное  
дело. Подземная разработка пластовых месторождений», «Горное дело. Техно-  
логическая безопасность и горноспасательное дело» (в 2-х частях).

**Часть 2. Приложения**

УДК 331.4(075.8)

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом*

ГОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»

*(протокол № \_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 г.)*

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «**Теория горения и взрыва**» для студентов направления подготовки **Профессиональное обучение (по отраслям)**, профили: «Безопасность технологических процессов и производств», «Горное дело. Подземная разработка пластовых месторождений», «Горное дело. Технологическая безопасность и горноспасательное дело» (в 2-х частях). **Часть 2. Приложения.** /Сост.: В.И. Сафонов. – **Стаханов**: ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2024. – 73 с.

Во второй части методических указаний приведены сведения, необходимые для подготовки и выполнения практических занятий, а также для самостоятельного решения задач.

Предназначены для студентов профиля «Безопасность технологических процессов и производств», «Горное дело. Подземная разработка пластовых месторождений», «Горное дело. Технологическая безопасность и горноспасательное дело». Практикум может быть полезен для практических работников служб охраны труда, промышленной безопасности и отделов ГО и ЧС предприятий.

Составитель:	доц. Сафонов В.И.
Ответственный за выпуск:	доц. Черникова С.А.
Рецензент:	доц. Петров А.Г.

© Сафонов В.И., 2024

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2024

## Содержание

Приложение 1 .....	5
П1.1 Система единиц СИ).....	5
П1.2 Соотношение между единицами измерения .....	5
П1.2.1 Объем.....	5
П1.2.2 Масса.....	6
П1.2.3 Количество вещества.....	6
П1.2.4 Давление.....	7
П1.2.5 Тепловые величины .....	7
П1.2.5.1 Количество теплоты.....	7
П1.2.5.2 Удельная теплота и тепловой поток .....	8
П1.2.5.3 Тепловой поток и тепловая мощность.....	8
П1.2.5.4 Теплоемкость и энтропия .....	8
П1.2.5.5 Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи .....	10
П1.2.5.6 Температура.....	10
П1.2.6 Образование кратных и дольных единиц .....	11
П1.2.7 Основные и производные тепловые единицы.....	16
Приложение 2 .....	20
П2.1 Основные физические постоянные .....	20
П2.2 Принятые обозначения.....	20
П2.3 Формулы, используемые при решении задач.....	20
П2.3.1 Материальный баланс процессов горения.....	20
П2.3.2 Расчёт объёма и состава продуктов горения .....	22
П2.3.3 Тепловой баланс процесса горения .....	24
П2.3.4 Концентрационные пределы распространения пламени.....	24
П2.3.5 Температурные пределы распространения пламени .....	25
П2.3.6 Температура горения (°К).....	25
П2.3.7 Температура самовоспламенения.....	25
П2.3.8 Температура вспышки.....	26
П2.3.9 Температура воспламенения .....	26
П2.3.10 Стехиометрическая концентрация .....	26
П2.3.11 Горение твердых веществ и материалов.....	27
П2.3.12 Параметры взрыва .....	28
П2.3.13 Обозначения .....	29
П2.3.13.1 Давление.....	29
П2.3.13.2 Температура.....	29
П2.3.13.3 Пределы воспламенения .....	29
П2.3.13.4 Величины скорости .....	30
П2.3.13.5 Объемные величины .....	30
П2.3.13.6 Массовые (количественные) величины.....	30
П2.3.13.7 Концентрация .....	31
П2.3.13.8 Плотность.....	31
П2.3.13.9 Площадь .....	31
П2.3.13.10 Тепловые величины.....	32
П2.3.13.11 Коэффициенты.....	32
П2.3.13.12 Параметры взрыва.....	33
Приложение 3 Физико-химические константы горючих веществ .....	34

Таблица ПЗ.1. Показатели пожарной опасности некоторых твердых горючих материалов .....	34
Таблица ПЗ.2. Показатели пожарной опасности некоторых газов .....	35
Таблица ПЗ.3. Физико-химические константы некоторых горючих жидкостей .....	36
Таблица ПЗ.4. Физические константы некоторых горючих газов .....	36
Таблица ПЗ.5. Количество и состав продуктов горения .....	38
Таблица ПЗ.6. Теоретическое количество воздуха .....	39
Таблица ПЗ.7. Атомный вес некоторых элементов .....	41
Таблица ПЗ.8. Теплота горения некоторых веществ .....	42
Таблица ПЗ.9. Теплота образования и горения некоторых веществ .....	43
Таблица ПЗ.10. Значение констант уравнения Антуана .....	45
Таблица ПЗ.11. Концентрационные пределы воспламенения .....	49
Таблица ПЗ.12. Показатели пожарной опасности некоторых газов .....	51
Таблица ПЗ.13. Показатели пожарной опасности некоторых жидкостей .....	52
Таблица ПЗ.14. Давление насыщенных паров некоторых индивидуальных веществ, Па .....	54
Таблица ПЗ.15 Величина параметров $\tau$ и $\ell$ для вычисления температурных пределов воспламенения некоторых жидкостей .....	55
Таблица ПЗ.16. Физические параметры сухого воздуха при атмосферном давлении .....	56
Таблица ПЗ.17. Давление насыщенных паров индивидуальных жидкостей в зависимости от температуры .....	57
Таблица ПЗ.18. Основные физические константы некоторых газов .....	58
Таблица ПЗ.19. Средняя объемная теплоемкость газов .....	59
Таблица ПЗ.20. Энтальпия (теплосодержание) газов при постоянном давлении .....	60
Таблица ПЗ.21. Энтальпия (теплосодержание) газов при постоянном давлении .....	61
Таблица ПЗ.22. Температура воспламенения, °К, некоторых предельных углеводородов в зависимости от средней углеродной цепи .....	62
Таблица ПЗ.23. Температура самовоспламенения, °К, некоторых предельных одноатомных спиртов в зависимости от средней углеродной цепи .....	63
Таблица ПЗ.24. Температура самовоспламенения, °К, некоторых ароматических углеводородов в зависимости от средней длины углеродной цепи .....	64
Таблица ПЗ.25. Значение параметров для расчета минимальной флегматизирующей концентрации инертных газов .....	64
Таблица ПЗ.26. Физико-химические константы горючих веществ .....	65
Таблица ПЗ.27. Внутренние энергии газов .....	70
Таблица ПЗ.28. Зависимость скорости роста площади горения ( $\text{м}^2/\text{мин}$ ) от степени огнестойкости и типа объекта .....	71
Таблица ПЗ.29. Параметры элементов пожарной нагрузки .....	71
Литература .....	73

## Приложение 1

### П1.1 Система единиц (СИ)

Международная система единиц, сокращенное обозначение СИ, введена с 1 января 1963 г. для применения ее во всех областях науки и техники.

Система единиц СИ состоит из семи основных единиц (метра – для длины, килограмма – для массы, секунды – для времени, кельвина – для термодинамической температуры, ампера – для силы тока, канделы – для силы света, моля – для количества вещества), двух дополнительных единиц (радиана – для плоского угла,стерадиана – для телесного угла) и 85 важнейших производных единиц. Производные единицы, не включенные в стандарт, могут быть установлены по правилам образования производных единиц.

Важнейшими достоинствами Международной системы (СИ) являются:

- универсальность – охват всех областей измерительной техники;
- унификация единиц для всех видов измерения с выбором удобных для практики основных, дополнительных и производных единиц;
- когерентность (связность) системы, обусловленная тем, что в физических уравнениях, определяющих единицы измерения производных величин, коэффициент пропорциональности является безразмерной величиной, равной единице;
- четкое разграничение единиц массы (килограмм) и силы (ньютон);
- устранение множественности систем и единиц измерения, а также переводных коэффициентов в расчетных формулах; упрощение записи физических и физико-химических уравнений;
- устранение существующего разнобоя и путаницы при использовании большого числа единиц и систем единиц измерения в педагогической практике;
- лучшее взаимопонимание при дальнейшем развитии научно-технических и торговых связей между различными странами.

### П1.2 Соотношение между единицами измерения

#### П1.2.1 Объем

В качестве единицы объема принимается кубический метр – объем куба с длиной ребра, равной одному метру. Дольными единицами объема являются кубический сантиметр, кубический дециметр, кубический миллиметр.

Таблица П1.1. Соотношение между единицами объема

Единица	м <sup>3</sup>	дм <sup>3</sup>	см <sup>3</sup>	мм <sup>3</sup>
1 куб. метр (м <sup>3</sup> )	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>
1 куб. дециметр (дм <sup>3</sup> )	10 <sup>-3</sup>	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>
1 куб. сантиметр (см <sup>3</sup> )	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	10 <sup>3</sup>
1 куб. миллиметр (мм <sup>3</sup> )	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	1

Для измерения объема (вместимости, емкости) жидкостей и сыпучих веществ используется внесистемная единица – литр.

Литр равен объему 1 кг воды при температуре ее максимальной плотности

(3,98 °С) и нормальном атмосферном давлении:

1 литр = 1,000028 дм<sup>3</sup>; 1 дм<sup>3</sup> = 0,999972 л.

На практике применяют метрические кратные доли литра: килолитр, гектолитр, декалитр, миллилитр и т.д.

### П1.2.2 Масса

Под массой тела понимается мера его инертности, свойство сохранять приобретенное движение, проявляемое при приложении к телу силы.

Масса тела увеличивается с увеличением его скорости относительно той системы, в которой производится измерение. Если скорость тела невелика по сравнению со скоростью света, под массой понимается инертная масса, т.е. масса в состоянии покоя. Ее и принимают в качестве меры количества вещества, содержащегося в теле. Основной единицей количества вещества является килограмм.

В качестве единицы количества вещества применяют, кроме того, грамм, дольные и кратные единицы его, а также внесистемные – тонну, центнер, карат, грамм-моль, грамм-эквивалент и грамм-атом, а также:

1 карат = 0,2 г =  $2 \cdot 10^{-4}$  кг;

1 техническая единица массы (кг·с<sup>2</sup>/м) = 9,80665 кг (мало распространенное название этой единицы – инерта).

Таблица П1.2. Соотношение между единицами массы (весового количества вещества)

Единицы	г	ц	кг	даг	г	дг	сг	мг	мкг
1 тонна (т)	1	10	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>12</sup>
1 центнер (ц)	0,1	1	100	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>11</sup>
1 килограмм (кг)	10 <sup>-3</sup>	0,01	1	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>
1 декаграмм (даг)	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	0,01	1	10	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>7</sup>
1 грамм (г)	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-3</sup>	0,1	1	10	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>
1 дециграмм (дг)	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	0,01	0,1	1	10	100	10 <sup>5</sup>
1 сантиграмм (сг)	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-3</sup>	0,01	0,1	1	10	10 <sup>4</sup>
1 миллиграмм (мг)	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0,01	0,1	1	10 <sup>3</sup>
1 микрограмм (мкг)	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	1

### П1.2.3 Количество вещества

В соответствии с рекомендациями международных организаций включена седьмая основная единица СИ – моль – единица количества вещества.

Моль – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в нуклиде <sup>12</sup>С с массой 0,012 кг. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или

специфицированными группами частиц.

Производные единицы молярных величин могут быть образованы заменой массы – килограмма единицей количества вещества – молем (см. табл. П1.3).

Таблица П1.3. Соотношение между единицами массы (весового количества вещества)

Величина	Единица	
	наименование	обозначение
Количество вещества	моль	моль
Мольная масса	киломоль	кмоль
Мольный объем	килограмм на моль	кг/моль
Мольная внутренняя энергия, теплота, мольный, термодинамический потенциал	кубический метр на моль Джоуль на моль	м <sup>3</sup> /моль Дж/моль

#### П1.2.4 Давление

Давлением называется величина отношения нормальной составляющей силы к площади, на которую она действует. В качестве единицы давления (механического напряжения) принимается паскаль – давление в один ньютон на один квадратный метр (Па). В связи с тем, что эта единица очень мала, можно применять укрупненные единицы давления: килопаскаль (кПа), мегапаскаль (МПа). Единицами измерения давления (внесистемными) являются килограмм-сила на квадратный метр, сантиметр, миллиметр (кгс/м<sup>2</sup>, кгс/см<sup>2</sup>, кгс/мм<sup>2</sup>). Давление также измеряют высотой столба жидкости: миллиметры ртутного столба – мм рт.ст., а также

1 атм (техническая) = 0,1 МПа;

1 атм = 1,0133 бар = 101,3 кПа;

1 кгс/см<sup>2</sup> = 98,067 кПа;

1 кгс/мм<sup>2</sup> = 9806,65 кПа;

1 мм рт.ст. = 133,32 Па;

1 фунт/кв.дюйм = 0,069 бар = 6,9 кПа.

#### П1.2.5 Тепловые величины

В единицах количества теплоты измеряются:

– внутренняя энергия системы – полный запас энергии тела, изменяющийся в процессе теплообмена и выполнения работы;

– энтальпия (теплосодержание) системы – сумма внутренней энергии и потенциальной функции.

##### П1.2.5.1 Количество теплоты

Единицей количества тепла в системе СИ является джоуль.

В практике получила распространение международная килокалория, равная 1/59,845 абсолютного киловатт-часа. Применяются также калория, ватт-час, ки-

ловатт-час и другие единицы энергии и работы.

$$1 \text{ кал} = 10^{-3} \text{ ккал} = 4,1868 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт}\cdot\text{с} = 0,238846 \text{ кал};$$

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3600 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 859,845 \text{ ккал}.$$

Ранее принималось, что 1 кал соответствует количеству теплоты, необходимому для нагревания 1 кг воды на 1 °С при нормальном давлении. В связи с тем, что теплоемкость воды зависит от температуры, возникли следующие единицы:

–  $\text{кал}_{15}$  – количество теплоты, сообщаемое 1 г воды при нагреве ее от 14,5 до 15,5 °С;  $1 \text{ кал}_{15} = 4,1841 \text{ Дж}$ ;

–  $\text{кал}_{20}$  – количество теплоты, сообщаемое 1 г воды при нагреве ее от 19,5 до 20,5 °С;  $1 \text{ кал}_{20} = 4,182 \text{ Дж}$ ;

–  $\text{кал}_{\text{сред}}$  – 1/100 часть количества теплоты, сообщаемая 1 г воды при нагреве ее от 0 до 100 °С;  $1 \text{ кал}_{\text{сред}} = 4,1868 \text{ Дж}$ ;

–  $\text{кал}_{\text{межд}}$  = 4,18605 Дж;

– калория термохимическая = 4,1840 Дж;

– калория национального бюро стандартов США = 4,18409 Дж.

### П1.2.5.2 Удельная теплота и тепловой поток

Удельная теплота (удельная энтальпия, внутренняя энергия, теплота фазового превращения, химической реакции и др.) – количество тепла, отнесенное к единице массы вещества.

Единицей удельной теплоты в системе СИ является Дж/кг и Дж/кмоль. В практике распространены ккал/кг, кал/г, эрг/г, а также ккал/моль, кал/моль:

–  $1 \text{ ккал/кг} = 4186,8 \text{ Дж/кг} = 4,1868 \text{ кДж/кг}$ ;

–  $1 \text{ кал/г}$ ;

–  $1 \text{ эрг/г} = 10^{-4} \text{ Дж/кг}$ ;

$1 \text{ Дж/кмоль} = 10^{-3} \text{ Дж/моль} = 0,238846 \cdot 10^{-3} \text{ ккал/кмоль} = 0,238846 \cdot 10^{-3} \text{ кал/моль}$ .

### П1.2.5.3 Тепловой поток и тепловая мощность

Единицей для измерения теплового потока и тепловой мощности в системе СИ является ватт:

–  $1 \text{ Вт} = 0,238846 \text{ кал/с} = 0,859845 \text{ ккал/ч}$ ;

–  $1 \text{ ккал/ч} = 0,27778 \text{ кал/с} = 1,1630 \text{ Вт}$ ;

–  $1 \text{ кал/с} = 3,6 \text{ ккал/ч} = 4,1868 \text{ Вт}$ .

Удельный тепловой поток – плотность теплового потока, или поверхностная плотность излучения, измеряется в Вт/м<sup>2</sup>:

–  $1 \text{ Вт/м}^2 = 0,238846 \cdot 10^{-4} \text{ кал/(\text{см}^2\cdot\text{с})} = 0,859845 \text{ ккал/(\text{м}^2\cdot\text{ч})}$ ;

–  $1 \text{ ккал/(\text{м}^2\cdot\text{ч})} = 0,27778 \cdot 10^{-4} \text{ кал/(\text{см}^2\cdot\text{с})} = 1,1630 \text{ Вт/м}^2$ ;

–  $1 \text{ кал/(\text{см}^2\cdot\text{с})} = 3,6 \cdot 10^4 \text{ ккал/(\text{м}^2\cdot\text{ч})} = 4,1868 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2$ .

### П1.2.5.4 Теплоемкость и энтропия

Теплоемкость тела (системы) – это количество тепла, сообщаемого телу для изменения его температуры на 1 °С, выражается в джоулях на кельвин (Дж/К) и калориях на кельвин (кал/К).



Энтропия тела (системы) определяется как отношение количества тепла, полученного или отданного телом, к его абсолютной температуре. Единицами измерения являются джоуль на кельвин (Дж/К), килокалория на кельвин (ккал/К) и т.д.

**Удельная теплоёмкость и удельная энтропия** – это теплоемкость и энтропия, отнесенные к единице массы. Различают:

– весовую (массовую) теплоемкость – количество теплоты, сообщаемой единице массы вещества (1 кг, 1 г и т.д.), для изменения его температуры на 1 °С. Размерности ее следующие: Дж/(кг·К); кДж/(кг·К); ккал/(кг·К); кал/(г·К);

– мольную теплоемкость количество теплоты, сообщаемой 1 молью или 1 киломолю вещества для изменения его температуры на 1 °С. Ее размерности: Дж/(кмоль·К); ккал/(кмоль·К); кал/(моль·К);

– объемную теплоемкость количество теплоты, сообщаемой 1 м<sup>3</sup> вещества для изменения его температуры на 1 °С. Ее размерности: Дж/(м<sup>3</sup>·К); ккал/(м<sup>3</sup>·К).

В зависимости от процесса, в котором сообщается теплота, различают для газов и паров удельную теплоемкость при постоянном давлении и теплоемкость при постоянном объеме. Для жидкостей это различие незначительное, поэтому не приводится.

Размерности удельной энтропии: Дж/(кг·К); эрг/(г·К).

*Таблица П1.4. Соотношение между единицами массовой (весовой) теплоемкости*

Единица	ккал/(кг·К)	кал/(г·К)	Дж/(кг·К)	кДж/(кг·К)	эрг/(г·К)
1 ккал/(кг·К)	1	1	4187	4,187	41,87·10 <sup>6</sup>
1 кал/(г·К)	1	1	4187	4,187	41,87·10 <sup>6</sup>
1 Дж/(кг·К)	0,239·10 <sup>-3</sup>	0,239·10 <sup>-3</sup>	1	0,001	10 <sup>4</sup>
1 кДж/(кг·К)	0,239	0,239	1000	1	10 <sup>7</sup>
1 эрг/(г·К)	23,9·10 <sup>-9</sup>	23,9·10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-7</sup>	1

$$1 \text{ ккал/(кг·К)} = 4186,8 \text{ Дж/(кг·К)} = 4,1868 \text{ кДж/(кг·К)} = 41,868 \cdot 10^6 \text{ эрг/(г·К)}$$

*Таблица П1.5. Соотношение между единицами удельной энтропии*

Единица	ккал/(кг·К)	кал/(г·К)	Дж/(кг·К)	эрг/(г·К)	кг·м/(кг·К)
1 ккал/(кг·К)	1	1	4187	41,87·10 <sup>6</sup>	427
1 кал/(г·К)	1	1	4187	41,87·10 <sup>6</sup>	427
1 Дж/(кг·К)	239·10 <sup>-6</sup>	239·10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>4</sup>	0,102
1 эрг/(г·К)	23,9·10 <sup>-9</sup>	23,9·10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-4</sup>	1	10,2·10 <sup>-6</sup>
1 кг·м/(кг·К)	2,342·10 <sup>-3</sup>	2,342·10 <sup>-3</sup>	9,81	98,1·10 <sup>3</sup>	1

$$1 \text{ кал/(г·К)} = 4,1868 \text{ кДж/(кг·К)} = 4186,8 \text{ Дж/(кг·К)} = 4,1868 \cdot 10^7 \text{ эрг/(г·К)} = 426,935 \text{ кг·м/(кг·К)};$$

$$1 \text{ Дж/(кг·К)} = 10^3 \text{ кДж/(кг·К)} = 0,101972 \text{ кг·м/(кг·К)} = 0,238846 \cdot 10^{-3}$$

ккал/(кг·К);

$1 \text{ кг}\cdot\text{м}/(\text{кг}\cdot\text{К}) = 2,34228\cdot 10^{-3} \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{К}) = 9,80665 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) = 9,80665\cdot 10^4 \text{ эрг}/(\text{г}\cdot\text{К});$

$1 \text{ кал}/(\text{моль}\cdot\text{К}) = 1 \text{ ккал}/(\text{кмоль}\cdot\text{К}) = 4,1868 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К}) = 4186,8 \text{ Дж}/(\text{кмоль}\cdot\text{К}).$

### П1.2.5.5 Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи

Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи имеют размерность в системе СИ  $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$ . Применяют единицы:

–  $1 \text{ ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{К}) = 0,27778\cdot 10^{-4} \text{ кал}/(\text{см}^2\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 1,1630 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К});$

–  $1 \text{ кал}/(\text{см}^2\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 3,6\cdot 10^4 \text{ ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{К}) = 41868 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К});$

–  $1 \text{ эрг}/(\text{см}^2\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 10^{-3} \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К});$

–  $1 \text{ Вт}/(\text{см}^2\cdot\text{К}) = 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К});$

–  $1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}) = 0,238846\cdot 10^{-4} \text{ кал}/(\text{см}^2\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 0,859845 \text{ ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{К}) = 10^3 \text{ эрг}/(\text{см}^2\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 10^4 \text{ Вт}/(\text{см}^2\cdot\text{К}).$

Коэффициенты теплопроводности имеют размерность в системе СИ  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . В практике применяют:

–  $1 \text{ ккал}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{К}) = 0,27778\cdot 10^{-2} \text{ кал}/(\text{см}\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 1,1630 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$

–  $1 \text{ кал}/(\text{см}\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 3,6\cdot 10^2 \text{ ккал}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{К}) = 418,68 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$

–  $1 \text{ Вт}/(\text{см}\cdot\text{К}) = 100 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$

–  $1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}) = 0,238846\cdot 10^{-2} \text{ кал}/(\text{см}\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 0,85984 \text{ ккал}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{К}).$

Коэффициенты температуропроводности имеют размерность в системе СИ  $\text{м}^2/\text{ч}$ .

Коэффициенты лучеиспускания (в формуле Стефана-Больцмана) имеют размерность в системе СИ  $5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}^4) = 1,36\cdot 10^{-4} \text{ кал}/(\text{см}^2\cdot\text{с}\cdot\text{К}^4) = 4,88 \text{ ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{К}^4).$

Коэффициенты диффузии имеют размерность в системе СИ  $\text{м}^2/\text{с}$ .

### П1.2.5.6 Температура

Международными метрологическими организациями рекомендованы четыре температурные шкалы:

– абсолютная термодинамическая шкала (Кельвина) с нижней границей – точкой абсолютного нуля ( $0 \text{ }^\circ\text{К}$ ) и реперной точкой – тройной точкой воды, в которой находятся в термодинамическом равновесии три фазы воды – твердая, жидкая, газообразная ( $273,16 \text{ }^\circ\text{К}$ );

– стоградусная термодинамическая шкала – с началом отсчета в точке, лежащей на  $0,01$  ниже тройной точки воды (температура плавления льда при давлении  $101325 \text{ Па}$ );

– стоградусная международная шкала, основанная на использовании определенного количества реперных точек – кипения кислорода, плавления льда, кипения воды и серы, затвердевания серебра и золота. Температура этой практической шкалы выражается в градусах стоградусной шкалы ( $^\circ\text{С}$ );

– абсолютная международная шкала - аналогична предыдущей, с отсчетом от абсолютного нуля.

В иностранной литературе встречаются также измерения температуры в градусах Фаренгейта ( $^\circ\text{F}$ ) и Ренкина ( $^\circ\text{Re}$ ). В старой литературе имеется обозна-

чение температуры в градусах Реомюра ( $^{\circ}\text{R}$ ).

Перевод градусов одной шкалы в градусы другой производится по следующим формулам:

$$t = T - 273,15 = 5/9(f - 32) = 5/9 F - 273,15 = 5/4 \cdot r;$$

$$T = t + 273,15 = 5/9 \cdot f + 255,37 = 5/9 \cdot r + 273,15;$$

$$F = 9/5 \cdot t + 491,67 = 9/5 \cdot T = f + 459,67 = 9/4 \cdot r + 491,67;$$

$$f = 9/5 t + 32 = 9/5 \cdot T - 459,67 = F - 459,67 = 9/4 \cdot r + 32;$$

$$r = 4/5 \cdot t = 4/5(T - 273,15) = 4/9(f - 32) = 4/9 \cdot F - 218,52,$$

где  $t$  (Цельсия),  $T$  (Кельвина),  $f$  (Фаренгейта),  $F$  (Ренкина),  $r$  (Реомюра) – температура, измеряемая в  $^{\circ}\text{C}$ ,  $^{\circ}\text{K}$ ,  $^{\circ}\text{F}$ ,  $^{\circ}\text{Ra}$ ,  $^{\circ}\text{R}$  соответственно.

### П1.2.6 Образование кратных и дольных единиц

Кратные и дольные единицы измерения образуются путем умножения и деления основных и производных единиц (приведены в табл. 6).

Таблица П1.6 Кратные и дольные приставки к единицам измерения

Кратность и дольность	Наименование приставки	Сокращенное обозначение	
		русское	международное
$10^{12}$	тера	Т	T
$10^9$	гига	Г	G
$10^6$	мега	М	M
$10^3$	кило	к	K
$10^2$	гекто	Г	h
$10^1$	дека	да	da
$10^{-1}$	деци	д	d
$10^{-2}$	санти	с	c
$10^{-3}$	милли	м	m
$10^{-6}$	микро	мк	μ
$10^{-9}$	нано	н	n
$10^{-12}$	пико	п	p
$10^{-15}$	фемто	ф	f
$10^{-18}$	атто	а	a

Таблица П1.7. Основные единицы измерения

Величина	Обозначение	Размерность	Наименование
----------	-------------	-------------	--------------

Величина	Обозначение	Размерность	Наименование
Длина	$L$	м	Метр
Масса	$M$	кг	Килограмм
Время	$t$	С	Секунда
Температура	$T, t$	°К, °С	Кельвин, градус Цельсия
Плотность	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	Килограмм на кубический метр
Удельный вес	$\gamma$	Н/м <sup>3</sup>	Ньютон на кубический метр
Давление	$P$	Па	Паскаль
Объемный расход	$V$	м/с	Кубический метр в секунду
Динамический коэффициент вязкости	$\eta$	Па·с	Паскаль-секунда
Кинематический коэффициент вязкости	$\nu$	м <sup>2</sup> /с	Квадратный метр в секунду
Коэффициент диффузии	$D$	м <sup>2</sup> /с	Квадратный метр в секунду
Количество тепла	$Q$	Дж	Джоуль
Тепловой поток	$Q$	Вт	Ватт
Плотность теплового потока	$q$	Вт/м <sup>2</sup>	Ватт на квадратный метр
Энергия активации	$E$	Дж/моль	Джоуль на моль
Массовая скорость выгорания	$\rho, v$	кг/м <sup>2</sup> ·с	Килограмм на квадратный метр-секунду
Линейная скорость выгорания	$v$	м/с	Метр в секунду
Удельная теплоемкость	$c$	Дж/(кг·К)	Джоуль на килограмм-кельвин
Коэффициент теплопроводности	$\lambda$	Вт/(м·К)	Ватт на метр-кельвин
Коэффициент температуропроводности	$a$	м <sup>2</sup> /с	Квадратный метр на секунду
Коэффициент теплопередачи	$\alpha$	Вт/(м <sup>2</sup> /с)	Ватт на квадратный метр-градус

Таблица ПП.8. Английская система мер

Раздробление	Английское название	Перевод в метрические меры
<b>Меры длины</b>		
1 англ. миля = 1760 ярдам	statute mile (stat.mi)	1609,344 м
1 ярд = 3 футам	yard (yd)	0,9144 м
1 фут = 12 дюймам*	foot (ft)	0,3048 м
1 дюйм*	inch (in)	0,0254 м
1 фарлонг = 10 чейнам	furlong	201,168 м
1 чейн = 4 родам	chain	20,1168 м
1 род	rod	5,0292 м
1 англ. морск. миля = 6080 футам	nautical mile (n. mile)	1852 м
1 кабельтов	–	185,2 м
<b>Меры поверхности</b>		
1 кв. англ. миля = 640 акрам	square mile (sq. mi)	2,59 км <sup>2</sup>
1 акр = 4 рудам = 4840 кв. ярдам	acre (ac)	0,405 га = 4046,86 м <sup>2</sup>
1 руд = 1210 кв. ярдам	rood	1011,71 м <sup>2</sup>
1 кв. ярд = 9 кв. фугам	square yard (sq. yd) square	0,836127 м <sup>2</sup>
1 кв. фуг = 144 кв. дюймам*	foot (sq. ft)	9,2903 дм <sup>2</sup>
1 кв. дюйм*	square inch (sq. in)	6,4516 см <sup>2</sup>
<b>Меры объема</b>		
1 регистр. тонна = 100 куб. фугам	register ton	2,83 м <sup>3</sup>
1 куб. ярд = 27 куб. фугам	cubic yard (cu. yd)	0,764 м <sup>3</sup>
1 куб. фуг = 1728 куб. дюймам	cubic foot (cu. ft)	28,3168 м <sup>3</sup>
1 куб. дюйм*	cubic inch (cu. in)	16,3871 м <sup>3</sup>
<b>Меры емкости (для жидкостей)</b>		
1 квартер = 64 галлонам	quarter	290,95 дм <sup>3</sup>
1 галлон = 4 квартам**	imperial gallon	4,546 дм <sup>3</sup>
1 кварта = 2 пинтам	quart	1,137 дм <sup>3</sup>

Раздробление	Английское название	Перевод в метрические меры
1 пинта	pint	0,568 дм <sup>3</sup>
<b>Меры емкости (для сыпучих тел)</b>		
1 квартал = 8 бушелям	qarter	290,95 дм <sup>3</sup>
1 бушель = 8 галлонам	bushe1	36,369 дм <sup>3</sup>
<b>Меры веса (массы)</b>		
1 ан гл. тонна = 20 центнерам	ton, long ton	1,016 т = 1016,05 кг
1 центнер = 112 фунтам	hundredweight (cwt)	50,8024 кг
1 фунт = 16 торг. унциям = 7000 ан гл. грамам	pound	0,4536 кг
1 торг. унция = 16 драхам***	ounce (oz)	28,3495 г
1 драхма***	drachm	1,77 г
1 англ. Гран	grain	64,79891 мг

\* Английские футы и дюймы тождественны с русскими.

\*\* 1 галлон = 277,274 куб. дюйма.

\*\*\* Аптекарские унции и драхмы больше английских торговых, а именно: 1 апт. унция = 8 апт. драхам = 31,1035 г; 1 апт. драхма = 3 скрупулам = 3,888 г; 1 скрупул = 20 грамам = 1,29598 г.

*Таблица П1.9. Производные единицы английской системы мер*

Единица	Сокращенное английское обозначение	Перевод в метрические меры
Линейная скорость	1 in/s	25,4·10 <sup>-3</sup> м/с
	1 ft/s	0,3048 м/с
	1 yd/s	0,9144 м/с
	1 kn (узел)	0,5144 м/с
Линейное ускорение	1 ft/s <sup>2</sup>	0,3048 м/с <sup>2</sup>
	1 yd/s <sup>2</sup>	0,9144 м/с <sup>2</sup>
Плотность	1 lb/ft <sup>3</sup>	16,0185 кг/м <sup>3</sup>
	1 lb/in <sup>3</sup>	27680 кг/м <sup>3</sup>
	1 oz/ft <sup>3</sup>	1,00116 кг/м <sup>3</sup>
Мольный объем	1 ft <sup>3</sup> /lb	0,062428 м <sup>3</sup> /кг
	1 ft <sup>3</sup> /oz	0,99885 м <sup>3</sup> /кг
	1 in <sup>3</sup> /lb	36,1272·10 <sup>-6</sup> м <sup>3</sup> /кг

Единица	Сокращенное английское обозначение	Перевод в метрические меры
Массовый расход	1 tn/h	0,282 кг/с
	1 lb/s	0,454 кг/с
	1 lb/h	$126 \cdot 10^{-6}$ кг/с
	1 oz/s	$28,3 \cdot 10^{-3}$ кг/с
Объемный расход	1 yd <sup>3</sup> /s	0,765 м <sup>3</sup> /с
	1 ft <sup>3</sup> /s	$28,3 \cdot 10^{-3}$ м <sup>3</sup> /с
	1 in <sup>3</sup> /s	$16,4 \cdot 10^{-6}$ м <sup>3</sup> /с
Сила	1 bf (фунт-сила)	4,44822 Н
	1 nf (тонна-сила)	9964,02 Н
	1 pdl (паундаль)	0,138255 Н
Динамическая вязкость	1 lbf·s/ft <sup>2</sup>	47,88 Па·с
Кинетическая вязкость	1 yd <sup>2</sup> /s	0,836 м <sup>2</sup> /с
	1 ft <sup>2</sup> /s	0,0929 м <sup>2</sup> /с
	1 ft <sup>2</sup> /h	25,81 м <sup>2</sup> /с
Давление	1 lbf/in <sup>2</sup>	6394,76 Па
	1 lbf/ft <sup>2</sup>	47,88 Па
	1 tnf/in <sup>2</sup>	15,4443 МПа
	1 in H <sub>2</sub> O	249,2 Па
	1 in Hg	3386 Па
Работа и энергия	1 lbf·ft	1,35582 Дж
	1 lbf·in	0,113 Дж
	1 British thermal unit – 1 Btu (британская единица тепла)	1055,06 Дж
	1 Round centigrad unit – 1 Chu (Pcu) – стоградусная единица тепла	1899,1 Дж
Мощность	1 lbf = f/s	1,356 Вт
	1 Btu/s	1055,06 Вт
	1 Chufs	1899 Вт
Тепловая мощность и тепловой поток	1 Btu/s	0,293 Вт
	1 Btu/h	1055,06 Вт
Удельная теплота	1 Btu/lb	2326 Дж/кг
	1 Chu/lb	4186,8 Дж/кг
Удельная массовая теплоемкость	1 Btu/(lb·deg F)	4186,8 Дж/(кг·К)
	1 Chu/(lb·deg F)	
Удельная объемная теплоемкость	1 Btu/(ft <sup>3</sup> ·deg F)	$67 \cdot 10^3$ Дж/(м <sup>3</sup> ·К)

Единица	Сокращенное английское обозначение	Перевод в метрические меры
Удельная энтропия	1 Btu/(lb·°R) 1 Btu/(lb·mole·°R)	4186,8 Дж/(кг·К) 4186,8 Дж/(кмоль·К)
Коэффициент теплоотдачи и теплопередачи	1 Btu/(ft <sup>2</sup> ·h·deg F)	5,68 Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Коэффициент теплопроводности	1 Btu/(ft·h·deg F) 1 Btu/(ft·h·deg F)	1,73 Вт/(м·К) 20,8 Вт/(м·К)

В США принята английская система, но есть некоторые особенности и дополнения, которые приведены в табл. П1.10.

Таблица П1.10. Американская система мер

Раздробление	Английское название	Перевод в метрическую систему
1 амер. миля = 3 морским милям	statute mile (mi)	4,827 км
1 тауншип = 36 кв. милям	township	93,236 км <sup>2</sup>
1 бушель	bushel (bu)	35,2393 дм <sup>3</sup>
1 (винный) галлон = 0,833 англ. галлона	gallon	3,78543 дм <sup>3</sup>
1 сухой галлон	gallon	4,4047 дм <sup>3</sup>
1 баррель нефтяной = 42 галлонам	barrel	158,998 дм <sup>3</sup>
1 баррель керосина = 40 галлонам	barrel	151,404 дм <sup>3</sup>
1 баррель пива = 31 галлону	barrel	117,303 дм <sup>3</sup>
1 баррель сухой	bbl	115,628 дм <sup>3</sup>
1 малая (судовая) тонна = 2000 англ. фунтам	shot ton	907,183 кг
1 жидкая унция	f. oz	29,5737 см <sup>3</sup>

### П1.2.7 Основные и производные тепловые единицы

Таблица П1.11. Тепловые единицы измерения

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы		Размер единицы	Размерность
		русское	международное		
<b>Основные единицы</b>					
Длина	метр	м	m		
Масса	килограмм	кг	kg		
Время	секунда	с	s		



Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы		Размер единицы	Размерность
		русское	международное		
Температура	кельвин	К	К		
<b>Производные единицы</b>					
Количество теплоты, термодинамический потенциал (внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, свободная энтальпия); теплота фазового превращения, теплота химической реакции	Джоуль	Дж	J	Н·м	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Удельная теплота (химической реакции, фазового превращения), удельная энтальпия. Удельный термодинамический потенциал	Джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg	Дж/кг	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$
Коэффициент линейного расширения	Кельвин в минус первой степени	$\text{К}^{-1}$	$\text{К}^{-1}$	1/К	$\text{К}^{-1}$
Коэффициент объемного расширения	Кельвин в минус первой степени	$\text{К}^{-1}$	$\text{К}^{-1}$	1/К	$\text{К}^{-1}$
Теплоемкость системы	Джоуль на градус	Дж/К	J/K	Дж/К	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Удельная теплоемкость (массовая)	Джоуль на килограмм-градус	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)	Дж/(кг·К)	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Удельная объемная теплоемкость	Джоуль на кубический метр·Кельвин	Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	J/(m <sup>3</sup> ·K)	Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	$\text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Мольная теплоемкость	Джоуль на кило-моль·кель-	Дж/(кмоль·К)	J/(kmol·K)	Дж/К	$\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы		Размер единицы	Размерность
		русское	международное		
	вин				
Энтропия системы	Джоуль на кельвин	Дж/К	J/K	Дж/К	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Удельная энтропия	Джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)	Дж/(кг·К)	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Тепловой поток	Ватт	Вт	W	Дж/с	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Плотность теплового потока, поверхностная плотность излучения	Ватт на квадратный метр	Вт/м <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	Вт/м <sup>2</sup>	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Тепловая мощность (котла, печи и т.п.)	Ватт	Вт	W	Дж/с	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Коэффициент теплоотдачи, теплопередачи, теплообмена	Ватт на квадратный метр-кельвин	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-1}$
Температурный градиент	Кельвин на метр	К/м	K/m	К/м	$\text{м}^{-1} \cdot \text{К}$
Температурный коэффициент	Кельвин в минус первой степени	К <sup>-1</sup>	K <sup>-1</sup>	К <sup>-1</sup>	К <sup>-1</sup>
Коэффициент теплопроводности	Ватт на метр кельвин	Вт/(м·К)	W/(m·K)	Вт/(м·К)	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-1}$
Коэффициент лучеиспускания	Джоуль на квадратный метр-кельвин в четвертой степени	Дж/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )	J/(m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup> )	Дж/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^4$
Коэффициент температуропроводности	Квадратный метр на секунду	м <sup>2</sup> /с	m <sup>2</sup> /s	м <sup>2</sup> /с	м <sup>2</sup> /с
Коэффициент массопередачи	Килограмм на секунду	кг/с м <sup>3</sup> /с	kg/s m <sup>3</sup> /s	кг/с м <sup>3</sup> /с	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы		Размер единицы	Размерность
		русское	международное		
	Кубический метр на секунду				
Коэффициент диффузии	Квадратный метр на секунду	$\text{м}^2/\text{с}$	$\text{m}^2/\text{s}$	$\text{м}^2/\text{с}$	$\text{м}^2/\text{с}$

## Приложение 2

### П2.1 Основные физические постоянные

**Число Авогадро** (по углеродной шкале) (ПА) – число структурных элементов (атомов, молекул, ионов и т.д.) в 1 моле.

$$ПА = 6,02252 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

**Универсальная газовая постоянная**  $R$  численно равна работе расширения 1 моля идеального газа под постоянным давлением при нагревании на 1 °К. В системе СИ:  $R = 8,31441 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{°К}) = 1,9872 \text{ кал}/(\text{моль} \cdot \text{°К}) = 8,314 \cdot 10^7 \text{ эрг}/(\text{моль} \cdot \text{°К})$ .

**Нормальные условия:**  $T_0 = 0 \text{ °С}$  (273 °К),  $p = 760 \text{ мм рт. ст.}$  (0,10 кПа).

### П2.2 Принятые обозначения

НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени;

НКПВ – нижний концентрационный предел воспламенения;

ВКПВ – верхний концентрационный предел воспламенения;

СУГ – сжиженные углеводороды;

ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости;

ГЖ – горючие жидкости;

НТПВ – нижний температурный предел воспламенения;

ВТПВ – верхний температурный предел воспламенения;

$W$  – влажность топлива;

$A$  – зольность.

### П2.3 Формулы, используемые при решении задач

#### П2.3.1 Материальный баланс процессов горения

Таблица П2.1 Теоретически необходимый расход воздуха ( $V_B^0$ )

Тип горючего вещества	Расчётные формулы	Размерность
Индивидуальное вещество	$V_B^0 = \frac{n_{O_2} + n_{N_2}}{n_{\Gamma}} \quad (1.1.3, \text{ а})$ $V_B^0 = \frac{(n_{O_2} + n_{N_2}) \cdot V_0}{n_{\Gamma} M} \quad (1.1.3, \text{ б})$	$\frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}; \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$ $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$
Вещество сложного состава	$V_B^0 = 0,269 \left( \frac{C}{3} + P + \frac{S - O}{8} \right) \quad (1.1.4)$	$\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$
Смесь газов	$V_B^0 = \frac{\sum \varphi_{\Gamma} n_{O_{2i}} - \varphi_{O_2}}{21} \quad (1.1.5)$	$\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$

Здесь  $V_B^0$  – теоретическое количество воздуха;

$n_{\Gamma}$ ,  $n_{O_2}$ ,  $n_{N_2}$  – количество горючего, кислорода и азота, получаемого из уравнения химической реакции горения, кмоль;

$M$  – молекулярная масса горючего;

$V_0$  – объем 1 кмоль газа при нормальных условиях (22,4 м<sup>3</sup>);

C, H, S, O – весовое содержание соответствующих элементов в составе горючего, %;

$\varphi_{\Gamma i}$  – концентрация  $i$ -го горючего компонента, % об.;

$\varphi_{O_2}$  – концентрация кислорода в составе горючего газа, % об.;

$n_{O_{2i}}$  – количество кислорода, необходимое для окисления одного кмоль  $i$ -го горючего компонента, кмоль.

### Объем воздуха при заданных условиях:

$$V_B = \frac{V_B^0 \cdot T \cdot 760}{273 \cdot p} = 2,784 \frac{V_B^0}{p}, \text{ м}^3. \quad (1.66)$$

### Коэффициент избытка воздуха

Отношение практического объема воздуха к теоретическому называется коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{V_B}{V_B^0}. \quad (1.1.7)$$

Разность между практическим и теоретическим объемами воздуха называется избытком воздуха  $\Delta V_B$ :

$$\Delta V_B = V_B - V_B^0. \quad (1.1.8)$$

Из уравнений (1.1.7) и (1.1.8) следует, что

$$\Delta V_B = V_B^0 (\alpha - 1). \quad (1.1.9)$$

Если известно содержание кислорода в продуктах горения, то коэффициент избытка воздуха определяется по формуле:

$$\alpha = 1 + \frac{\varphi_{O_2} V_{\Pi\Gamma}}{V_B^0 (21 - \varphi_{O_2})}, \quad (1.1.10)$$

где  $\varphi_{O_2}$  – содержание кислорода в продуктах горения, % об.;

$V_B^0$  – теоретический объем продуктов горения.

Для веществ, у которых объем продуктов горения равен объему исходного воздуха (например, углерод), формула (1.1.10) упрощается:

$$\alpha = \frac{21}{21 - \varphi_{O_2}}. \quad (1.1.11)$$

В случае образования продуктов неполного сгорания (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, и др.) формула (1.1.11) приобретает вид:

$$\alpha = \frac{21}{21 - \varphi_{O_2} + 0,5\varphi_{CO_2} + 0,5\varphi_{H_2} + 2\varphi_{CH_4}}, \quad (1.1.12)$$

где  $\varphi_{O_2}, \varphi_{CO_2}, \varphi_{H_2}, \varphi_{CH_4}$  – содержание соответствующих веществ в продуктах горения, % об.

Если содержание кислорода в окислительной среде отличается от содержания его в воздухе, то формулу (1.1.12) можно записать в виде:

$$\alpha = 1 + \frac{\varphi_{O_2} V_{III}}{V_B^0 (\varphi_{O_2}^0 - \varphi_{O_2})} \quad (1.1.13)$$

и соответственно формулу (1.1.13)

$$\alpha = \frac{21}{\varphi_{O_2}^0 - \varphi_{O_2}}, \quad (1.1.14)$$

где  $\varphi_{O_2}^0$  – исходное содержание кислорода в окислительной среде, % об.

Часто в пожарно-технических расчётах требуется определить массу воздуха, пошедшего на горение,

$$M_B = V_B \rho_B, \quad (1.1.15)$$

где  $\rho_B$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Очевидно, что

$$\rho = \frac{\varphi_{N_2} \mu_{N_2} + \varphi_{O_2} \mu_{O_2}}{V_0} \cdot \frac{P_1 T_0}{P_0 T_1}. \quad (1.1.16)$$

После подстановки постоянных значений в формулу (1.1.16) получим

$$\rho_B = 3,47 \cdot 10^{-3} \frac{P}{T}, \quad (1.1.17)$$

где  $P$  – атмосферное давление, Па;

$T$  – температура воздуха, °К.

### П2.3.2 Расчёт объёма и состава продуктов горения

С целью упрощения расчёта все горючие вещества разделены на три типа: индивидуальные, сложные, смеси горючих газов.

Таблица П2.2 Объем продуктов сгорания

Тип горючего вещества	Расчетные формулы	Размерность
Индивидуальное вещество	$V_{III}^0 = \frac{\sum n_{IIIi}}{n_G} \quad (1.2.1)$	$\frac{M^3}{M^3}; \frac{KMOL}{KMOL}$
	$V^0 = \frac{V_0 \sum n_{IIIi}}{n_G M} \quad (1.2.2)$	$\frac{M^3}{KG}$
Вещество сложного состава	$V_{CO_2} = 1,86 \frac{C}{100} \quad (1.2.3)$	$\frac{M^3}{KG}; \frac{KMOL}{KG}$

Тип горючего вещества	Расчетные формулы	Размерность
	$V_{H_2O} = 11,2 \frac{H}{100} + 1,24 \frac{W}{100} \quad (1.2.4)$ $V_{SO_2} = 0,7 \frac{S}{100} \quad (1.2.5)$ $V_{N_2} = \frac{1}{100} \left[ 7C + 21 \left( H - \frac{O}{8} \right) + \right. \\ \left. + 2,63S + 0,8N \right] \quad (1.2.6)$	
Смесь газов	$V_{\text{ПГ}}^0 = \sum V_{\text{ПГ}i} \quad (1.2.7)$ $V_{\text{ПГ}i} = \frac{1}{100} \left[ \frac{\sum n_{\text{ПГ}i} \Phi_{\text{Г}i}}{n_{\text{Г}}} + \sum \Phi_{\text{НД}i} \right] \quad (1.2.8)$	$\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$

Здесь  $V_{\text{ПГ}}^0$  – теоретический объём продуктов горения;  $n_{\text{ПГ}i}$  – количество  $i$ -го продукта горения в уравнении реакции, кмоль;  $n_{\text{Г}}$  – количество горючего, кмоль;  $V^0$  – объём 1 кмоль газа;  $M$  – молекулярная масса горючего;  $V_{\text{ПГ}i}$  – объём  $i$ -го продукта реакции; C, H, S, O, N – содержание соответствующих элементов (углерода, водорода, серы, кислорода и азота) в горючем веществе, % вес.;  $\Phi_{\text{Г}i}$  – содержание  $i$ -го горючего компонента в газовой смеси, % об.;  $n_{\text{НГ}i}$  – содержание  $i$ -го негорючего компонента в составе газовой смеси, % об.

Практический (полный) объём продуктов горения состоит из теоретического объёма продуктов горения и избытка воздуха

$$V_{\text{ПГ}} = V_{\text{ПГ}}^0 + \Delta V_B \quad (1.2.9)$$

или

$$V_{\text{ПГ}} = V_{\text{ПГ}}^0 + V_B^0 (\alpha - 1) \quad (1.2.10)$$

Состав продуктов горения, т.е. содержание  $i$ -го компонента определяется по формуле

$$\Phi_{\text{ПГ}i} = \frac{V_{\text{ПГ}i}}{\sum V_{\text{ПГ}i}} 100 \quad (1.2.11)$$

где  $\Phi_{\text{ПГ}i}$  – содержание  $i$ -го компонента в продуктах сгорания, % об.;

$V_{\text{ПГ}i}$  – объём  $i$ -го компонента, м<sup>3</sup>, кмоль;

$\sum V_{\text{ПГ}i}$  – полный объём продуктов горения, м<sup>3</sup>, кмоль.

При горении в избытке воздуха в продуктах горения содержится кислород и азот

$$V_{O_2} = 0,21 \Delta V_B \quad (1.2.12)$$

$$V_{N_2} = V_{N_2}^0 + 0,79 \Delta V_B \quad (1.2.13)$$

где  $V_{N_2}^0$  – теоретический объём азота в продуктах горения, м<sup>3</sup>, кмоль,

$$V_{N_2}^0 = 0,79 V_B^0 \quad (1.2.14)$$

### П2.3.3 Тепловой баланс процесса горения

Таблица П2.3 Тепловой баланс процесса горения

Тип горючих веществ	Расчет теплоты сгорания	Размерность
Индивидуальные вещества	Низшая теплота горения: $Q_H = \sum (\Delta h_{f_{H,Г,i}} m_i) - \Delta h_{f_{Г}} n_{Г} \quad (1.23)$	кДж/моль
Вещества сложного состава (формула Менделеева)	Высшая теплота горения: $Q_B = 339,4 [C] + 1257 [H] - 108,9 ([O] - [S]); \quad (1.24)$ Низшая теплота горения: $Q_H = 339,4C + 1257H - 108,9(O-S) - 25,1(9H + W) \quad (1.25)$	кДж/кг
Смесь газов	Низшая теплота горения $Q_H = 0,01 \sum Q_{H,Г} \Phi_{Г} \quad (1.26)$	кДж/моль, кДж/м <sup>3</sup>

#### Удельная скорость (интенсивность) тепловыделения

$$q = Q_H v_M, \text{ кВт/м}^2. \quad (1.27)$$

#### Интенсивность тепловыделения

$$Q = Q_H v_M F, \text{ кВт}. \quad (1.28)$$

### П2.3.4 Концентрационные пределы распространения пламени

Концентрационные пределы воспламенения нижний (верхний) индивидуальных горючих веществ (г/м<sup>3</sup>)

$$C_{H(B)} = \frac{100}{a \cdot n + b}. \quad (1.98)$$

Число атомов кислорода, необходимое для полного сгорания одной молекулы вещества

$$n = 2(n_C + n_S) + \frac{n_H + n_X}{2} - n_O. \quad (1.99)$$

#### Формула Ле-Шатье

$$\Phi_n = \frac{100}{\frac{\Phi_1}{\Phi_{m_1}} + \frac{\Phi_2}{\Phi_{m_2}} + \dots + \frac{\Phi_m}{\Phi_{m_m}}}. \quad (1.100)$$

Расчет концентрационных пределов (нижнего) по теплоте горения

$$\Phi_H = \frac{100 \cdot Q_{ПР}}{Q_H}. \quad (1.101)$$



Расчет концентрационных пределов воспламенения по давлению насыщенных паров жидкости

$$\Phi_{H(B)} = \frac{100 \cdot p_{H(B)}}{p_0}. \quad (1.105)$$

Уравнение Антуана (расчет давления насыщенного пара)

$$\lg(p) = A - \frac{B}{C+t}. \quad (1.44)$$

Расчет концентрационных пределов при различных температурах

$$\Phi_{H(T_2)} = \Phi_{H(T_1)} \left( 1 - \frac{T_2 - T_1}{T_G - T_1} \right); \quad (1.106)$$

$$\Phi_{B(T_2)} = \Phi_{B(T_1)} \left( 1 - \frac{T_2 - T_1}{T_G - T_1} \right). \quad (1.107)$$

### П2.3.5 Температурные пределы распространения пламени

$$T_{НТПВ} = 0,82 t_K - 86 \text{ }^\circ\text{K}; \quad (1.103)$$

$$T_{ВТПВ} = 0,70 T_K - 42 \text{ }^\circ\text{K}. \quad (1.104)$$

### П2.3.6 Температура горения (°K)

$$T_G = T_0 + \frac{Q_{П.Г} - Q_{ИСХ}}{\sum V_{П.Г} C_{pi}}. \quad (1.29)$$

Адиабатическая температура горения

$$T_G = T_0 + \frac{Q_H}{\sum V_{П.Г}^0 C_{pi}}. \quad (1.31)$$

Действительная температура горения

$$T_{ГД} = T_0 + \frac{Q_{П.Г}}{\sum V_{П.Г} C_{pi}}. \quad (1.32)$$

Температура горения, рассчитанная методом интерполяции

$$T_G = T_1 + \frac{(Q_{H(П.Г)} - Q'_{П.Г})(T_2 - T_1)}{Q_{П.Г} - Q'_{П.Г}}. \quad (1.89)$$

### П2.3.7 Температура самовоспламенения

$$\lg t = A_P + n_P \lg S; \quad (1.96)$$

$$\lg t = A_B - n_B \lg \tau; \quad (1.97)$$

$$T_{CB} = 300 + 116 \sqrt{5 - l_{CP}} \quad \text{при } l_{CP} < 5; \quad (1.94)$$

$$T_{CB} = 300 + 38 \sqrt{l_{CP} - 5} \quad \text{при } l_{CP} > 5. \quad (1.95)$$

Средняя длина цепи в молекуле соединения

$$\lambda_{CP} = \frac{\sum n_i c_i}{\sum n_i}. \quad (1.92)$$

Общее число цепей в молекуле соединения

$$\sum n_i = \frac{M(M-1)}{2}. \quad (1.93)$$

### П2.3.8 Температура вспышки

Формула В.И. Блинова

$$T_{BCП} = \frac{A}{P_{BCП} D n}. \quad (1.34)$$

Коэффициентов диффузии ( $m^2/c$ )

$$D_0 = \frac{10^{-4}}{\sqrt{\sum \Delta M_i \mu_i}}. \quad (1.35)$$

Температура вспышки жидкостей с определёнными видами связей ( $^{\circ}C$ )

$$T_{BCП} = a_0 + a_1 t_{кип} + \sum a_j l_j.$$

Температура вспышки по давлению насыщенного пара ( $^{\circ}C$ )

$$T_{BCП} = \frac{A_B}{P_{BCП} D_0 \beta} - 273. \quad (1.38)$$

Температура вспышки в закрытом тигле (формула Элея) ( $^{\circ}C$ )

$$T_{BCП} = t_{кип} - 18\sqrt{k};$$

$$k = 4m_C + m_H + 4m_S + m_N - 2m_O - 2m_{Cl} - 3m_F - 5m_{Br}. \quad (1.40)$$

Температура вспышки смесей нефтепродуктов ( $^{\circ}C$ )

$$t_{BCП} = \frac{A \cdot t_A + B \cdot t_B - f(t_A - t_B)}{100}. \quad (1.111)$$

### П2.3.9 Температура воспламенения

Температура воспламенения индивидуальных жидкостей ( $^{\circ}C$ )

$$T_B = a_0 + a_1 t_{кип} + \sum a_j l_j. \quad (1.37)$$

Температура воспламенения по давлению насыщенного пара ( $^{\circ}C$ )

$$T_B = \frac{A_B}{P_{BCП} D_0 \beta} - 273. \quad (1.41)$$

Температура воспламенения алифатических спиртов и сложных эфиров ( $^{\circ}C$ )

$$T_B = -\frac{t_{кип} + 273}{1 + K(t_{кип} + 273)} - 273. \quad (1.42)$$

### П2.3.10 Стехиометрическая концентрация

Стехиометрическая концентрация горючего пара или газа при горении на воздухе (% об.)

$$\Phi_{CX} = \frac{100}{4,76 \cdot \beta + 1} \quad (1.113)$$

Стехиометрическая концентрация горючего пара или газа при горении в чистом кислороде (% об.)

$$\Phi_{CX} = \frac{100}{\beta + 1} \quad (1.114)$$

Стехиометрическая концентрация горючего пара или газа при горении в чистом кислороде (г/м<sup>3</sup>)

$$\Phi_{CX} = \frac{1000M}{(\beta + 1)V_t} \quad (1.116)$$

### П2.3.11 Горение твердых веществ и материалов

Приведенная массовая скорость выгорания (кг/(м<sup>2</sup>·с))

$$W_{П.Р} = W \cdot K_{П};$$

$$K_{П} = \frac{S_{П.Г}}{S_{ПОЖ}} \quad (1.47)$$

Пожарная нагрузка (массовая) (кг/м<sup>2</sup>)

$$P_{П.Н} = \frac{\sum M_i}{S} \quad (1.48)$$

Пожарная нагрузка (тепловая) (МДж/м<sup>2</sup>)

$$q_{П.Н} = \frac{\sum Q_{Пi}}{S} \quad (1.49)$$

Коэффициент поверхности горения (м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>)

$$k_{П} = \frac{S_{П.Г_i}}{S_{П_i}} \quad (1.51)$$

Коэффициент поверхности горения пожарной нагрузки (м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>)

$$k_{П} = \frac{\sum S_{П.Г_i}}{S} \quad (1.52)$$

Массовая скорость выгорания пожарной нагрузки (кг/с)

$$v_m = \frac{\Delta M}{\Delta \tau} \quad (1.54)$$

Приведенная массовая скорость выгорания (кг/(м<sup>2</sup>·с))

$$v_m^{ПР} = \frac{\Delta M}{\Delta \tau \cdot S_{П}} \quad (1.55)$$

Удельная скорость выгорания (истинная) (кг/м<sup>2</sup>·с)

$$v_m^{УД} = \frac{\Delta M}{\Delta \tau \cdot S_{П.Г}}; \quad (1.56)$$

$$v_m^{ПП} = \frac{v_m}{S_{II}}; \quad (1.57)$$

$$v_m^{YД} = \frac{v_m}{S_{II.Г}}; \quad (1.58)$$

$$v_m^{ПП} = v_m^{YД} K_{II}. \quad (1.59)$$

Линейная скорость распространения пламени по поверхности пожарной нагрузки (м/мин)

$$v_{Л} = \frac{\Delta L}{\Delta \tau}. \quad (1.60)$$

### П2.3.12 Параметры взрыва

Давление взрыва (Па)

$$P_{ВЗР} = \frac{p_0 T_{ВЗР}}{T_0} \cdot \frac{\sum n_i}{\sum n_{CM}}. \quad (3.58)$$

Максимальное давление при взрыве (Па)

$$P_{ВЗР \max} = \frac{p_0 T_{Г} n_K}{T_0 n_H}. \quad (2.1)$$

Диаметр огненного шара (м)

$$d_S = 55 \cdot \sqrt[3]{m_Y}; \quad (2.5)$$

$$d_S = 3,86 m^{0,32}. \quad (2.11)$$

Время существования огненного шара (с)

$$t_S = 3,8 \cdot \sqrt[3]{m_Y}; \quad (2.6)$$

$$t_S = 0,299 m^{0,32}. \quad (2.12)$$

Излучательная мощность огненного шара (Вт)

$$P_H = 3,72 \cdot 10^9 m_Y^{2/3}. \quad (2.14)$$

Избыточное давление индивидуальных горючих веществ (Па)

$$\Delta p = (p_{\max} - p_0) \frac{m \cdot Z}{V_{CB} \cdot \rho_{ГП}} \cdot \frac{100}{\Phi_{СХ}} \cdot \frac{1}{K_H}. \quad (3.1)$$

Избыточное давление в открытом пространстве (Па)

$$\Delta p = p_0 \left( \frac{0,8 m_{ПП}^{0,33}}{r} + \frac{5 m_{ПП}^{0,33}}{r^2} + \frac{5 m_{ПП}}{r^3} \right). \quad (3.28)$$

Внутренняя энергия (Дж)

$$Q_{ВН.ЭН.СМ} = \sum n_i C_i T. \quad (3.54)$$

Теплота взрыва (Дж)

$$Q_{ВЗР} = (Q_{Г.В} \cdot n_{Г.В} + Q_{ВН.ЭН}). \quad (3.56)$$

Приведенная масса газа или пара (кг)

$$m_{\text{ИП}} = \frac{Q_{\text{СГ}}}{Q_0} mZ. \quad (3.29)$$

Импульс ударной волны (Па·с)

$$i = 123 \frac{m_{\text{ИП}}^{0,66}}{r}. \quad (3.30)$$

### П2.3.13 Обозначения

#### П2.3.13.1 Давление

$p_0$  – давление при нормальных условиях, Па, кПа

$p$  – заданное давление, мм. рт.ст., Па, кПа;

$\Delta p$  – избыточное давление, мм. рт.ст., Па, кПа;

$p_{\text{ИП}}$  – давление насыщенного пара при температуре вспышки, температуре воспламенения;

$p_{\text{ВСП}}$  – парциальное давление пара исследуемой жидкости при температуре вспышки, кПа;

$p_{\text{В}}$  – парциальное давление пара исследуемой жидкости при температуре воспламенения, кПа;

$p_{\text{Н(В)}}$  – давление насыщенного пара, соответствующее нижнему (верхнему) концентрационному пределу воспламенения;

$p_{\text{ВЗР}}$  – давление взрыва, кПа;

$p_{\text{max}}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической газовой смеси в замкнутом объеме, кПа;

$p_{\text{ДИН}}$  – динамическое давление воздушного потока, следующего за фронтом ударной волны;

$L$  – уровень звукового давления, дБ.

#### П2.3.13.2 Температура

$T_0$  – начальная температура исходной смеси, °К;

$T$  – температура горючего вещества, °К;

$t$  – температура горючего вещества, °С;

$T_{\text{Г}}$  – температура горения, °К;

$T_{\text{СВ}}$  – температура самовоспламенения, °К;

$T_{\text{ВСП}}$  – температура вспышки, °К;

$T_{\text{В}}$  – температура воспламенения, °К;

$t_{\text{КИП}}$  – температура кипения жидкости, °С;

$T_{\text{Г}}^{\text{P}}$  – адиабатическая температура горения стехиометрической смеси с воздухом при постоянном объеме, °К;

$T_{\text{ВЗР}}$  – температуре взрыва.

#### П2.3.13.3 Пределы воспламенения

$t_{\text{Н(В)}}$  – нижний (верхний) температурный предел воспламенения, °С;

$\Phi_{H(B)}$  – нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения, % об.;

$C_{H(B)}$  – нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения, г/м<sup>3</sup>;

$\Phi_B$  – область воспламенения, % об.;

$\Phi_{H(T_1)}$ ,  $\Phi_{H(T_2)}$  – нижний концентрационный предел воспламенения при температуре  $T_1$  и  $T_2$ ;

$\Phi_{B(T_2)}$ ,  $\Phi_{B(T_1)}$  – верхний концентрационный предел воспламенения при температурах  $T_1$  и  $T_2$ ;

$\Phi_\Phi$  – минимальная флегматизирующая концентрация.

#### П2.3.13.4 Величины скорости

$W$  – удельная массовая скорость выгорания (с единицы поверхности), кг/м<sup>2</sup>·с;

$W_{IP}$  – приведенная удельная массовая скорость выгорания, кг/м<sup>2</sup>·с;

$v_m$  – массовая скорость выгорания пожарной нагрузки (масса горючего, выгорающего в единицу времени), кг/с;

$v_m^{IP}$  – приведенная массовая скорость выгорания (масса горючего, выгорающая в единицу времени с единицы площади пожара), кг/(м<sup>2</sup>·с);

$v_m^{yD}$  – удельная скорость выгорания (истинная) (масса горючего, выгорающая в единицу времени с единицы поверхности), кг/(м<sup>2</sup>·с);

$v_L$  – линейная скорость распространения пламени по поверхности пожарной нагрузки.

#### П2.3.13.5 Объемные величины

$V$  – объем, м<sup>3</sup>;

$V_0$  – объем воздуха при нормальных условиях, м<sup>3</sup>;

$V_B^0$  – теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг или 1 м<sup>3</sup> горючего вещества, м<sup>3</sup>/кг, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$V_B$  – практическое количество воздуха, потраченное на сгорание единицы массы или единицы объема горючего вещества, м<sup>3</sup>/кг, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$V_T$  – объем влажных продуктов сгорания при нормальных условиях, м<sup>3</sup>/кг;

$V_{IT}^0$  – теоретический объем продуктов сгорания, м<sup>3</sup>/кг;

$V_{CO_2}$ ,  $V_{H_2O}$ ,  $V_{SO_2}$ ,  $V_{N_2}$  – объем газов выделяющихся при сгорании сложных горючих веществ, м<sup>3</sup>/кг, кмоль/кг;

$V_{ITi}^0$  – объем  $i$ -го компонента (продукты реакции), м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, кмоль/кмоль, м<sup>3</sup>/кг;

$V_{CB}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;

$V_a$  – объем газа, вышедшего из аппарата, м<sup>3</sup>;

$V_m$  – объем газа, вышедшего из трубопровода, м<sup>3</sup>.

#### П2.3.13.6 Массовые (количественные) величины

$m$  – масса горючего, кг;

$m_{ПР}$  – приведенная масса газа или пара, кг;  
 $\Delta M_i$  – атомные (элементные) составляющие горючего вещества;  
 $M_i$  – масса  $i$ -го элемента горючего материала;  
 $M_B$  – масса воздуха, пошедшая на горение, кг;  
 $m_{CO_2}$ ,  $m_{H_2O}$ ,  $m_{N_2}$  – число киломолей диоксида углерода, паров воды и азота в уравнении реакции горения;  
 $m_C$ ,  $m_S$ ,  $m_H$ ,  $m_X$ ,  $m_O$ ,  $m_P$  – число атомов, соответственно, углерода, серы, водорода, галоида, кислорода и фосфора в молекуле жидкости;  
 $n_T$  – количество горючего, кмоль;  
 $n_C$ ,  $n_S$ ,  $n_H$ ,  $n_N$ ,  $n_O$ ,  $n_{Cl}$ ,  $n_F$ ,  $n_{Br}$  – соответственно число атомов углерода, серы, водорода, азота, кислорода, хлора, фтора и брома в молекуле данного вещества;  
 $[C]$ ,  $[H]$ ,  $[S]$ ,  $[O]$  – содержание углерода, водорода, серы и кислорода в горючем веществе, масс. %;  
 $n_{П,Г_i}$  – количество  $i$ -го продукта горения в уравнении реакции, кмоль;  
 $n_K$  – число молей газообразных продуктов горения;  
 $n_H$  – число молей исходной газовой смеси;  
 $m_P$  – масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;  
 $m_{EMK}$  – масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;  
 $m_{CCB.OKP}$  – масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг;  
 $m_{ПЕР}$  – масса жидкости, испарившейся в окружающее пространство в случае ее перегрева, кг.

### П2.3.13.7 Концентрация

$C_{CX}$  – стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ, г/м<sup>3</sup>;  
 $\Phi_{CX}$  – стехиометрическая концентрация, % об.;  
 $n_T$ ,  $m_i$  – стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции горения;  
 $\Phi_{N_2}$ ,  $\Phi_{O_2}$  – концентрация азота, кислорода в окислительной среде (% об.)

### П2.3.13.8 Плотность

$\rho_B$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{ТВ}$  – плотность материала, на поверхность которого разливается СУГ, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{П}$  – плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_S$  – плотность воздуха при давлении сжатия, кг/м<sup>3</sup>.

### П2.3.13.9 Площадь

$S$  – площадь пола помещения м<sup>2</sup>;  
 $S_{П,Г}$  – поверхность горения, м<sup>2</sup>;  
 $S_{ПОЖ}$  – площадь пожара, м<sup>2</sup>;  
 $S_{Пн}$  – площадь пожара элемента пожарной нагрузки, м<sup>2</sup>;  
 $S_{П,Г_i}$  – поверхность горения  $i$ -го изделия, м<sup>2</sup>;

$F_{исп}$  – площадь испарения, м<sup>2</sup>.

### П2.3.13.10 Тепловые величины

$\Delta H_{плг}$ ,  $\Delta H_{г}$  – соответственно стандартные теплоты образования  $i$ -го продукта горения (п.г) и горючего (г), кДж/моль, кДж/м<sup>3</sup>;

$Q_{п}$  – количество теплоты, выделяемое  $i$ -м горючим материалом, Дж;

$Q_{гор}$  – теплота горения данного вещества; кДж/моль, кДж/кг, кДж/м<sup>3</sup>;

$Q_{н}$  – низшая теплота горения, кДж/кг;

$Q_{в}$  – высшая теплота горения, кДж/кг;

$Q_{у}$  – теплота горения углеводорода, кДж/кг;

$Q_{вн.эн.см}$  – внутренней энергии взрывчатой паро-, газовой смеси, кДж;

$Q_{пг}$  – количество теплоты, затраченной на нагрев продуктов горения, кДж/моль; кДж/кг; кДж/м<sup>3</sup>;

$Q_{исх}$  – количество теплоты, поступившее в зону горения с горючим и окислительной средой, кДж/моль; кДж/кг; кДж/м<sup>3</sup>;

$Q_{недож}$  – теплота недожога, кДж/кг;

$Q_{пот}$  – тепло потери излучением, кДж/кг;

$L_{исп}$  – удельная теплота испарения жидкости при температуре перегрева жидкости  $T_a$ , Дж/кг;

$C_{тв}$  – теплоемкость материала, на поверхность которого разливается СУГ, Дж/(кг·К);

$C_{рi}$  – удельная теплоемкость  $i$ -го компонента продуктов горения при  $T_1$ , кДж/(м<sup>3</sup>·К), кДж/(кмоль·К);

$C_1, C_2, C_n$  – удельная теплоемкость компонентов взрывчатой горючей смеси, ккал/(моль·К);

$C_p$  – молярная теплоемкость при постоянном давлении, кДж/(кмоль·К);

$C_{v1}, C_{v2}, C_{v3}$  – молярные теплоемкости каждого компонента смеси при постоянном объеме, кДж/(кмоль·К);

$q$  – интенсивность теплового излучения, Вт/м<sup>2</sup>;

$E_{из}$  – энергия, выделяющаяся при изотропическом расширении среды, находящейся в резервуаре, Дж;

$Q_{сг}$  – удельная теплота горения газа или пара, Дж/кг;

$P_{и}$  – излучающая мощность, Вт;

$J$  – интенсивность тепловой энергии, кВт/м<sup>2</sup>.

### П2.3.13.11 Коэффициенты

$\beta$  – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$n$  – стехиометрический коэффициент при кислороде – количество молей кислорода, необходимое для полного окисления одного моля горючего вещества;

$D_0$  – коэффициент диффузии пара в воздухе при нормальной температуре, см<sup>2</sup>/с;



$D$  – коэффициент диффузии паров горючего вещества,  $\text{см}^2/\text{с}$ ;  
 $K_{\Pi}$  – коэффициент поверхности горения;  
 $m_{\text{г}}$  – йодное число (масса йода, которую присоединят 100 г масла);  
 $\lambda_{\text{ТВ}}$  – коэффициент теплопроводности материала, на поверхность которого разливается СУГ,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;  
 $\lambda_{\text{В}}$  – коэффициент теплопроводности воздуха,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ .

### **П2.3.13.12 Параметры взрыва**

$I$  – импульс ударной волны,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;  
 $G$  – масса взрывчатого (горючего) вещества,  $\text{кг}$ ;  
 $R$  – расстояние действия ударной волны,  $\text{м}$ ;  
 $\varphi$  – угол отражения волны,  $\text{град.}$ ;  
 $t_{\text{СЖ}}$  – время действия фазы сжатия,  $\text{с}$ ;  
 $r_0$  – радиус заряда,  $\text{м}$ ;  
 $E$  – энергия взрыва;  $\text{кДж}$ ;  
 $d_S$  – эффективный диаметр огненного шара,  $\text{м}$ ;  
 $\tau_S$  – время существования огненного шара,  $\text{с}$ ;  
 $r_S$  – радиус огненного шара,  $\text{м}$ ;  
 $R_{\text{ПР}}$  – расстояние от центра взрыва до приемника ударной волны,  $\text{м}$ .

### Приложение 3

#### Физико-химические константы горючих веществ

Таблица ПЗ.1. Показатели пожарной опасности некоторых твердых горючих материалов

Название	$T_{СВ}$ , °К	$T_3$ , °К	$Q_H$ , кДж/кг	$u_{max}$ , кг/(м <sup>3</sup> ·мин)
Антрацит	773	–	31425	–
Винипласт	723	623	18105	–
Волокно ацетатное	708	628	–	–
Волокно вискозное	718	593	15511,9	–
Волокно лавсан	713	663	22584,1	–
Волокно капрон	713	663	30754,6	–
Древесина сосновая ( $W=9\%$ )	568	528	12570...14665	–
Картон гофрированный	704	531	–	–
Каучук натуральный	–	402	44833	0,8
Линолеум релин	683	581	–	–
Пенопласт ПВХ	774	701	–	–
Парафин	503	431...468	–	–
ДВП (древесноволокнистая плита)	618	495	–	–
Пенополиуретан	753	713	24352	0,88...0,92
Сено ( $W=7,8\%$ )	(477)	477	–	–
Полистирол ПСБ-С	–	–	38967	0,86
Полиэтилен низкого давления	694	583	47137,5	0,62
Стекло органическое	733	533	–	0,86
Торф фрезерный	(498)	–	0,454	0,18 (в караванах)
Хлопок ( $W=4,5\%$ )	(478)	483	15712,5	0,24 (разрыхл.)

Таблица ПЗ.2. Показатели пожарной опасности некоторых газов

Название	Хим. формула	$T_{CB}$ , °К	КПВ, об.	$u_H$ , м/с	МВСК при разб. CO <sub>2</sub>	$E_{min}$ , мДж	Огнетуш. конц., % об.		$T_G$ расч., °К	Стехиом. смесь, % об.	
							CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		% газа	% воздуха
Аммиак	NH <sub>3</sub>	903	15...28	1,35	16,2	680	57	70			
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	608	2...18	0,42	9				2307	7,7	92,3
Оксид углерода	CO	883	12,5...74,2	2,67	9,8		53	69	2000	28,5	70,5
Водород	H <sub>2</sub>	783	4...74,2	0,37	7,9	0,017	62	76	2072	29,5	70,5
Метан	CH <sub>4</sub>	810	5...15	0,40	15,6	0,28	26	39	1927	9,5	90,5
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	745	3,22...12,45	0,38	13,8	0,24	34	46	1922	5,64	94,36
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	739	2,37...9,5	0,37	14,3	0,25	32	45	1987	4,02	95,98
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	678	1,86...8,41	0,385	14,9	90,25	29	41	2010	3,12	96,88
Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	507	1,25...6,9	0,63	14,6	0,25	30	43	2007	2,16	97,84
Этилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	813	3,75...29,6	–	12,1	0,12	42	52	2067	6,5	93,5
Сероводород	H <sub>2</sub> S	519	4,3...45,5	–	8		62			12,24	87,76
Водяной газ		773 ...873	6...70	–	–	–	–	–	–	–	–
Коксовый газ		913	5,6...30,8	–	–	–	–	–	–	–	–
Природный газ		823 ...1023	5,1 ...25	–	–	–	–	–	–	–	–
Доменный газ			65 ...73,9	–	–	–	–	–	–	–	–

Обозначения.  $T_{CB}$  – температура самовоспламенения; КПВ – область воспламенения;  $u_H$  – максимальное значение нормальной скорости горения; МВСК – минимальное взрывоопасное содержание кислорода при разбавлении газозвушной смеси углекислым газом;  $E_{min}$  – минимальная энергия зажигания;  $T_G$  – расчетная адиабатическая температура горения с учетом диссоциации продуктов горения.

Примечание. Состав газовых смесей: водяной газ CO – 37 %, CO<sub>2</sub> – 6,5 %, N<sub>2</sub> – 5,5 %, H<sub>2</sub> – 50 %, CH<sub>4</sub> – 0,5 %; коксовый газ CO – 6,0 %, CO<sub>2</sub> – 2,8 %, N<sub>2</sub> – 7,8 %, H<sub>2</sub> – 58 %, CH<sub>4</sub> – 22,5 %; природный газ CO – 3,3 %, CH<sub>4</sub> – 94 %, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> – 2,5 %; доменный газ CO – 28 %, CO<sub>2</sub> – 10,5 %, N<sub>2</sub> – 58,5 %, H<sub>2</sub> – 2,7 %, CH<sub>4</sub> – 0,3 %.

Таблица ПЗ.3. Физико-химические константы некоторых горючих жидкостей

Название	Химическая формула	$M$	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$d$ по возд.	$t_{пл}$ , °С	$t_{кип}$ , °С	$D_0 \cdot 10^{-4}$ , м <sup>2</sup> /с	$\Delta H_f^0$ , кДж/моль
Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58,08	790,8	2,0	-95,4	56,2	0,086	248,1
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,11	879	2,77	5,5	80,1	0,096	-34,8
Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86,18	659,3	3	-95,3	68,7	-	211,2
Глицерин	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	92,09	1260,4	3,2	17,9	290	0,08	675,4
Метанол	CH <sub>3</sub> OH	32,04	795	1,1	-97,8	64,7	0,162	239,0
Этанол	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46,07	789,3	1,6	-115	78,37	0,132	278,2
Пропанол-1	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	60,10	804,4	2,1	-127	98,8	0,080	307,1
Бутанол-1	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	74,12	809,8	2,6	-79,9	117,5	0,0681	3411,5
трет-Бутиловый спирт	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> COH	74,12	788,7	2,6	26,5	82,8	-	-
n-Амиловый спирт	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	88,15	814,4	3,1	-78,5	138	0,089	359,1
Толуол	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	92,14	866,9	3,2	-95	110,6	0,084	4,19
Эфир диэтиловый	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,12	713,5	2,6	117,6	35,6	0,896	283,2
Этиленгликоль	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	62,07	1114	2,15	-15,6	107,8	-	456,4
Бензин Б70		1	745	-	-	-	-	-
Керосин тракторный		-	823	-	-	-	-	-
Трансформаторное масло		-	877	-	-	-	-	-
Масло подсолнечное		91,0	913	-	-	-	-	-
Нефть карадагская		-	813	-	-	-	-	-
Скипидар		-	870	4,7	-	160	-	-

Обозначения:  $M$  – молекулярная масса;  $\rho$  – плотность при нормальных условиях;  $d$  – относительная масса (для воздуха 1,000);  $t_{пл}$  и  $t_{кип}$  – температура плавления и кипения при давлении 101325 Па;  $D_0$  – коэффициент диффузии в воздухе;  $\Delta H_f^0$  – теплота образования.

Таблица ПЗ.4. Физические константы некоторых горючих газов

Газ	Формула	$M$	$V_0$ , дм <sup>3</sup>	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$t_{пл}$ , °С	$t_{кип}$ , °С
Воздух		28,98	22,40	1,293	-231	-192

Газ	Формула	$M$	$V_0$ , дм <sup>3</sup>	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$t_{пл}$ , °С	$t_{кип}$ , °С
Оксид углерода	CO	28,011	22,40	1,25	-205	-192
Диоксид углерода	CO <sub>2</sub>	44,01	22,26	1,977	-56,6 (52 МПа)	возг. -78,6
Метан	CH <sub>4</sub>	16,043	22,36	0,717	-182,5	-161,5
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,07	22,16	1,357	-182,8	-88,6
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,097	22,00	2,019	-182,7	-2,1
н-Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,124	21,50	2,703	-138,4	-0,5
Этилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,054	22,24	1,26	-169,2	-103,7
Пропилен	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,081	21,96	1,915	-187,7	-47,8
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,038	22,22	1,173	-80,8	возг. -83,8
Водород	H <sub>2</sub>	2,016	22,43	0,09	-259,2	-252,7
Азот	N <sub>2</sub>	28,013	22,4	1,251	-210	-195,8
Оксид азота	NO	30,006	22,39	1,34	-163,7	-151,8
Сероводород	H <sub>2</sub> S	34,08	22,14	1,539	-85,6	-60,7
Аммиак	NH <sub>3</sub>	17,031	22,08	0,771	-77,7	-33,35
Диоксид серы	SO <sub>2</sub>	64,063	21,89	2,927	-72,7	-10,08
Серный ангидрид	SO <sub>3</sub>	80,062	22,49	3,60	16,8	44,8
Кислород	O <sub>2</sub>	31,999	22,39	1,429	-218,4	-182,9
Озон	O <sub>3</sub>	47,998	21,60	1,658	-251,5	-111,5
Хлористый водород	HCl	36,461	22,25	1,639	-112	-84
Хлор	Cl <sub>2</sub>	70,906	22,02	3,214	-102	-34
Фтор	F <sub>2</sub>	37,997	22,42	1,695	-223	-187
Вода (пар)	H <sub>2</sub> O	18,015	22,45	0,768	0	100
Гелий	He	4,003	22,42	0,178	-272,2 (2,6 МПа)	-268,9

Обозначения.  $M$  – молекулярная масса газа;  $V_0$  – объем, занимаемый одним мо-  
лем газа при нормальных условиях;  $\rho$  – плотность газа при нормальных услови-  
ях;  $t_{пл}$ ,  $t_{кип}$  – температура плавления и кипения газа при давлении 101325 Па.

Таблица ПЗ.5. Количество и состав продуктов горения

Горючее вещество	Состав продуктов горения, м <sup>3</sup> /кг			Кол-во продуктов горения		
	СО <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub> О	Н <sub>2</sub>	кг/кг	м <sup>3</sup> /кг	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
Акриловая кислота	0,96	0,62	3,50	6,76	5,08	–
Амилацетат	1,20	1,20	6,16	11,03	8,56	–
Амиловый спирт	1,27	1,53	7,20	12,72	10,00	–
Аммиак	–	1,97	3,71	6,21	5,68	4,32
Анилин	1,44	0,84	7,06	12,34	9,34	–
Ацетилен	1,73	0,86	8,11	14,20	10,70	12,40
Ацетон	1,16	1,16	5,82	10,48	8,14	–
Бензин	1,58	1,67	9,10	5,83	12,35	–
Бензол	1,73	0,86	8,11	4,20	10,70	–
Битум	1,49	1,16	7,74	6,88	10,39	–
Бумага, хлопок, хлопчатобумажные ткани	0,83	0,69	3,12	6,17	4,64	–
Бутан	1,54	1,93	9,44	16,38	12,91	33,44
Бутилацетат	1,16	1,16	5,82	10,48	8,14	–
Бутиловый спирт	1,21	1,51	6,80	12,10	9,52	–
Водород	–	11,20	21,00	34,97	32,20	2,38
Гексан	1,56	1,82	9,33	16,18	12,71	48,72
Глицерин	0,73	0,97	3,20	6,21	4,90	–
Дизельное топливо (соляровое масло)	1,60	1,50	8,85	15,41	11,95	–
Диэтиловый эфир	1,21	1,51	6,83	12,54	9,55	–
Древесина при W=10 %	0,84	0,74	3,28	6,35	4,86	–
Древесина при W=20 %	0,74	0,75	2,93	5,73	4,42	–
Древесина при W=30 %	0,65	0,78	2,56	5,10	3,99	–
Капролактам	1,20	7,10	6,24	11,50	8,54	–
Каучук натуральный	1,50	1,35	7,91	13,79	10,76	–
Каучук синтетический	1,61	1,18	8,03	14,16	10,82	–

Горючее вещество	Состав продуктов горения, м <sup>3</sup> /кг			Кол-во продуктов горения		
	СО <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub> О	Н <sub>2</sub>	кг/кг	м <sup>3</sup> /кг	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
Керосин	1,61	1,70	8,98	15,74	12,29	–
Кинопленка нитроцеллюлозная	0,80	0,60	2,92	5,71	4,43	–
Кинопленка триацетатная	0,91	0,64	3,42	6,58	4,97	–
Мазут	1,65	1,40	8,81	15,40	11,86	–
Метан	1,40	2,80	10,52	18,15	14,72	10,52
Метиловый спирт	0,70	1,42	3,94	7,40	6,06	8,64
Нефть	1,57	1,57	8,72	15,25	11,86	–
Пентан	1,55	1,87	9,36	16,27	12,78	–
Полистирол	1,72	0,86	8,10	14,15	10,68	–
Полипропилен	1,60	1,60	9,02	15,74	12,22	–
Полиэтилен	1,60	1,60	9,02	15,74	12,22	–
Пенополиуретан	1,06	0,79	4,69	8,58	6,55	–
Скипидар	1,65	1,32	8,66	15,11	1\63	–
Стирол	1,72	0,86	8,10	14,15	10,68	–
Толуол	1,86	1,06	9,02	15,00	11,94	–
Торф при W=10 %	0,98	0,67	4,01	7,41	5,66	–
Торф при W=20 %	0,87	0,71	3,56	6,74	5,14	–
Торф при W=30 %	0,76	0,74	3,12	5,99	4,62	–
Этиловый спирт	0,98	1,46	5,50	9,97	7,94	–
Этиленгликоль	0,72	1,08	3,25	6,35	5,06	–

Таблица ПЗ.6. Теоретическое количество воздуха

Горючее вещество	Количество воздуха		
	кг/кг	м <sup>3</sup> /кг	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
Акриловая кислота	5,74	4,44	–
Акриловометиловый эфир	7,72	5,58	–
Амилацетат	10,10	7,80	–

Горючее вещество	Количество воздуха		
	кг/кг	м <sup>3</sup> /кг	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
Амиловый спирт	11,76	9,10	–
Аммиак	6,10	4,70	3,57
Анилин	11,50	8,90	–
Ацетилен	13,27	10,25	11,90
Ацетон	9,50	7,35	–
Бензин	15,00	11,60	–
Бензол	13,27	10,25	–
Битум	13,19	9,45	–
Бумага, хлопок, хлопчатобумажные ткани	5,10	3,95	–
Бутан	15,45	11,94	30,94
Бутилацетат	9,50	7,35	–
Бутиловый спирт	11,10	8,64	–
Водород	34,50	26,60	2,38
Гексан	15,20	11,79	45,22
Глицерин	5,24	4,06	–
Дизельное топливо (соляровое масло)	14,60	11,5	–
Диэтиловый эфир	11,08	8,65	–
Древесина при $W=10\%$	5,43	4,20	–
Древесина при $W=20\%$	4,84	3,74	–
Древесина при $W=30\%$	4,58	3,54	–
Капролактам	10,00	7,76	–
Каучук натуральный	12,93	10,00	–
Каучук синтетический	13,15	10,16	–
Керосин	14,70	11,36	–
Кинопленка нитроцеллюлозная	4,68	3,62	–
Кинопленка триацетатная	6,05	4,34	–
Мазут	14,60	11,30	–
Метан	17,20	13,32	9,52



Горючее вещество	Количество воздуха		
	кг/кг	м <sup>3</sup> /кг	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
Метиловый спирт	6,47	4,99	7,14
Нефть	14,60	11,80	–
Пентан	15,30	11,85	–
Полистирол	14,30	10,25	–
Полипропилен	15,90	11,42	–
Полиэтилен	15,90	11,42	–
Пенополиуретан	7,77	6,00	–
Скипидар	14,20	10,96	–
Стирол	15,30	11,85	–
Толуол	13,50	10,46	–
Торф при $W=10\%$	6,60	6,01	–
Торф при $W=20\%$	5,86	4,54	–
Торф при $W=30\%$	5,14	3,96	–
Этиловый спирт	9,00	6,95	–
Этиленгликоль	5,37	4,16	–

Таблица ПЗ.7. Атомный вес некоторых элементов

Название	Химический знак	Порядковый номер	Атомный вес
Азот	N	7	14
Аргон	Ar	18	39,95
Бром	Br	35	79,9
Водород	H	1	1,01
Гелий	He	2	4,0
Йод	I	53	126,9
Кислород	O	8	16,0
Неон	Ne	10	20,18
Сера	S	16	32,06
Углерод	C	6	12,01

Название	Химический знак	Порядковый номер	Атомный вес
Фосфор	P	15	30,97
Фтор	F	9	19,0
Хлор	Cl	17	35,45

Таблица П3.8. Теплота горения некоторых веществ

Горючее вещество или материал	Низшая теплота горения $Q_{Н}^P$ , кДж/кг	Горючее вещество или материал	Низшая теплота горения $Q_{Н}^P$ , кДж/кг
Амилацетат	33534	Каучук натуральный	44833
Амиловый спирт	39047	Каучук синтетический	45252
Анилин	34777	Керосин	43157
Ацетилен	56000	Киноплёнка нитроцеллюлозная	15084
Ацетон	30969	Киноплёнка триацетатная	18780
Бензин	43576	Мазут	41900
Бензол	40807	Масло соляровое	43069
Битум	40807	Метан	35800
Бумага, хлопок, хлопчатобумажные ткани	13408	Нефть	46090
Бутан	45800	Полистирол	38967
Бутиловый спирт	36145	Полиэтилен	47138
Древесина при влажности $W=10\%$	16500	Пенополиуретан	243012
Древесина при влажности $W=20\%$	14400	Резина	335120
Древесина при влажности $W=30\%$	12200	Толуол	42355
Линолеум	33520	Торф влажностью $W=19\%$	16613

Горючее вещество или материал	Низшая теплота горения $Q_{Н}^P$ , кДж/кг	Горючее вещество или материал	Низшая теплота горения $Q_{Н}^P$ , кДж/кг
		Хлопок	15700

Таблица ПЗ.9. Теплота образования и горения некоторых веществ

Вещество	Теплота образования, кДж/моль	Теплота горения, кДж/моль
Альдегид муравьиный (ж)	121,1	561,5
Альдегид уксусный (ж)	166,3	1173,2
Аммиак (газ)	46,1	384,2
Анилин (ж)	29,7	3484,0
Антрацен (тв)	-101,4	7102,0
Ацетилен (газ)	-224,6	1307,3
Ацетон (ж)	248,1	1789,0
Бензол (ж)	-34,8	3282,4
Бутадиен-1,3 (ж)	-104,3	2547,9
н-Бутан (газ)	132,4	2882,3
н-Бутан (ж)	153,8	2863,0
Бутен-1 (газ)	6,3	2723,9
Винилхлорид (ж)	-37,7	1259,9
Винилхлорид (ж)	-17,2	1239,4
Вода (ж)	286,6	-
Вода (газ)	242,2	-
н-Гексан (ж)	167,2	4150,6
н-Гептан (ж)	239,7	4814,3
Глицерин (ж)	675,4	1658,8
Двуокись серы (газ)	297,5	-
Двуокись углерода (газ)	396,6	-
Диоксан (ж)	375,4	2354,8
Дифенил (тв)	-80,4	6258,2

<b>Вещество</b>	<b>Теплота образования, кДж/моль</b>	<b>Теплота горения, кДж/моль</b>
Изобутан (ж)	159,2	2857,6
Кислота бензойная	394,3	3233,8
Кислота масляная (ж)	525,0	2178,8
Кислота муравьиная (ж)	419,0	263,1
Кислота оленновая (тв)	625,1	11183,1
Кислота пропионовая (ж)	458,4	1589,3
Кислота стеариновая (тв)	937,7	11304,6
Кислота уксусная (ж)	485,6	942,7
Метан (газ)	75,0	891,5
Мочевина (тв)	–	636,9
Нафталин (тв)	–62,8	5161,2
Нитроэтан (ж)	144,1	1364,3
Оксид углерода (газ)	112,7	283,2
н-Пентан (ж)	184,4	3515,0
Пропан (газ)	109,4	2223,2
Пропан (ж)	125,3	2209,0
Сероводород (газ)	201,1	338,5
Серовуглерод (ж)	–88,0	979,6
Спирт н-амиловый (ж)	359,1	3297,5
Спирт н-бутиловый (ж)	341,5	2677,4
Спирт н-гексиловый (ж)	385,1	3996,8
Спирт метиловый (ж)	239,0	726,6
Спирт пропиловый (ж)	307,1	2019,6
Спирт этиловый (ж)	278,2	1374,3
Тиофен (ж)	–81,7	2536,2
Тетралин (тв)	81,7	5597,4
Толуол (ж)	4,19	3921,8
Фенол (тв)	171,4	3067,1

Вещество	Теплота образования, кДж/моль	Теплота горения, кДж/моль
Этан (газ)	88,4	1562,0
Этилбензол (ж)	33,1	4567,5
Этилен (газ)	-48,6	1391,1
Этиленгликоль (ж)	455,4	1152,2
Эфир диметилловый (ж)	207,8	1443,9
Эфир диэтиловый (ж)	283,2	2730,6
Эфир уксусноамиловый (ж)	594,7	4189,8
Эфир уксуснобутиловый (ж)	542,2	3551,4
Эфир уксуснометиловый (ж)	411,9	1635,8
Эфир уксусноэтиловый (ж)	480,2	2256,3

Таблица П3.10. Значение констант уравнения Антуана

Вещество	Химическая формула	M	Константы уравнения Антуана				
			A	B	C	D <sub>0</sub> , см <sup>2</sup> /с	n
н-Амилацетат	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130,196	7,16870	1579,510	221365	0,0520	1,87
Амилен	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,134	6,78568	1014,294	229,783	0,0690	1,84
н-Амиловый спирт	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88,149	7,18246	1287,625	161,330	0,0661	1,87
Аммиак	NH <sub>3</sub>	17,030	-	-	-	0,198	1,88
Анилин	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	93,128	6,92129	1457,020	176,195	0,0622	1,87
Ацетальдегид	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44,053	7,19160	1093,537	233,413	0,11	1,83
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,038	-	-	-	0,18	1,79
Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58,080	7,25058	1281,721	237,088	0,19	1,90
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,113	6,48898 6,98426	902,275 1252,776	178,099 225,178	0,0775	1,86
Бутадиен 1,3	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	54,091	-	-	-	0,0806	1,82
н-Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	-	-	-	0,0605	1,87
Бутен-1	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,107	-	-	-	0,0801	1,83
транс-Бутен-2	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,107	-	-	-	0,0801	1,82
н-Бутилацетат	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116,160	7,00641	1340,743	199,757	0,0574	1,87
н-Бутиловый спирт	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,122	9,59730	2664,684	279,638	0,0681	1,86

Вещество	Химическая формула	M	Константы уравнения Антуана				
			A	B	C	D <sub>0</sub> , см <sup>2</sup> /с	n
Водород	H <sub>2</sub>	2,016	–	–	–	0,66	1,70
Винилхлорид	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	62,499	–	–	–	0,104	1,82
n-Гексадекан	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226,445	6,78749	1656,405	136,869	0,0347	1,86
n-Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86,177	6,87024	1166,274	223,661	0,0663	1,55
n-Гексиловый спирт	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	102,176	7,27800	1420,273	165,469	0,0588	1,87
n-Гептан	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100,203	6,95154	1295,405	219,819	0,0609	1,54
Гидразин	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	32,045	8,87325	2266,447	266,316	0,167	1,86
Глицерин	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	92,094	9,05297	3074,220	214,712	0,08	1,9
n-Декан	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,284	7,39530	1809,975	227,700	0,0502	1,45
Дивиниловый эфир	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	70,091	6,98810	1055,259	228,589	0,0765	1,84
Диметиловый эфир	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46,069	–	–	–	0,108	1,85
Диметилформамид	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	73,094	7,03446	1482,985	204,342	0,0898	1,87
Диоксан-1,4	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88,106	7,51611	1632,425	250,725	0,0758	1,85
Дифтордихлорметан	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	120,914	–	–	–	0,0806	1,81
1,2-Дихлорэтан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	98,960	7,66135	1640,179	259,715	0,845	1,86
Диэтиламин	C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> N	73,138	7,22314	1267,557	236,329	0,0756	1,85
Диэтиловый эфир	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,122	6,99790	1098,945	232,372	0,0772	2,14
n-Додекан	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170,337	8,17081	2463,739	253,884	0,0399	1,88
Изобутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	–	–	–	0,0819	1,87
Изобутелен	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,11	–	–	–	0,0801	1,82
Изобутиловый спирт	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,122	8,70512	2058,392	245,642	0,0756	1,87
Изопентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	6,79306	1022,551	233,493	0,0700	1,76
Изопропилбензол	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120,194	6,93773	1460,668	207,652	0,0615	1,87
Изопропиловый спирт	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60,096	8,38,562	1733,000	232,380	0,831	1,92
m-Ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,167	7,00849	1461,925	215,973	0,0671	1,87
o-Ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,167	6,99891	1474,679	213,686	0,0671	1,88
p-Ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,167	6,99184	1454,328	215,411	0,0671	1,87

Вещество	Химическая формула	M	Константы уравнения Ангуана				
			A	B	C	D <sub>0</sub> , см <sup>2</sup> /с	n
Метан	CH <sub>4</sub>	16,0426	–	–	–	0,196	1,76
Метиловый спирт	CH <sub>3</sub> O	32,042	8,22777	1660,454	245,818	0,129	2,08
Метилэтилкетон	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72,107	7,02453	1292,791	232,340	0,0760	1,86
Нафталин	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128,173	10,55455 7,67291	3123,337 2206,690	243,569 245,127	0,0622	1,89
n-Нонан	C <sub>9</sub> H <sub>2</sub> O	128,257	7,05283	1510,695	211,502	0,0499	1,57
Окись углерода	CO	28,0104	–	–	–	0,149	1,72
Окись этилена	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44,0530	–	–	–	0,110	1,83
n-Октан	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,230	6,96903	1379,556	211,896	0,0503	1,77
n-Гептадекан	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212,418	6,94237	1739,084	157,545	0,0358	1,90
n-Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	6,84715	1062,555	231,805	0,0729	1,83
*-Пиколин	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	93,128	7,30064	1632,315	224,787	0,0754	1,88
*Пиродин	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N	79,101	6,78610	1217,730	196,342	0,0828	1,87
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,096	–	–	–	0,0977	1,80
Пропилен	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,080	–	–	–	0,0962	1,82
n-Пропиловый спирт	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60,096	8,31708	1751,981	225,125	0,085	1,88
Сероводород	H <sub>2</sub> S	34,076	–	–	–	0,141	1,82
Сероуглерод	CS <sub>2</sub>	76,131	7,00048	1202,471	245,616	0,0890	1,69
Стирол	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	104,161	7,94049	2113,057	272,986	0,0674	1,88 1
Тetraгидрофуран	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72,107	5,99964	753,805	175,793	0,0588	1,84
n-Тетрадекан	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198,391	7,27514	1950,497	190,513	0,0370	1,89
Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92,140	6,95508	1345,087	219,516	0,0753	1,65
n-Тридекан	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184,364	7,96895	2468,910	250,310	0,0384	1,89
2.2.4-Триметилпентан	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,230	6,81171	1259,150	221,085	0,0427	1,86
Уксусная кислота	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	60,052	–	–	–	–	2
n-Ундекан	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	153,311	7,68008	2102,959	242,574	0,0417	1,88
Формальдегид	CH <sub>2</sub> O	30,026	6,28480	607,399	197,626	0,146	1,81
Фталевый ангидрид	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	148,118	7,99959	2879,067	277,501	0,0616	1,87

Вещество	Химическая формула	M	Константы уравнения Антуана				
			A	B	C	D <sub>0</sub> , см <sup>2</sup> /с	n
Фтортрихлорметан	CCl <sub>3</sub> F	137,368	–	–	–	0,0603	1,83
Хлорбензол	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	112,558	7,26112	1607,316	235,351	0,0628	2,09
Хлорэтан	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	64,514	6,82723	954,119	229,554	0,0981	1,82
Циклогексан	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,161	6,64788	1095,531	210,064	0,0648	1,89
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,069	–	–	–	0,121	1,78
Этилацетат	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88,106	6,992409	1200,297	214,262	0,0733	1,89
Этилбензол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,167	6,95904	1425,464	213,345	0,0671	1,87
Этилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,054	–	–	–	0,109	1,80
Этиленгликоль	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub>	62,068	9,01261	2753,183	252,009	0,099	1,87 1
Этиловый спирт	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	76,069	8,68665	1918,508	252,125	0,110	1,51
Этилцеллозольв	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	90,122	8,74133	2392,56	273,15	0,0721	1,86
Бензин АИ-72 (зимний)	C <sub>6,991</sub> H <sub>13,108</sub>	97,2	5,07020	682,876	222,066	–60/85	2
Бензин АИ-93 (летний)	C <sub>7,024</sub> H <sub>13,706</sub>	98,2	4,99831	664,976	221,695	–60/95	2
Бензин АИ-93 (зимний)	C <sub>6,911</sub> H <sub>12,168</sub>	95,3	5,14031	695,019	223,220	–60/90	2
Бензин авиационный Б-70	C <sub>7,267</sub> H <sub>14,796</sub>	102,2	8,41944	2629,65	384,195	–40/110	2
Дизельное топливо «З»	C <sub>12,343</sub> H <sub>23,88</sub>	172,3	5,95338	1255,73	199,523	40/210	2
Дизельное топливо «Л»	C <sub>14,511</sub> H <sub>29,12</sub>	203,6	5,87629	1314,04	192,473	60/240	2
Керосин осветительный КО-20	C <sub>13,595</sub> H <sub>26,86</sub>	191,7	5,69697	1211,73	194,677	40/240	2
Керосин осветительный КО-22	C <sub>10,914</sub> H <sub>21,83</sub>	153,1	6,47119	1394,72	204,260	40/190	2
Керосин осветительный КО-25	C <sub>11,054</sub> H <sub>21,75</sub>	154,7	6,00016	1223,85	203,341	40/90	2
Ксилол (смесь изомеров)	Q <sub>7,99</sub> H <sub>9,98</sub>	106,0	7,05479	1478,16	220,535	0/50	2
Уайт-спирит	C <sub>10,5</sub> H <sub>21,0</sub>	147,3	8,01130	2218,3	273,15	20/80	
Масло трансформаторное	C <sub>21,74</sub> H <sub>42,28</sub> S	303,9	7,75932	2524,17	174,010	164/343	2



Вещество	Химическая формула	M	Константы уравнения Ангуана				
			A	B	C	$D_0, \text{см}^2/\text{с}$	n
Масло АМТ-300	$\text{C}_{21,74}\text{H}_{42,28}\text{S}_{0,04}$	312,9	6,99959	2240,001	167,85	170/376	2
Масло АМТ-300Т	$\text{C}_{19,04}\text{H}_{24,58}\text{S}_{0,196}\text{N}_{0,07}$	260,3	6,49540	2023,77	2023,77	171/396	2
Растворитель М	$\text{C}_{2,761}\text{H}_{7,147}\text{O}_{1,187}$	59,4	8,93202	2083,566	2083,566	0/50	2
Растворитель Р-4	$\text{C}_{6,231}\text{H}_{7,798}\text{O}_{0,223}$	86,3	7,15273	1415,199	1415,199	-15/100	2
Растворитель РМЛ-218	$\text{C}_{4,791}\text{H}_{8,318}\text{O}_{0,971}$	81,5	8,07751	1761,043	1761,043	0/50	2
Растворитель РМЛ	$\text{C}_{2,645}\text{H}_{5,910}\text{O}_{1,038}$	55,2	9,57161	2487,728	2487,728	0/50	2
Растворитель РМЛ-215	$\text{C}_{5,962}\text{H}_{9,779}\text{O}_{0,845}$	95,0	7,71160	1699,687	1699,687	0/50	2
Растворитель Р-4	$\text{C}_{5,452}\text{H}_{7,606}\text{O}_{0,535}$	81,7	7,17192	1373,667	1373,667	-15/100	2

Таблица ПЗ.11. Концентрационные пределы воспламенения

Вещество	Пределы воспламенения, % об.	
	нижний	верхний
Метан	5,00	15,00
Этан	3,22	12,45
Пропан	2,10	9,50
Бутан	1,80	8,41
изо-Бутан	1,86	8,44
изо-Пентан	1,32	–
Гексан	1,25	6,90
Гептан	1,00	6,00
Октан	0,95	–
Нонан	0,83	–
Декан	0,67	–
Этилен	2,75	28,60
Пропилен	2,00	11,10
Бутилен	1,70	9,00
Амилен	1,60	–

Вещество	Пределы воспламенения, % об.	
	нижний	верхний
Ацетилен	2,50	80,00
Бензол	1,41	6,75
Толуол	1,27	6,75
о-Ксилол	1,00	6,00
Циклопропан	2,40	10,40
Циклогексан	1,33	8,35
Метилциклогексан	1,15	–
Метиловый спирт	6,72	36,50
Этиловый спирт	3,28	18,95
Пропиловый спирт	2,55	–
изо-Пропиловый спирт	2,65	–
Бутиловый спирт	1,70	–
изо-Бутиловый спирт	1,68	–
Амиловый спирт	1,19	–
изо-Амиловый спирт	1,20	–
Ацетальдегид	3,97	–
Метиловый эфир	2,00	10,10
Этиловый эфир	1,85	36,50
Виниловый эфир	1,70	27,00
Ацетон	2,55	12,80
Метилэтилкетон	1,81	9,50
Метилбутилкетон	1,55	8,15
Метилформиат	5,05	22,70
Этилформиат	2,75	16,40
Метилацетат	3,15	15,60
Этилацетат	2,18	11,40
Пропилацетат	2,05	–
изо-Пропилацетат	2,70	–

Вещество	Пределы воспламенения, % об.	
	нижний	верхний
Бутилацетат	1,70	–
Амилацетат	1,10	–
Водород	4,00	74,20
Оксид углерода	12,50	74,20
Аммиак	15,50	27,00
Оксид этилена	3,00	80,00
Оксид пропилена	2,00	22,00
Диоксан	1,97	22,25
Диэтилпероксид	2,34	–
Сероуглерод	1,25	50,00
Сероводород	4,30	45,50
Хлористый метил	8,25	18,70
Хлористый винил	4,00	21,70
Хлористый этил	4,00	14,80
Хлористый амил	1,40	–
Ацетилендихлорид	9,70	12,80
Этилендихлорид	6,20	15,90
Бромистый метил	13,50	14,50
Бромистый этил	6,75	11,25

Таблица ПЗ.12. Показатели пожарной опасности некоторых газов

Газ	Плотность по воздуху	Температура самовоспламенения, °К	Пределы воспламенения, %	
			нижний	верхний
Аммиак	0,59	903	15,0	28,0
Ацетилен	0,9	608	2,0	81,0
Бутан	2,0	678	1,9	9,1
Бутилен	1,93	657	1,6	9,4

Газ	Плотность по воздуху	Температура самовоспламенения, °К	Пределы воспламенения, %	
			нижний	верхний
Водород	0,069	783	4,0	75,0
Метан	0,55	810	5,0	15,0
Окись углерода	0,967	883	12,5	74,0
Окись этилена	1,5	702	3,0	80,0
Окись пропилена	2,0	673	2,0	22,0
Пропан	1,56	739	2,1	95,0
Пропилен	1,45	683	2,2	10,3
Сероводород	1,19	519	4,3	46,0
Этан	1,04	745	2,9	15,0
Этилен	0,97	813	3,0	32,0

Таблица ПЗ.13. Показатели пожарной опасности некоторых жидкостей

Жидкость	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Температура самовоспламенения, °К		Температурные пределы воспламенения, °К	Концентрационные пределы воспламенения, %	
		нижняя (L <sub>всп</sub> )	верхняя		верхний	нижний
Анилин	1022	835	343	363	1,3	4,2
Альдегид уксусный	780	458	235	–	4,0	5,0
Ацетон	790	738	253	279	2,2	13,0
Бензол	879	813	259	283	1,4	7,1
Глицерин	1260	673	431	513	–	–
Кислота уксусная (ледяная)	1049	727	308	349	3,3	22,0
Сероуглерод	1263	363	223	299	1,0	50,0
Спирт изоамиловый	816	628	310	335	1,07	5,0
Спирт бензи-	1050	673	360	418	1,0	15,5

Жидкость	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Температура самовоспламенения, °К		Температурные пределы воспламенения, °К	Концентрационные пределы воспламенения, %	
		нижняя ( <i>t<sub>всп</sub></i> )	верхняя	верхний	нижний	верхний
ловый						
Спирт н-бутиловый	814	683	304	333	1,52	7,9
Спирт изобутиловый	820	828	299	323	1,89	7,3
Спирт метиловый	195	737	280	312	6,0	34,7
Спирт н-пропиловый	803	643	293	326	2,02	13,55
Спирт изопропиловый	785	693	281	310	2,25	11,65
Спирт этиловый	789	693	284	314	3,6	19,0
Стирол	902	803	299	332	1,08	6,2
Толуол	866	809	273	303	1,3	6,7
Этиленгликоль	1114	653	385	397	3,8	6,35
Эфир диэтиловый	713	437	228	386	1,7	49
Эфир уксусноизоамиловый	870	703	276	330	0,2	4,35
Бензин	722...806	528...765	228...239	249...269	0,76...0,79	5,16...8,12
Нефть (биби-эбатская)	730...1040	533	296	323	1,4	–
Нефть карадагская	730...1040	593	252	292	1,3	–
Уайт-спирит	760...790	523	306	341	0,7	5,6
Скипидар	–	513	578	599	0,8	–
Керосин тракторный	–	523	589	632	1,4	7,8

Таблица ПЗ.14. Давление насыщенных паров некоторых индивидуальных веществ, Па

Вещество	Атмосферное (внешнее) давление, Па								
	133,322	1333,22	2666,44	5332,88	7999,32	13332,2	26664,4	53328,8	101325
	Температура, °К								
Акриловая кислота	276,5	312,0	325,0	339,2	348,0	359,1	376,3	395,0	414,0
Альдегид уксусный	191,5	216,2	225,2	235,2	241,6	250,4	263,0	277,9	293,3
Ангидрид уксусный	274,7	309,0	321,8	335,1	343,8	355,2	373,0	392,8	412,6
Ацетон	213,6	241,9	252,2	163,6	271,0	280,7	295,7	312,5	329,5
Бензол	236,3	261,5	270,4	280,6	288,4	299,1	315,2	333,6	353,1
Бромистый этил	198,7	225,5	235,2	246,3	253,5	263,2	287,5	294,0	311,4
Бутилбензол	295,7	335,0	349,3	365,4	375,6	389,2	409,9	432,2	456,1
Бутилформиат	246,6	271,1	291,0	304,6	312,8	324,0	340,9	359,2	379,0
Метилэтил-кетон	224,2	255,3	266,5	279,0	287,0	298,0	314,6	333,0	352,6
Метилцикло-гексан	237,1	269,8	281,7	295,0	303,5	317,1	332,6	252,6	373,9
3-метил-2-бутанол	253,1	283,3	291,3	302,6	309,2	318,5	332,0	346,8	361,9
2-метилбутан	190,1	216,0	225,7	236,5	243,4	—	267,1	283,5	300,8
Окись этилена	198,0	224,0	233,7	244,5	251,7	261,0	275,1	290,8	307,5
Октан	259,0	281,3	304,5	318,1	326,8	338,7	356,0	377,0	398,6
Пропилбензол	279,3	316,4	329,8	344,6	354,1	—	386,5	408,7	432,2
<b>СПИРТЫ</b>									
Аллиловый	253,0	283,5	294,7	306,4	313,3	323,0	337,5	353,2	369,6
Амиловый	286,6	317,9	328,8	341,0	348,5	358,8	375,0	392,8	410,8
Бензиловый	331,0	365,6	378,8	392,8	402,3	414,7	433,0	456,0	477,7
Бутиловый	271,8	303,2	314,5	326,4	333,3	343,1	357,3	373,8	390,5
Бутиловый	270,8	389,9	300,3	311,1	318,2	327,1	340,9	356,9	372,5

Вещество	Атмосферное (внешнее) давление, Па								
	133,322	1333,22	2666,44	5332,88	7999,32	13332,2	26664,4	53328,8	101325
	Температура, °К								
(вторичный)									
Изобутиловый	264,0	287,3	294,7	317,1	324,7	334,58	348,9	364,4	381,0
Метилловый	229,0	256,8	267,0	278,8	285,1	294,2	307,8	322,9	337,7
н-пропиловый	258,0	287,7	298,3	309,4	316,5	325,8	339,8	365,0	370,8
Пропиловый (вторичный)	249,1	275,4	285,7	296,8	303,5	312,5	326,0	340,8	355,5
Этиловый	241,7	270,7	231,0	292,0	299,0	309,9	321,4	336,8	351,4
Стирол	266,0	303,8	317,6	332,8	342,5	355,0	374,3	395,5	418,2
Сероуглерод	199,2	228,3	238,7	250,5	257,7	267,9	283,4	301,0	319,5
Толуол	246,3	279,4	291,4	304,8	313,3	324,9	342,5	362,5	383,6
Этилбензол	263,2	298,9	311,6	325,8	334,8	347,1	365,7	386,8	409,2
ЭФИРЫ									
Диэтиловый	198,7	224,9	234,5	245,2	251,2	261,5	275,2	290,9	376,0
Уксусно- Метилловый	215,8	243,7	253,9	265,1	272,5	282,4	297,0	313,0	330,8
Уксусно- пропиловый	246,3	278,4	289,0	301,8	310,0	320,8	337,0	–	374,8
Уксусно- Этиловый	229,6	259,5	270,0	282,1	289,6	300,0	315,0	332,3	350,1

Таблица ПЗ.15 Величина параметров  $r$  и  $\ell$  для вычисления температурных пределов воспламенения некоторых жидкостей

Гомологический ряд	Формула $n = 0, 1, 2, 3, \dots$	Параметры	
		°К	$\ell$
Нормальные алканы	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$	0,6957 0,7874	73,8 50,3
2-метилалканы	$(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}(\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$	0,6885 0,7900	74,9 52,2

Нормальные 1-алкены	$\text{CH}_2=\text{CH} - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$	0,6867 0,7976	74,5 49,5
Нормальные жирные Спирты	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{OH}$	0,5746 0,6928	33,7 15,0
2-метилкарбинолы	$(\text{CH}_3)_2 \text{CH} - (\text{CH}_2)_n - \text{OH}$	0,6582 0,7278	44,1 21,5
n-Алкилформиаты	$\text{HCOO} - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$	0,5359 0,6050	47,6 25,0
n-Алкилацетаты	$\text{CH}_3 \text{COO} - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$	0,5940 0,7761	50,9 40,8

Примечание. Числитель параметра относится к нижнему температурному пределу воспламенения, знаменатель параметра – к верхнему температурному пределу воспламенения.

Таблица ПЗ.16. Физические параметры сухого воздуха при атмосферном давлении

$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$C_p, \text{кДж/(кг}\cdot^\circ\text{К)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot^\circ\text{К)}$	$\mu \cdot 10^6, \text{Па}\cdot\text{с}$
-40	1,515	1,013	2,12	15,21
-20	1,329	1,009	2,28	16,91
0	1,295	1,005	2,44	17,17
20	1,205	1,005	2,59	18,15
40	1,128	1,005	2,76	19,13
60	1,060	1,005	2,90	20,11
80	1,000	1,009	3,05	21,09
100	0,946	1,009	3,21	21,88
120	0,898	1,009	3,24	22,86
140	0,854	1,013	3,49	23,74
160	0,815	1,017	3,64	24,52
180	0,779	1,022	3,78	25,31
200	0,776	1,026	3,94	26,00
250	0,674	1,038	4,27	27,37
300	0,615	1,047	4,61	29,72
350	0,566	1,059	4,91	31,39



$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$C_p, \text{кДж/(кг}\cdot^\circ\text{К)}$	$\lambda\cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot^\circ\text{К)}$	$\mu\cdot 10^6, \text{Па}\cdot\text{с}$
400	0,524	1,068	5,21	33,06
500	0,456	1,093	5,74	36,20
600	0,404	1,114	6,22	39,14
700	0,362	1,135	6,71	41,79
800	0,329	1,156	7,18	44,34
900	0,301	1,172	7,63	46,05
1000	0,277	1,185	8,07	51,21

Таблица П3.17. Давление насыщенных паров индивидуальных жидкостей в зависимости от температуры

Вещество	Температура ( $^\circ\text{C}$ ) при давлении (мм рт. ст.)									
	1	5	10	20	40	60	100	200	400	760
Ацетон	-59,4	-40,5	-31,1	-20,8	-9,4	-2,0	-7,7	+22,7	+39,5	+56,5
Альдегид уксусный	-81,5	-65,1	-56,8	-47,8	-37,8	-31,4	-22,6	-10,0	+4,9	+20,2
Ангидрид уксусный	+1,7	+24,8	+36,0	+48,8	+62,1	+70,8	+82,2	+100,0	+119,8	+139,6
Акриловая кислота	+3,5	+27,3	+39,0	+52,0	+66,2	+75,0	+86,1	+103,3	+122,0	+141,0
Бензол	-36,7	-19,6	-11,5	-2,6	+7,6	+15,4	+26,1	+42,2	+60,6	+80,1
Бензиловый спирт	+57,0	+80,8	+92,6	+105,8	+119,8	+129,3	+141,7	+160,0	+183,0	+204,7
Бутилбензол	+22,7	+48,8	+62,0	+76,3	+92,4	+102,6	+116,2	+136,9	+159,2	+188,1
Бромистый этил	-74,3	-56,6	-47,5	-37,8	-26,7	-19,5	-10,0	+14,5	+21,0	+38,4
Бутилформиат	-26,4	-4,7	+6,1	+18,0	+31,6	+39,8	+51,0	+67,9	+86,2	+106,0
Метилэтилкетон	-48,8	-28,0	-17,7	-6,5	+6,0	+14,0	+25,0	+41,6	+60,0	+79,6
Метилциклогексан	-35,9	-14,0	-3,2	+8,7	+22,0	+30,5	+42,1	+59,6	+79,6	+100,6
3-метил-2-бутанон	-19,9	-1,0	+8,3	+18,3	+29,6	+36,2	+45,5	+59,0	+73,8	+88,9
2-метилбутан	-82,9	-65,8	-57,0	-47,3	-36,5	-29,6	-20,0	-5,9	+105	+27,8
Окись пропилена	-75,0	-57,8	-49,0	-36,3	-28,4	-21,3	-12,0	+2,1	+17,8	-34,5
Октан	+14,0	+8,3	+19,2	+31,5	+45,1	+53,8	+65,7	+83,6	+104,0	+125,6
Пропилбензол	+6,3	+31,3	+43,4	+56,8	+71,6	+81,1	+94,0	+113,5	+135,7	+159,2
Спирт амиловый	+13,6	+34,7	+44,9	+55,8	+68,0	+75,8	+85,6	+100,0	+119,9	+137,8
Спирт бензиловый	+58,0	+80,8	+92,6	+105,8	+119,8	+129,0	+141,7	+160,0	+183,0	+204,7

Таблица ПЗ.18. Основные физические константы некоторых газов

Название	$M$	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$d$	$t_{пл}$ , °К	$t_{кип}$ , °К	$C_{P298K}$ , кДж/(моль·°К)	$\lambda \cdot 2,38 \cdot 10^2$ , Вт/(м·°К)	$Q_{H}^C$ , кДж/моль	$\Delta H_F^C$ , кДж/моль
Воздух	28,98	1,293	1	-213	-192	1	7,5	–	0
Ar	39,95	1,784	1,38	-189,3	-185,7	–	5,2	–	0
CO	28,01	1,25	0,967	-205	-192	29,15	7,2	283,2	-110,6
CO <sub>2</sub>	44,01	1,977	1,529	-56,6	78,5	37,13	5,3	–	396,9
CH <sub>4</sub>	16,04	0,717	0,555	-182,5	-161,6	35,79	10,9	890,95	75
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,07	1,357	1,049	-182,5	-88,6	52,7	7,3	1560,92	98,4
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,097	2,019	1,562	-187,4	-42,1	73,51	6,3	2221,52	103,9
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,124	2,703	2,091	-138,4	-0,5	97,78	5,6	2880,43	32,4
Изо-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,124	2,668	2,064	-159,6	-11,7	96,82	5,8	2873,44	–
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,151	3,457	2,674	-129,7	36,1	122,6	5,3	3539,1	116,4
n-C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	86,178	3,84	2,97	-95,3	68,1	146,7	5	4197,7	167,2
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,054	1,26	0,975	-169,2	-103,7	–	7,4	1411,91	-52,28
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,038	1,173	0,9	-80,8	-83,8	43,93	6,8	1257	-226,75
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,114	3,48	2,69	5,5	80,1	81,67	4,4	3282,4	82,83
H <sub>2</sub>	2,016	0,09	0,07	-259,2	-252,7	28,83	53,4	286,02	0
H <sub>2</sub> O (пар)	18,015	0,768	0,594	0	100	33,56	–	–	242,2
N <sub>2</sub>	28,013	1,251	0,967	-210	-195,8	29,10	7,5	–	0
Ne	20,183	0,9	0,696	-248,6	-245	–	–	–	0
O <sub>2</sub>	31,999	1,429	1,105	-218,4	-182,9	29,36	7,6	–	0
He	131,3	5,89	4,51	-112	-108,1	–	41,6	–	0
NH <sub>3</sub>	17	–	–	–	–	–	–	316,52	0
H <sub>2</sub> S	76,14	1,263	2,6	-112,1	46,25	–	–	–	–

Обозначения.  $M$  – молекулярная масса газа;  $\rho$  – плотность при нормальных условиях;  $d$  – относительная масса (для воздуха равна 1,000);  $t_{пл}$  и  $t_{кип}$  – температура плавления и кипения, при давлении 101325 Па;  $C_{P298K}$  – теплоемкость;  $\lambda$  – теплопроводность при 373 °К;  $Q_{H}^C$  – теплота горения;  $\Delta H_F^C$  – теплота образования.

Таблица ПЗ.19. Средняя объемная теплоемкость газов

Температура $T$ , °К	Теплоёмкость $C_p$ , кДж/(м <sup>3</sup> ·°К) *								
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
0	1,601	1,495	1,295	1,307	1,735	1,277	1,551	2,221	1,828
100	1,701	1,506	1,507	1,318	1,814	1,292	1,643	2,497	2,063
200	1,789	1,523	1,301	1,366	1,889	1,298	1,760	2,777	2,284
300	1,864	1,543	1,308	1,357	1,957	1,300	1,887	3,046	2,497
400	1,931	1,567	1,317	1,378	2,019	1,303	2,017	3,311	2,688
500	1,990	1,591	1,329	1,399	2,070	1,306	2,142	3,555	2,865
600	2,043	1,616	1,341	1,417	2,116	1,309	2,263	3,781	3,028
700	2,090	1,642	1,354	1,435	2,154	1,313	2,379	3,989	3,172
800	2,133	1,669	1,368	1,451	2,183	1,318	2,496	4,184	3,310
900	2,171	1,697	1,381	1,466	2,216	1,324	2,604	4,365	3,434
1000	2,205	1,724	1,393	1,478	2,237	1,330	2,701	4,533	3,550
1100	2,237	1,751	1,404	1,490	2,263	1,337	2,788	4,687	3,658
1200	2,265	1,778	1,415	1,502	2,279	1,344	2,865	4,829	3,757
1300	2,291	1,804	1,426	1,512	2,292	1,352	–	–	–
1400	2,315	1,829	1,436	1,521	2,313	1,360	–	–	–
1500	2,337	1,854	1,445	1,531	2,325	1,368	–	–	–
1600	2,357	1,877	1,454	1,539	2,342	1,376	–	–	–
1700	2,376	1,901	1,462	1,547	2,355	1,384	–	–	–
1800	2,393	1,923	1,470	1,555	2,367	1,393	–	–	–
1900	2,413	1,944	1,477	1,563	2,384	1,401	–	–	–
2000	2,424	1,964	1,484	1,570	2,397	1,409	–	–	–
2100	2,438	1,964	1,490	1,577	2,409	1,415	–	–	–
2200	2,450	2,002	1,496	1,584	2,426	1,424	–	–	–
2300	2,462	2,020	1,502	1,591	2,438	1,431	–	–	–
2400	2,473	2,038	1,505	1,597	2,455	1,438	–	–	–
2500	2,483	2,054	1,512	1,604	2,468	1,456	–	–	–
2600	2,495	2,071	1,528	1,614	2,485	–	–	–	–

Температура $T$ , °К	Теплоёмкость $C_p$ , кДж/(м <sup>3</sup> ·°К) *								
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
2700	2,504	2,089	1,532	1,618	2,501	–	–	–	–
2800	2,512	2,106	1,537	1,624	2,518	–	–	–	–
2900	2,521	2,124	1,541	1,631	2,535	–	–	–	–
3000	2,530	2,142	1,545	1,638	2,552	–	–	–	–

\* Средняя теплоемкость приводится для температурного интервала от 273 °К до указанной в таблице температуры

Таблица П3.20. Энтальпия (теплосодержание) газов при постоянном давлении

Температура, °К	Теплосодержание, кДж/моль					
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
0	0	0	0	0	0	0
100	3,0	2,9	2,9	3,8	3,3	4,1
200	6,0	5,8	5,8	8,0	6,8	8,5
300	9,1	8,8	8,9	12,5	10,4	13,2
400	12,4	11,8	11,9	17,3	14,0	18,2
500	15,7	14,9	15,1	22,3	17,8	23,3
600	19,1	18,1	18,3	27,5	21,7	28,5
700	22,5	21,3	21,5	32,8	25,8	33,9
800	26,0	24,6	24,8	38,2	29,9	39,3
900	29,6	28,0	28,2	43,8	34,2	44,8
1000	33,1	31,3	31,6	49,4	38,6	50,3
1100	36,8	34,8	35,1	55,1	43,2	55,9
1200	40,4	38,2	38,6	60,9	47,8	61,5
1300	44,0	41,7	42,1	66,8	52,6	67,2
1400	47,7	45,3	45,6	72,7	57,4	72,3
1500	51,5	48,8	49,2	78,6	62,3	78,4
1600	55,2	52,4	52,8	84,6	67,3	84,1
1700	59,0	55,9	56,4	90,5	72,4	89,8

Температура, °К	Теплосодержание, кДж/моль					
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
1800	62,8	59,5	60,0	96,6	77,6	95,6
1900	66,6	63,1	63,6	102,6	82,8	101,2
2000	70,4	66,8	67,3	108,6	88,1	107,1
2100	74,2	70,4	71,0	114,7	93,4	112,7
2200	78,1	74,1	74,7	120,8	98,8	118,5
2300	82,0	77,8	78,4	126,9	104,2	124,2
2400	85,9	81,5	82,1	133,0	109,6	130,0
2500	89,9	85,1	85,9	139,1	115,1	135,8
2600	94,0	89,0	89,3	145,3	119,4	141,5
2700	97,9	92,6	93,1	151,5	124,8	147,3
2800	101,8	96,4	96,8	157,6	130,3	153,0
2900	105,1	100,5	100,5	163,8	135,8	158,8
3000	110,1	103,8	104,2	169,9	141,2	164,7

Таблица П3.21. Энтальпия (теплосодержание) газов при постоянном давлении

Температура, °С	Теплосодержание $\Delta H$ , кДж/м <sup>3</sup> ·10 <sup>-2</sup>					
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
0	0	0	0	0	0	0
100	1,3	1,3	1,3	1,7	1,5	1,8
200	2,7	2,6	2,6	3,6	3,0	3,8
300	4,1	3,9	3,9	5,6	4,7	5,9
400	5,5	5,3	5,3	7,7	5,9	8,2
500	6,7	6,7	6,7	9,3	6,3	10,3
600	8,5	8,1	8,1	12,3	9,7	12,7
700	10,0	9,5	9,6	14,6	11,5	15,1
800	11,6	11,0	11,1	17,1	13,4	17,5
900	13,2	12,5	12,6	19,5	15,3	19,9

Температура, °С	Теплосодержание $\Delta H$ , кДж/м <sup>3</sup> ·10 <sup>-2</sup>					
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
1000	14,8	14,0	14,1	22,1	17,2	22,4
1100	16,4	15,5	15,6	24,6	19,3	24,9
1200	18,0	17,1	17,2	27,2	21,3	27,4
1300	19,7	18,6	18,8	29,8	23,5	29,8
1400	21,3	20,1	20,4	32,4	25,6	32,4
1500	23,0	21,8	21,9	35,1	27,8	34,9
1600	24,6	23,4	23,6	37,7	30,0	37,5
1700	26,3	25,0	25,2	40,4	32,3	40,0
1800	28,0	26,6	26,8	43,1	34,6	42,6
1900	29,7	28,2	28,4	45,8	36,9	45,3
2000	31,4	29,8	30,0	48,5	39,3	47,9
2100	33,1	31,4	31,7	51,2	41,7	50,6
2200	35,0	33,0	33,3	53,9	44,1	53,4
2300	36,6	34,7	35,0	56,6	46,7	56,1
2400	38,3	36,3	36,6	59,3	48,9	58,9
2500	40,0	38,0	38,3	62,1	51,4	61,7
2600	41,8	39,5	40,0	64,8	53,9	64,6
2700	43,7	41,4	41,6	67,6	56,4	67,5
2800	45,5	43,0	43,2	70,3	59,0	70,5
2900	47,3	44,7	44,8	73,1	61,6	73,5
3000	49,4	46,3	46,5	75,9	64,3	76,6

Таблица П3.22. Температура воспламенения, °К, некоторых предельных углеводородов в зависимости от средней углеродной цепи

$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$
3,0	743	5,0	560	7,0	496	9,0	482	11,0	478	13,0	477
3,1	738	5,1	547	7,1	495	9,1	481	11,1	478	13,1	477
3,2	733	5,2	535	7,2	494	9,2	481	11,2	478	13,2	477

$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$
3,3	728	5,3	528	7,3	494	9,3	481	11,3	478	13,3	477
3,4	723	5,4	522	7,4	493	9,4	480	11,4	478	13,4	477
3,5	717	5,5	517	7,5	492	9,5	480	11,5	478	13,5	476
3,6	712	5,6	513	7,6	491	9,6	480	11,6	477	13,6	476
3,7	706	5,7	511	7,7	490	9,7	480	11,7	477	13,7	476
3,8	699	5,8	509	7,8	489	9,8	479	11,8	477	13,8	476
3,9	693	5,9	508	7,9	489	9,9	479	11,9	477	13,9	476
4,0	686	6,0	507	8,0	488	10,0	479	12,0	477	14,0	476
4,1	680	6,1	505	8,1	487	10,1	479	12,1	477	14,1	476
4,2	673	6,2	504	8,2	486	10,2	479	12,2	477	14,2	476
4,3	665	6,3	503	8,3	486	10,3	479	12,3	477	14,3	476
4,4	654	6,4	502	8,4	485	10,4	478	12,4	477	14,4	476
4,5	643	6,5	501	8,5	484	10,5	478	12,5	477	14,5	476
4,6	631	6,6	500	8,6	484	10,6	478	12,6	477	14,6	476
4,7	617	6,7	499	8,7	483	10,7	478	12,7	477	14,7	476
4,8	601	6,8	498	8,8	483	10,8	478	12,8	477	14,8	476
4,9	581	6,9	497	8,9	482	10,9	478	12,9	477	14,9	476

Таблица ПЗ.23. Температура самовоспламенения,  $^\circ K$ , некоторых предельных одноатомных спиртов в зависимости от средней углеродной цепи

$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$
2,0	737	3,6	658	5,2	582	6,8	545	8,4	525	10,0	512
2,1	736	3,7	649	5,3	579	6,9	543	8,5	524	10,5	509
2,2	734	3,8	642	5,4	577	7,0	542	8,6	523	11,0	507
2,3	732	3,9	634	5,5	574	7,1	540	8,7	522	11,5	506
2,4	730	4,0	628	5,6	572	7,2	539	8,8	521	12,0	505
2,5	728	4,1	623	5,7	569	7,3	537	8,9	520	12,5	505
2,6	725	4,2	619	5,8	567	7,4	536	9,0	519	13,0	504
2,7	721	4,3	614	5,9	564	7,5	535	9,1	519	13,5	504

$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_{CB}, ^\circ K$
2,8	716	4,4	610	6,0	562	7,6	534	9,2	518	14,0	503
2,9	711	4,5	606	6,1	560	7,7	533	9,3	517	14,5	503
3,0	706	4,6	602	6,2	557	7,8	531	9,4	516	15,0	502
3,1	696	4,7	599	6,3	555	7,9	530	9,5	516	15,5	502
3,2	693	4,8	595	6,4	553	8,0	529	9,6	515	16,0	501
3,3	636	4,9	592	6,5	551	8,1	528	9,7	514	16,5	501
3,4	678	5,0	588	6,6	549	8,2	527	9,8	513	17,0	500
3,5	669	5,1	585	6,7	547	8,3	526	9,9	513	17,5	500

Таблица ПЗ.24. Температура самовоспламенения,  $^\circ K$ , некоторых ароматических углеводородов в зависимости от средней длины углеродной цепи

$l_{CP}$	$T_C, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_C, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_C, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_C, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_C, ^\circ K$	$l_{CP}$	$T_C, ^\circ K$
-2	843	-1	835	0	819	1	712	2	703	3	697
-1,9	842	-0,9	835	0,1	810	1,1	711	2,1	702	3,1	697
-1,8	841	-0,8	834	0,2	794	1,2	710	2,2	701	3,2	697
-1,7	840	-0,7	833	0,3	774	1,3	709	2,3	701	3,3	697
-1,6	840	-0,6	832	0,4	753	1,4	708	2,4	700	3,4	696
-1,5	839	-0,5	831	0,5	733	1,5	707	2,5	700	3,5	696
-1,4	838	-0,4	830	0,6	723	1,6	706	2,6	699	3,6	696
-1,3	837	-0,3	829	0,7	718	1,7	705	2,7	699	3,7	696
-1,2	837	-0,2	827	0,8	715	1,8	704	2,8	698	3,8	696
-1,1	836	-0,1	824	0,9	713	1,9	703	2,9	698	3,9	696

Таблица ПЗ.25. Значение параметров для расчета минимальной флегматизирующей концентрации инертных газов

Параметры, моль/Дж	Значение параметров при разбавлении смеси		
	азотом, $\times 10^{-5}$	водяным паром, $\times 10^{-5}$	двуокисью углерода, $\times 10^{-5}$
$h'_f$	0,864	0,800	0,735



Параметры, моль/Дж	Значение параметров при разбавлении смеси		
	азотом, $\times 10^{-5}$	водяным паром, $\times 10^{-5}$	двуокисью углерода, $\times 10^{-5}$
$h'_{\Phi}$	1,256	0,780	0,579
$h'_C$	2,5277	1,651	1,251
$h'_H$	0,7592	0,527	0,418
$h'_O$	0,197	1,446	0,542
$h'_N$	-0,151	-0,147	-0,135
$h'_{C=C}$	1,500	1,500	1,500
$h''_{\Phi}$	2,800	2,236	2,020
$h''_C$	5,946	5,000	4,642
$h''_H$	1,486	1,250	1,160
$h''_O$	-2,973	-2,500	-2,321
$h''_{C=C}$	0	0	0
$h''_N$	0	0	0

Таблица П3.26. Физико-химические константы горючих веществ

Наименование вещества	Состояние	Теплота образования ( $\Delta H$ ) из элементов, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{К}$	Теплота горения ( $\Delta H_T$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{К}$	Теплоемкость ( $C_p$ ) при постоянном давлении, Дж/(моль·°К)	Теплота испарения ( $\Delta H_{исп}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
н-Амиловый спирт $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{OH}$	г	-36,39	3377,70	-	46,05
Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	ж	-29,70	3396,2	199,6	-
Антрацен ( $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ )	тв	-	-7117,87	207,04	-
Ацетон ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )	г	-210,96	-	75,3	32,29
Ацетон	ж	-248,23	1789,77	124,73	-

Наименование вещества	Состояние	Теплота образования ( $\Delta H$ ) из элементов, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298$ °К	Теплота горения ( $\Delta H_f$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298$ °К	Теплоемкость ( $C_p$ ) при постоянном давлении, $\frac{\text{Дж}}{(\text{моль} \cdot \text{°К})}$	Теплота испарения ( $\Delta H_{исп}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
Ацетальдегид (CH <sub>3</sub> COH)	г	-106,36	1167,89	62,8	27,00
Ацетилен (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	г	226,748	1299,618	43,928	48,14
Бензол (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	г	+82,927	3301,51	81,67	78,284
Бензол	ж	+49,627	–	130,77	–
Бензофенон (C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O)	тв	-32,91	7515,98	–	–
н-Буан (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	г	126,15	2878,05	97,45	–
Нафталин (C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> )	тв	+75,44	5245,0	165,3	–
н-Гексан (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	г	-167,19	4197,7	143,09	28,88
н-Гексан (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	ж	-198,82	–	194,93	–
Гептан (C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> )	г	-187,82	–	165,98	–
Гептан (C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> )	ж	-224,39	4856,7	138,9	–
Глицерин C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	ж	-059,71	1661,84	223,11	76,05
Двуокись углерода (CO <sub>2</sub> )	г	-393,501	–	37,15	6,031
Дибензил (C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> )	тв	–	–	251,18	–
Диметиламин (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	г	-24,6	–	69,37	–
Диоксан (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )	ж	-397,81	–	152,7	31,77
Дифенил (C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> )	тв	-102,69	6272,66	197,17	48,02
1,1-Дихлорэтан (CHCl <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub> )	г	–	1118,08	76,27	30,56
1,2-Дихлорэтан	г	–	1134,41	79,53	32,23

Наименование вещества	Состояние	Теплота образования ( $\Delta H$ ) из элементов, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{K}$	Теплота горения ( $\Delta H_{\Gamma}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{K}$	Теплоемкость ( $C_p$ ) при постоянном давлении, $\text{Дж}/(\text{моль}\cdot^\circ\text{K})$	Теплота испарения ( $\Delta H_{\text{исп}}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
( $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2\text{Cl}$ )					
Диэтиловый эфир ( $\text{C}_2\text{H}_5$ ) <sub>2</sub> O	ж	-273,2	2728,54	-	26,71
о-Ксилол $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	г	+186,995	4590,37	133,26	-
о-Ксилол $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	ж	-24,439	-	187,9	36,71
м-Ксилол $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	г	+ 17,238	4596,61	127,57	36,84
м-Ксилол $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	ж	+25,418	-	183,3	-
м-Ксилол $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	г	+17,948	4598,31	126,86	36,56
м-Ксилол $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	ж	-24,429	-	183,7	-
Метан ( $\text{CH}_4$ )	г	-74,847	890,34	35,715	-
Метиловый спирт ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )	г	-201,17	764,43	49,4	35,28
Метиловый спирт ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )	ж	-238,57	-	81,6	-
Муравьиная кислота ( $\text{НСООН}$ )	г	-362,63	262,92	54,4	-
Муравьиная кислота ( $\text{НСООН}$ )	ж	-409,20	-	-	-
Этилбензол ( $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{C}_2\text{H}_5$ )	ж	-	-	-	36,31
Этиленгликоль $\text{C}_2\text{H}_4(\text{ОН})_2$	ж	-	-	-	56,93

Наименование вещества	Состояние	Теплота образования ( $\Delta H$ ) из элементов, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{К}$	Теплота горения ( $\Delta H_T$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{К}$	Теплоемкость ( $C_p$ ) при постоянном давлении, $\frac{\text{Дж}}{(\text{моль}\cdot^\circ\text{К})}$	Теплота испарения ( $\Delta H_{исп}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
н-Бутиловый спирт $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	г	282,132	2721,00	–	43,83
трет-Бутиловый спирт $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$	ж	324,72	2634,25	–	–
Октан ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ )	г	–208,55	5515,7	188,87	34,62
Пентан ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ )	г	–166,44	5064,42	120,21	52,12
Пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )	г	–103,847	22111,516	73,51	–
Этилен	г	–	–	43,56	–
Пропан	ж	–125,185	2207,281	–	–
н-Пропиловый спирт $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OH}$	ж	–306,98	2064,93	46	46,15
изо-Пропиловый спирт $(\text{CH}_3)_2\text{CH-OH}$	г	–268,61	1987,41	–	40,19
изо-Пропиловый спирт $(\text{CH}_3)_2\text{CH-OH}$	ж	–320,29	–	–	–
Пропилбензол $(\text{C}_6\text{H}_5 - \text{C}_3\text{H}_7)$	ж	–	–	–	–
изо-Пропилбензол $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2)$	ж	–	–	–	37,92
Сахароза $(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$	тв	–2222,09	5651,43	43,119	–
Толуол $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3)$	г	+49,999	3930,48	103,760	33,53
Толуол	ж	+ 11,905	–	157,11	–

Наименование вещества	Состояние	Теплота образования ( $\Delta H$ ) из элементов, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{K}$	Теплота горения ( $\Delta H_{\Gamma}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{K}$	Теплоемкость ( $C_p$ ) при постоянном давлении, $\text{Дж}/(\text{моль}\cdot^\circ\text{K})$	Теплота испарения ( $\Delta H_{\text{исп}}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ )					
Тетрафенилметан ( $\text{C}_{25}\text{H}_{20}$ )	тв	–	12987,58	368,18	–
Уксусная кислота ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )	г	–436,4	–	–	–
Уксусная кислота ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )	ж	–487,018	871,72	123,4	27,2
Фенонтрен ( $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ )	тв	–	–	234,42	–
Хлорбензол ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ )	ж	+116,3	7084,81	145,6	30,77
Циклогексан ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ )	ж	–	3954,89	106,27	30,73
Циклогексанол ( $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$ )	ж	–	3748,47	–	–
Этиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) (этанол)	г	–235,31	1410,03	71,1	38,59
Этиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) (этанол)	ж	–277,63	–	111,46	10,52
Вода ( $\text{H}_2\text{O}$ )	ж	–285,838	–	75,25	–
Вода ( $\text{H}_2\text{O}$ )	г	–	–	33,56	–
Этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )	г	–84,667	1560,92	52,65	–
Этилацетат ( $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ )	ж	–463,2			
Сернистый ангидрид ( $\text{SO}_2$ )	г	–296,9	–	–	–

Наименование вещества	Состояние	Теплота образования ( $\Delta H$ ) из элементов, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{К}$	Теплота горения ( $\Delta H_{\Gamma}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , при $T=298^\circ\text{К}$	Теплоемкость ( $C_p$ ) при постоянном давлении, $\frac{\text{Дж}}{(\text{моль}\cdot^\circ\text{К})}$	Теплота испарения ( $\Delta H_{\text{исп}}$ ), $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
Хлористый водород (HCl)	г	-92,311	-	-	-
Цианистый водород (HCN)	г	-130,5	-	-	-
Кислород (O <sub>2</sub> )	г	-	-	29,37	-
Азот (N <sub>2</sub> )	г	-	-	29,10	-
Водород (H <sub>2</sub> )	г	-	-241,6	-	-

Таблица П3.27. Внутренние энергии газов

Температура, °К	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
200	4039,5	4131,6	4152,5	4152,5	-	-
300	6027,8	6022,4	6023,0	6233,0	6948,8	7497,1
400	8104,1	8363,6	8317,6	8325,95	10059,0	10084,1
600	12290,1	12926,4	12583,1	12729,2	17309,1	15433,8
800	16523,7	17853,3	17070,5	17204,5	25563,9	21323,6
1000	20837,8	23069	21834,2	22060,2	34521,9	27531,3
1200	25300,2	28473,2	26832,3	27146,2	43965,6	34325,2
1400	29934,1	34002,9	32006,2	32403,0	53765,0	41525,0
1600	34710,0	39666,5	37305,6	37778,7	63819,8	49143,6
1800	39675,0	45426,5	42726,5	43258,1	73083,8	57159,8
2000	44790,2	51270,1	48256,2	48829,7	84502,8	65510,9
2200	50139,4	57210,1	52819,4	54464,5	95035,8	74092,2
2400	55397,6	63250,5	59441,2	60131,9	105088,1	82882,8
2600	58885,4	69362,0	65092,3	65824,8	116450,4	91861,8

Температура, °К	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
2800	66477,9	74553,1	70865,5	71563,9	127300,5	100967,3
3000	72129,0	81811,2	76605,5	77340,5	138177,0	109769,0
3200	77853,5	88228,4	82316,7	–	149025,0	118850,7
3400	83656,5	94667,7	88119,6	–	160090,7	128116,1
3600	89522,2	101178,2	99939,2	–	171198,3	137483,6
3800	95443,5	107771,5	99975,6	–	189305,8	147036,2
4000	101416,9	114362,4	105620,4	–	193476,2	159213,7

Таблица ПЗ.28. Зависимость скорости роста площади горения (м<sup>2</sup>/мин) от степени огнестойкости и типа объекта

Помещения	Степень огнестойкости				
	0,3237	0,5298	0,9246	1,1356	2,1496
Производственные	0,3237	0,5298	0,9246	1,1356	2,1496
Складские	1,5395	2,1980	2,8313	3,0691	3,9016
Жилые	1,3427	1,8751	3,7243	3,5427	3,0152
Лечебные	0,4591	1,0626	1,3198	2,0163	3,1817
Административные	0,6210	1,7924	2,2913	3,7190	4,0712
Зрелищные	0,7161	1,8232	2,3215	3,1026	3,9753

Таблица ПЗ.29. Параметры элементов пожарной нагрузки

Предметы, изделия	Размеры предметов и изделий, м	Масса изделий и предметов, кг	Коэффициент поверхности горения
Верстак столярный	1,5×0,8×0,1	54	4
Декорация из дерева	6×4×0,05	180	163,3
Диван	2×0,8×0,9	65	6,2
Журналы форматом 70×108 1/8 на стеллажах	1×0,2×0,27	23	2,6...4,3
Книги форматом 70×108 1/8 на стеллажах	1×0,18×0,26	30	2,7...4,4
Стеллаж для профилей и папок	0,43×1,5×1,34	31	6,9

<b>Предметы, изделия</b>	<b>Размеры предметов и изделий, м</b>	<b>Масса изделий и предметов, кг</b>	<b>Коэффициент поверхности горения</b>
Стеллаж для инструментов с полками и ящиками	0,1×0,45×2,0	75	16,6
Стеллаж многоярусный для книг и журналов	1×0,25×3,2	144	7,8
Стол двухтумбовый из фанеры	1,3×0,65×0,75	30	5,4
Стол двухтумбовый из досок	1×0,65×0,77	32	3,7
Стол канцелярский	1×0,65×0,75	18	4,1
Стул деревянный	0,4×0,4×0,82	4	2,2
Стул полумягкий деревянный	0,45×0,4×0,85	5	4,2
Шкаф книжный	1,1×0,35×1,5	23	7,4
Шкаф специальный для приборов	1,5×0,5×2,5	100	10,3
Шкаф платяной	1,2×0,45×1,25	45	8,1
Ящик тара деревянный	2,6×2×1,2	137	3,1
Ящик тара деревянный	2×1,4×1,2	124	3,9
Ящик тара деревянный	2,4×1,5×0,5	100	2,0
Ящик тара фанерный	0,39×0,27×0,21	1,5	3,6
Ящик тара картонный	Разных размеров	0,3...2,0	3,3...7



## Литература

1. Теория горения и взрыва : учебник и практикум для вузов / А. В. Тотай [и др.] ; под общей редакцией А. В. Тотая, О. Г. Казакова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 254 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08180-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/510814>
2. Эквист Б.В., Теория горения и взрыва : учебник / Эквист Б.В. - М. : МИ-СиС, 2018. - 180 с. - ISBN 978-5-906953-90-2 - Текст : электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906953902.html>
3. Муравьева С.Б., Сухов С.С. Теория горения и взрыва. Брянск: РИО БГУ, 2016. — 174 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/2062031/>
4. Евдокимов А.А., Кисс В.В. Процессы горения и взрыва, Учебно-методическое пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 40 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/2174491/>
5. Липкович И.Э., Петренко Н.В., Орищенко И.В. Теория горения и взрыва. Учебное пособие для практических занятий. – зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2014. – 120 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/1600989/>
6. Ивахнюк Г.К., Малинин В.Р., Хмелева В.А., Поляков А.И. Теория горения и взрыва. Учебное пособие, Санкт-Петербургский государственный Технологический институт, Санкт – Петербург, 2013 г., -178 стр. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/1827254/>
7. Теория горения и взрыва: практикум: учебное пособие /В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, С.С. Тимофеева /под общ. ред. В.А. Девисилова. –М.: ФОРУМ, 2012. -352 с.
8. Конспект лекций по дисциплине «Теория горения и взрыва» для студентов направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям). / Сост.: В.И.Сафонов. – Стаханов: ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2021. – 87 с.
9. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория горения и взрыва» для студентов направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям). / Сост.: В.И. Сафонов. – Стаханов: ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2021. – 41 с.
10. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к практическим занятиям по дисциплине  
«ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА»  
для студентов направления подготовки  
Профессиональное обучение (по отраслям),  
профили «Безопасность технологических процессов и производств», «Горное  
дело. Подземная разработка пластовых месторождений», «Горное дело. Техно-  
логическая безопасность и горноспасательное дело» (в 2-х частях).  
Часть 2. Приложения

С о с т а в и т е л ь:  
Валентин Иванович Сафонов

Печатается в авторской редакции.  
Компьютерная верстка и оригинал-макет автора.

Подписано в печать \_\_\_\_\_  
Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типограф. Гарнитура Times  
Печать офсетная. Усл. печ. л. \_\_\_\_\_. Уч.-изд. л. \_\_\_\_\_  
Тираж 100 экз. Изд. № \_\_\_\_\_. Заказ № \_\_\_\_\_. Цена договорная.

Издательство Луганского государственного  
университета имени Владимира Даля

*Свидетельство о государственной регистрации издательства  
МИ-СРГ ИД 000003 от 20 ноября 2015г.*

**Адрес издательства:** 91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а  
**Телефон:** 8 (0642) 41-34-12, **факс:** 8 (0642) 41-31-60  
**E-mail:** [uni@snu.edu.ua](mailto:uni@snu.edu.ua) **http:** [www.snu.edu.ua](http://www.snu.edu.ua)