

УДК 614.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСНОВАННОГО НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЕСКРИПТОРОВ И ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Королев Д.С., Калач А.В., Каргашилов Д.В.

Для расчета времени эвакуации людей, согласно методике, изложенной в ГОСТ 12.1.004-91 необходимы такие пожароопасные показатели веществ: удельная массовая скорость выгорания, линейная скорость распространения пламени, низшая теплота сгорания. В большинстве случаев исходные данные в справочной и нормативной литературе отсутствуют. В таких случаях рекомендуется использовать параметры вещества, схожие по строению с исходным веществом. Полученные результаты имеют большую погрешность, которая не обеспечивает комплексный подход к разработке системы предотвращения пожара. Для оптимизации выбора мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности, предлагается использовать метод прогнозирования основанный на использовании молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей. При помощи метода, были спрогнозированы отсутствующие параметры для дипропилкетона. В результате апробации данного подхода по расчету времени эвакуации людей на примере предельных кетонов дипропилкетона и бензола, входящего в состав первого, был проведен расчет. Сравнивая полученные результаты, видно, что воздействие опасных факторов пожара на человека наступают в случае использования спрогнозированных значений, что обеспечивает более жесткий подход в обеспечении пожарной безопасности. Методика ГОСТ 12.1.004-91 в комплексе с методом прогнозирования, основанным на использовании молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей зарекомендовал себя с положительной стороны и позволяет рассчитывать время эвакуации людей с приемлемой точностью.

Ключевые слова: прогнозирование, дескрипторы, искусственные нейронные сети, расчет времени эвакуации.

(Поступила в редакцию 9 сентября 2015 г.)

Введение. Нейронные сети – это одно из научных направлений исследований в области искусственного интеллекта, основанное на попытках воспроизвести нервную систему человека, а именно: способность программы обучаться и исправлять ошибки, что должно позволить смоделировать, хотя и достаточно грубо, работу человеческого мозга.

Классификация нейронных сетей по характеру обучения делит их на:

- нейронные сети, использующие обучение с учителем;
- нейронные сети, использующие обучение без учителя.

На сегодняшний день искусственные нейронные сети состоят из таких элементов, функции которых выполняют аналогичные простейшие функции биологического нейрона, а затем выстраивают свою работу. Рассматривая небольшое сходство, искусственные нейронные сети показывают такие свойства, какие присущи мозгу. В качестве примера можно рассмотреть процесс обучения сети, когда происходит процесс обобщения уже имеющихся данных, извлечение новых сведений из поступающей информации.

Не смотря на выше сказанное, предположить, что искусственные нейронные сети смогут в полном объеме дублировать функции человеческого мозга будет ошибкой. Самые сложные сети находятся на низком уровне, поэтому стоит трезво оценивать современные реалии, но и игнорировать удивительное сходство тоже будет не верно. Как бы не были ограничены возможности нейронных сетей, глубокое проникновение в человеческий интеллект с совместным использованием множества приложений, могут быть не за горами.

Различают следующие свойства искусственных нейронных сетей: обучение, обобщение, абстрагирование, применимость.

Одним из важных свойств нейронных сетей является их способность к обучению, в результате чего повышается их точность и производительность. Стоит отметить, что производительность увеличивается в соответствии с определенными правилами. Обучение нейронной сети происходит посредством интерактивного процесса корректировки синаптических весов и порогов. В идеальном случае нейронная сеть получает знания об окружающей среде на каждой итерации процесса обучения.

Существует много понятий обучения и довольно много видов деятельности ассоциируется с понятием. Именно поэтому нет точного определения.



Рисунок 1 – Классификация искусственных нейронных сетей

Если рассматривать процесс обучения с позиции нейронной сети, то можно сказать так: обучение – это процесс, в котором свободные параметры нейронной сети настраиваются посредством моделирования среды, в которую эта сеть встроена. Тип обучения определяется способом подстройки этих параметров.

Стоит также отметить, что на современном этапе развития, когда накоплен огромный объем экспериментальных данных, особое внимание уделяется компьютерным методам обработки характеристик уже исследованных веществ с целью предсказания свойств, которыми обладают еще не исследованные соединения, либо которыми будут обладать новые, еще не синтезированные.

Метод прогнозирования пожароопасных свойств при помощи построения структура-свойство или метод, за которым исторически сложилось англоязычное название Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) проводит процедуру построения моделей, позволяющих по структурам химических соединений предсказывать разнообразные пожароопасные свойства вещества.

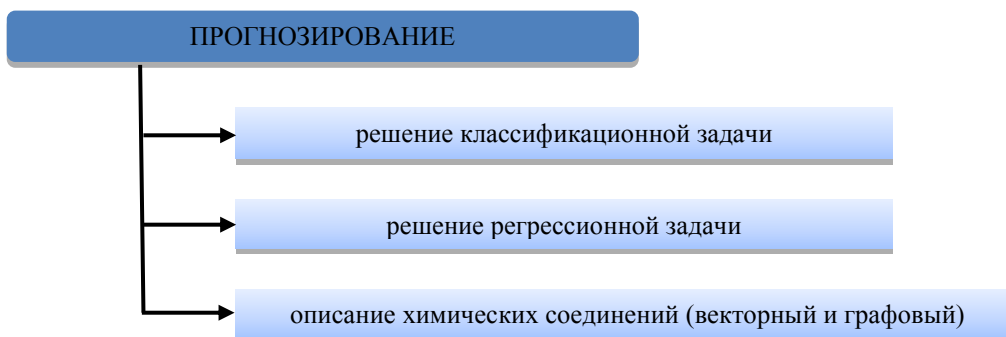


Рисунок 2 – Виды прогнозирования

Количественные соотношения структура-свойство основаны на применении методов математической статистики и машинного обучения для построения моделей, позволяющих по описанию структур химических соединений предсказывать свойства веществ.

На рис. 2 показаны виды прогнозирования, применяемые в различных областях.

При прогнозировании свойств на качественном уровне, говорят о решении классификационной задачи, при прогнозировании числовых значений свойств говорят о решении регрессионной задачи. Описание структур химических соединений может быть векторным или не векторным (графовым). При векторном описании химической структуре ставится в соответствие вектор молекулярных дескрипторов, который представляет собой вид молекулярного графа.

Существующие дескрипторы могут быть условно разделены на категории: фрагментные дескрипторы, топологические индексы, физико-химические дескрипторы, квантово-химические дескрипторы, дескрипторы молекулярных полей, константы заместителей, фармакофорные дескрипторы, дескрипторы молекулярного подобия.

Результаты. Исходя из вышеизложенного с целью прогнозирования пожароопасных свойств веществ, был предложен метод основанный на совместном использовании молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей.

В предыдущих работах [1, 2, 3] нами были показаны возможности данного способа. На примере решения задачи, связанной с прогнозированием свойств веществ альдегидов и кетонов, применяли полученные данные в выборе класса зоны (температурного класса электрооборудования, способа установки системы молниезащиты и т. д.) [4].

В качестве объекта исследования выбран метод, изложенный в ГОСТ 12.1.004 – 91* «Пожарная безопасность. Общие требования» [5]. Метод усовершенствовали за счет применения способа прогнозирования пожароопасных свойств веществ основанного на использовании дескрипторов и искусственных нейронных сетей.

Такой выбор не случаен, поскольку в оригинальном алгоритме расчета времени эвакуации заложена взаимосвязь с низшей теплотой сгорания вещества, линейной скоростью распространения пламени, удельной массовой скоростью выгорания. Ранее нами было отмечено, что в отечественной методике нет алгоритма определения свойств веществ, отсутствующих в справочной и другой литературе. Поэтому выполнен сравнительный анализ полученных величин в ходе определения времени эвакуации на примере бензола и дипропилкетона.

В методе, описанном в ГОСТ 12.1.004-91 для расчета времени эвакуации людей используют уравнения:

$$t_{кр}^m = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[\frac{70 - t_0}{(273 + t_0)z} \right] \right\}^{1/n}, \quad (1)$$

$$B = \frac{353C_p V}{(1 - \varphi)\eta Q}, \quad (2)$$

$$A = 1,05\psi_F \cdot v^2, \quad (3)$$

$$t_{кр}^{n.6} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{V \ln(1,05\alpha E)}{l_{np} B D_m z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (4)$$

$$Z = \frac{h}{H} \exp \left(1,4 \frac{h}{H} \right) \quad \text{при } H \leq 6 \text{ м}, \quad (5)$$

$$t_{нб} = \frac{0,8t_{кр}}{60}, \quad \text{где } t_{кр} = \min \{ t_{кр}^m, t_{кр}^{n.6} \}, \quad (6)$$

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{0,044}{\frac{B L_{O_2}}{V} + 0,27} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (7)$$

$$t_{кр}^{m,z} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{VX}{BLz} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (8)$$

где $t_{кр}^m$ – предельно допустимое значение по повышенной температуре;
 n – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени;
 t_0 – начальная температура воздуха в помещении, °С;
 z – безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения;
 B – размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг;
 A – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг·с⁻ⁿ;
 C_p – удельная изобарная теплоемкость газа МДж·кг⁻¹;
 V – свободный объем помещения, м³,
 φ – коэффициент теплопотерь;
 η – коэффициент полноты горения;
 Q – низшая теплота сгорания материала, МДж·кг⁻¹;
 ψ_F – удельная массовая скорость выгорания жидкости, кг·м⁻²·с⁻¹
 v – линейная скорость распространения пламени, м·с⁻¹
 $t_{кр}^{n,6}$ – предельно допустимое значение по потери видимости;
 α – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;
 E – начальная освещенность, лк;
 $l_{пр}$ – предельная дальность видимости в дыму, м;
 D_m – дымообразующая способность горящего материала, Нп·м²·кг⁻¹;
 h – высота рабочей зоны, м;
 H – высота помещения, м.
 L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг·кг⁻¹,
 X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг·м⁻³
($X_{CO_2} = 0,11$ кг·м⁻³; $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг·м⁻³; $X_{HCL} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг·м⁻³);
 L_{O_2} – удельный расход кислорода, кг·кг⁻¹.

Необходимо отметить, что уравнения (1) и (2) содержат в себе значения параметров низшей теплоты сгорания, линейной скорости распространения пламени, удельной массовой скорости выгорания. Однако, не о всех веществах, используемых в лабораториях или производственных помещениях содержатся справочные данные.

В большинстве таких случаев исходным веществом предлагается использовать то, процентное содержание которого больше (дипропилкетон – представляет собой смесь метилэтилкетона с бензолом и толуолом).

Для выбранной нами расчетной ситуации отсутствие в справочной литературе параметров веществ было решено прогнозировать путем использования дескрипторного метода.

Для сравнения в табл.1 приведены физико-химические свойства бензола, взятые из справочной литературы.

Таблица 1 – Некоторые пожароопасные свойства бензола

Вещество	Справочные данные		
	удельная массовая скорость выгорания, м/с	линейная скорость распространения пламени, м/с	низшая теплота сгорания, мДж
Бензол	0,044	790	2,9

Используя подготовленные молекулярные дескрипторы, представленные в табл. 2. и нейропакет КДС 1.0, опишем подробно метод прогнозирования на примере низшей теплоты сгорания дипропилкетона.

Таблица 2 – Часть рассчитанных молекулярных дескрипторов исследуемых веществ

Исследуемые вещества	Число атомов	Относительное число атомов углерода	Число атомов водорода	Относительное число атомов водорода	Относительное число атомов кислорода	Количество связей	Количество одиночных связей
2-Пентанон	6,00	0,83	1,00	0,17	4,00	0,80	1,00
2-Октанон	9,00	0,89	1,00	0,11	7,00	0,88	1,00
2,2,4,4-Тетраметил пентанон-3	10,00	0,90	1,00	0,10	8,00	0,89	1,00
2,4-Диметил 1,3-пентанон	8,00	0,88	1,00	0,13	6,00	0,86	1,00
3-Пентанон	6,00	0,83	1,00	0,17	4,00	0,80	1,00
3-Гексанон	7,00	0,86	1,00	0,14	5,00	0,83	1,00
2-Гептанон	8,00	0,88	1,00	0,13	6,00	0,86	1,00
4-Гептанон	8,00	0,88	1,00	0,13	6,00	0,86	1,00
3-Октанон	9,00	0,89	1,00	0,11	7,00	0,88	1,00
2-Гексанон	7,00	0,86	1,00	0,14	5,00	0,83	1,00
3-Гептанон	8,00	0,88	1,00	0,13	6,00	0,86	1,00
4-Деканон	11,00	0,91	1,00	0,09	9,00	0,90	1,00
6-Ундеканон	12,00	0,92	1,00	0,08	10,00	0,91	1,00
3-Метил, 2-бутанон	6,00	0,83	1,00	0,17	4,00	0,80	1,00

2-пентанон	5,7	5	0,83	1	0,17	5	4	0,8	1	0,2	76,05
2-октанон	6,9	8	0,89	1	0,11	8	7	0,88	1	0,13	112,09
2,2,4,4-тетраметил пентанон-3	3,7	9	0,9	1	0,1	9	8	0,89	1	0,11	124,1
3-пентанон	3,3	5	0,83	1	0,17	5	4	0,8	1	0,2	76,05
3-гексанон	4,5	6	0,86	1	0,14	6	5	0,83	1	0,17	88,07
2-гептанон	6,8	7	0,88	1	0,13	7	6	0,86	1	0,14	100,08
6-ундеканон	6,6	11	0,92	1	0,08	11	10	0,91	1	0,09	148,12
3-метил,2-бутанон	3,4	5	0,83	1	0,17	5	4	0,8	1	0,2	76,05
дипропилкетон		12	0,92	1	0,08	12	11	0,92	1	0,08	160,13

Рисунок 3 – Часть молекулярных дескрипторов, конвертируемых в формат csv

Стоит отметить, что на рис. 3 представлена часть молекулярных дескрипторов, где во втором столбце указана низшая теплота сгорания веществ, конвертируемая в формат csv. Кроме того, на этом же рисунке показано стрелкой отсутствие одного из параметров, который необходимо получить.

На рис. 4 представлен процесс обучения искусственной нейронной сети:



Рисунок 4 – Обучение искусственной нейронной сети

На рис. 5 представлена модель обученной нейронной сети:

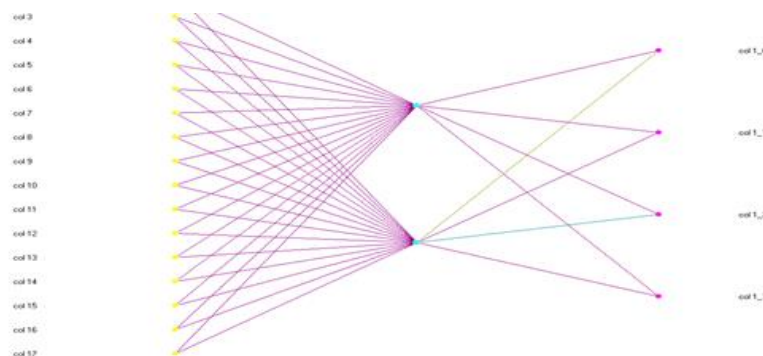


Рисунок 5 – Модель искусственной нейронной сети

На рис. 6 представлено спрогнозированное значение:

1	9.0 col 1	5.7
2	9.0 col 2	31
3	9.0 col 3	10
4	9.0 col 4	0,32
5	9.0 col 5	0,65
6	9.0 col 6	0,03
7	9.0 col 7	30
8	9.0 col 8	29
9	9.0 col 9	0,97
10	9.0 col 10	0,03
11	9.0 col 11	156,27
12	9.0 col 12	5,04
13	9.0 col 13	1168,4
14	9.0 col 14	2075,1
15	9.0 col 15	206
16	9.0 col 16	8,53
17	9.0 col 17	5,31
18	9.0 col 1_OUT	3,5

Рисунок 6 – Результаты прогнозирования

Таким образом, спрогнозировали необходимые параметры исследуемого вещества. По результатам оптимизации создана искусственная нейронная сеть из 14 нейронов. В табл. 3 приведены некоторые пожароопасные свойства дипропилкетона, спрогнозированные при помощи метода, основанного на дескрипторах и искусственных нейронных сетях [6, 7, 8].

Таблица 3 – Результаты прогнозирования пожароопасных свойств веществ

№ п/п	Наименование вещества	Низшая теплота сгорания, мДж/кг		Удельная скорость выгорания, кг/м ² с		Линейная скорость пламени, м/с	
		справочные данные	результаты прогноза	справочные данные	результаты прогноза	справочные данные	результаты прогноза
1	Диметилкетон	2,9	3,4	0,044	0,034	790	818
2	Дипропилкетон	-	3,5	-	0,045	-	815
3	Бугилметилкетон	3,5	4,8	-	0,042	-	768
4	6-Ундеканон	6,6	6,9	0,038	0,046	-	827
5	2-Пентанон	-	5,7	-	0,002	-	400
6	2-Октанон	-	6,9	-	0,037	-	824

№ п/п	Наименование вещества	Низшая теплота сгорания, мДж/кг		Удельная скорость выгорания, кг/м ² с		Линейная скорость пламени, м/с	
		справочные данные	результаты прогноза	справочные данные	результаты прогноза	справочные данные	результаты прогноза
7	2,4-Диметил-1,3-пентандион	-	3,7	-	0,046	-	474
8	3-Пентанон	-	3,3	-	0,011	-	402
9	3-Октанон	-	6,9	-	0,002	-	668
10	3-Гексанон	-	4,5	-	0,037	-	827
11	2-Гептанон	-	6,8	-	0,011	-	202
12	3-Метил-2-бутанон	-	3,4	-	0,002	-	416
13	2-Додеканон	-	6,9	-	0,046	-	830
14	2,6-Диметилпентанон	-	6,9	-	0,046	-	827
15	3-Нонанон	-	6,9	-	0,003	-	827

Из табл. 1, 3 видно, что полученные значения разнятся. Целесообразно установить в каком из расчетов время эвакуации людей будет меньше и необходимо будет предусмотреть компенсирующие мероприятия.

Продемонстрируем возможности усовершенствованного метода на примере расчета производственного помещения размерами 54x212x6 м, с располагающемся в нем технологическим оборудованием, представленном на рис.7.

В качестве рабочей зоны людей примем отметку 3,5 м, начальная температура 200 °С, освещенность 60лк.

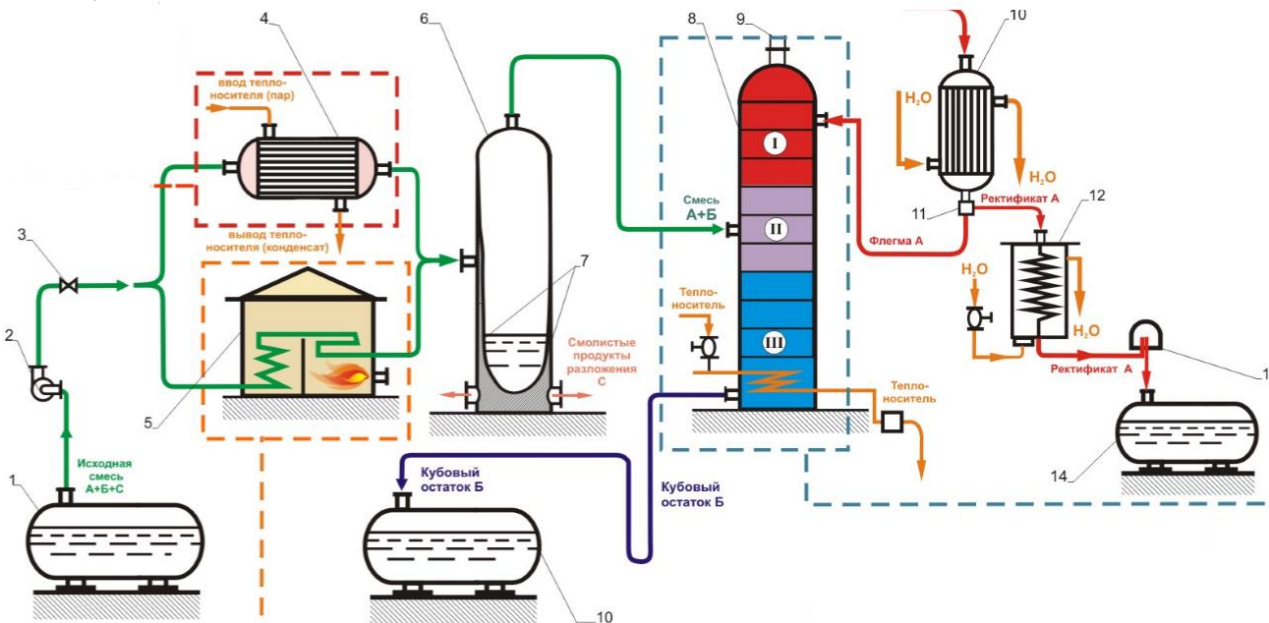


Рисунок 7 – Принципиальная схема помещения с расстановкой технологического оборудования:

- 1 – емкость начальной смеси; 2 – насос; 3 – регулятор расхода; 4 – паровой подогреватель;
- 5 – трубчатая печь; 6 – испаритель – сепаратор; 7 – продукты разложения; 8 – реактор;
- 9 – шлемовая трубка; 10 – дефлегматор; 11 – сепаратор; 12 – конденсатор-холодильник;
- 13 – смотровой фонарь; 14 – сборник остатка; 15 – кипятыльник; 16 – сборник готового вещества

На рис. 8 представлена схема эвакуации людей при пожаре.

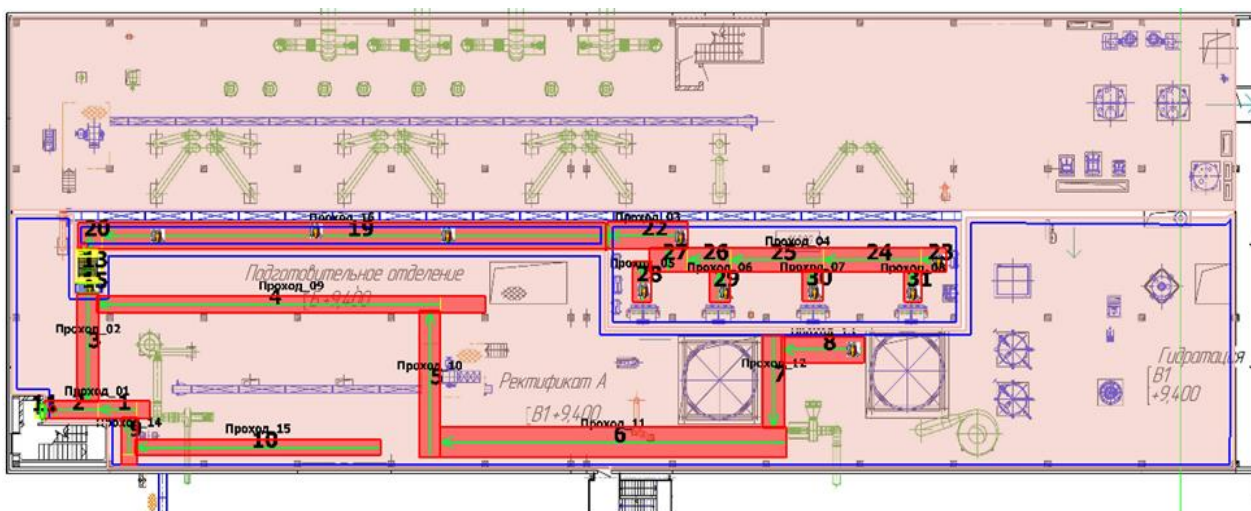


Рисунок 8 – Принципиальная схема эвакуации людей: 1-31 – номера участков, проход 1 – проход 15 – места эвакуации людей

Определено необходимое время эвакуации людей из помещения, в лаборатории которого обращается дипропилкетон. В табл. 4 представлены значения, полученные в результате расчета.

Таблица 4 – Результаты расчета

Основной показатель	Полученные значения		Абсолютная погрешность
	бензол	дипропилкетон	
Высота рабочей зоны	3,5	3,5	-
Объем помещения	54950	54950	-
Размерный параметр А	0,02	0,03	0,00003
Размерный параметр, В	53509	43345,2	217,7
Размерный параметр, Z	1,32	1,32	-
Начальная температура воздуха	20	20	-
Безразмерный параметр, z	0,845	0,845	-
Удельная изобарная теплоемкость газа	0,001	0,001	-
Коэффициент теплотерьер	0,75	0,75	-
Коэффициент полноты горения	0,5	0,5	-
Низшая теплота сгорания материала	2,9	3,5	0,6
Удельная массовая скорость выгорания	0,044	0,045	0,001
Линейная скорость распространения пламени	0,79	0,815	0,025
Коэффициент отражения предметов на путях эвакуации	0,3	0,3	-
Начальная освещенность	60	60	-
Предельная дальность видимости в дыму	20	20	-
Дымообразующая способность	3,37	3,37	-
Удельный расход кислорода	3,34	3,34	-
Время блокировки по потере видимости	154,3	159,3	11,8
Время блокировки по предельной температуре	163,3	132,2	21,6
Время блокировки по пониженному содержанию кислорода	337,6	306,8	30,8
Время блокировки по CO ₂	176,8	142,4	34,4
Время блокировки по CO	195,6	187,3	8,3
Время блокировки по HCl	292,9	254,7	38,2
Расчетное время блокировки, мин	2,05	1,76	0,29
Расчетное время эвакуации, мин	1,9		

Заключение. Значения, полученные в результате расчета с использованием метода прогнозирования, основанного на молекулярных дескрипторах и искусственных нейронных сетях, показывают, что время воздействия опасных факторов пожара на людей начинается на 1,76 мин. с момента эвакуации. При расчете обычным способом время составило

2,05 мин. Учитывая, что время эвакуации людей составляет 1,9 мин, то в первом случае пожарный риск не обеспечивается, во втором обеспечивается. Анализируя выше сказанное, можно сделать вывод о том, что при использовании более простого подхода, риск человеческих жертв возрастает.

Кроме того, методика ГОСТ 12.1.004-91* при расчете времени блокировки людей в комплексе с методом прогнозирования основанном на дескрипторах и искусственных сетях позволяют определять время эвакуации людей с приемлемой точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев, Д.С. Прогнозирование пожароопасных свойств веществ и материалов с использованием дескрипторов и искусственных нейронных сетей / Д.С. Королев, А.В. Калач, Д.В. Каргашилов // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». – 2015. – № 4. – С. 100–103.
2. Королев, Д.С. Прогнозирование пожароопасных свойств веществ и материалов с использованием дескрипторов / Д.С. Королев // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2014. – № 1. – С. 7–10.
3. Королев, Д.С. Категорирование помещений на основе дескрипторов и метода нейронных сетей / Д.С. Королев, А.В. Калач // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». – 2015. – № 5. – С. 210–213.
4. Королев, Д.С. Выбор температурного класса взрывозащищенного электрооборудования при проектировании производственных помещений с использованием дескрипторов и искусственных нейронных сетей / Д.С. Королев // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – № 1. – С. 26–30.
5. ГОСТ 12.1.004-91*. ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» [Текст]. – Введ. 01.07.92 г. – М.: Строительство, 1993. – 21 с.
6. Bicerano, J. Prediction of polymer properties / J. Bicerano // Second ed. – Marcel Dekker, Inc.: New York. – 1996. – 528 p.
7. Varnek, A. Exhaustive QSPR studies of a large diverse set of ionic liquids: How accurately can we predict melting points? / A. Varnek, N. Kireeva, I.V. Tetko, I.I. Baskin, V.P. Solov'ev // J. Chem. Inf. Model. – 2007. – V. 47, № 3. – P. 1111–1122.
8. Goll, E.S. Prediction of Vapor Pressures of Hydrocarbons and Halohydrocarbons from Molecular Structure with a Computational Neural Network Model. / E.S. Goll, P.C. Jurs // J. Chem. Inf. Comput. Sci. – 1999. – V. 39, № 6. – P. 1081–1089.

CALCULATION OF TIME OF EVACUATION OF PEOPLE USING THE FORECASTING METHOD BASED ON USE OF MOLECULAR DESCRIPTORS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Denis Korolev

Andrey Kalach, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Dmitriy Kargashilov, Candidate of Technical Sciences

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Voronezh, Russia

Summary. For calculation of time of evacuation of people, according to the technique stated in GOST 12.1.004-91 such fire-dangerous indicators of substances are necessary: specific mass speed of burning out, linear speed of distribution of a flame, the lowest warmth of combustion. In most cases basic data in reference and standard books are absent. In such cases it is recommended to use the substance parameters similar on a structure to initial substance. In such results there is a big error which doesn't provide an integrated approach to development of the system of prevention of the fire. For optimization of a choice of the actions aimed at providing fire safety it is offered to use the forecasting method based on use of molecular descriptors and artificial neural networks. By means of a method, the absent parameters for a dipropylketone were predicted. As a result of approbation of this approach by calculation of time of evacuation of people on the example of limit ketones of the dipropylketone and benzene which is a part of the first calculation was carried out. Comparing the received results, it is visible that impact of dangerous factors of the fire on the person come in case of use of the predicted values that provides more rigid approach in ensuring fire safety. GOST 12.1.004-91 technique in a complex with the forecasting method based on use of molecular descriptors and artificial neural networks I proved from a positive side and allows to time evacuations of people with the acceptable accuracy.

Keywords: forecasting, descriptors, artificial neural networks, calculation of time of evacuation

(The date of submitting: September 09, 2015)

REFERENCES

1. Korolev D.S., Kalach A.V., Kargashilov D.V. Prognozirovanie pozharoopasnykh svoystv veshchestv i materialov s ispol'zovaniem deskriptorov i iskusstvennykh neyronnykh. *Nauchno-teoreticheskiy zhurnal «Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova»*. 2015. No. 4. Pp. 100-103. (rus)
2. Korolev D.S. Prognozirovanie pozharoopasnykh svoystv veshchestv i materialov s ispol'zovani-em deskriptorov. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii*. 2014. No. 1. Pp. 7–10. (rus)
3. Korolev D.S., Kalach A.V. Kategorirovanie pomeshcheniy na osnove deskriptorov i metoda neyronnykh setey. *Nauchno-teoreticheskiy zhurnal «Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova»*. 2015. No. 5. Pp. 210-213. (rus)
4. Korolev D.S. Vybor temperaturnogo klassa vzryvozhchishchennogo elektrooborudovaniya pri proektirovani priroizvodstvennykh pomeshcheniy s ispol'zovaniem deskriptorov i iskusstvennykh neyronnykh setey. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii*. 2015. No. 1. Pp. 26–30. (rus)
5. ГОСТ 12.1.004–91*. ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования». Introduced July 01, 1992. Moscow : Stroitel'stvo, 1993. 21 p. (rus)
6. Bicerano, J. *Prediction of polymer properties. Second ed.* Marcel Dekker, Inc.:New York. 1996. 528 p.
7. Varnek A., Kireeva N., Tetko I.V., Baskin I.I., Solov'ev V.P. Exhaustive QSPR studies of a large diverse set of ionic liquids: How accurately can we predict meltingpoints? *J. Chem. Inf. Model.* 2007. Vol. 47, No. 3. P. 1111–1122.
8. Goll, E.S., Jurs P.C. Prediction of Vapor Pressures of Hydrocarbons and Halohydrocarbons from Molecular Structure with a Computational Neural Network Model. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 1999. Vol. 39, No. 6. Pp. 1081-1089.