

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
**НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ  
И СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА  
В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ**  
№ 2 – 2019

**Редакционный совет**

**Председатель** – кандидат экономических наук генерал-лейтенант внутренней службы **Чижиков Эдуард Николаевич**, начальник университета.

**Сопредседатель** – доктор наук **Савич Бранко**, директор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

**Заместитель председателя** – доктор политических наук, кандидат исторических наук **Мусиенко Тамара Викторовна**, заместитель начальника университета по научной работе.

**Заместитель председателя** – доктор наук **Милисавлевич Бранко**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

**Члены редакционного совета:**

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Ложкин Владимир Николаевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства;

доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный работник высшей профессиональной школы России **Коннова Людмила Алексеевна**, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Галишев Михаил Алексеевич**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз;

доктор химических наук, профессор **Ивахнюк Григорий Константинович**, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств;

доктор химических наук, профессор **Сиротинкин Николай Васильевич**, декан факультета технологии органического синтеза и полимерных материалов Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета);

доктор наук **Бабич Бранко**, преподаватель Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Карабасил Драган**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Чешко Илья Данилович**, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

доктор химических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Ловчиков Владимир Александрович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз;

доктор наук **Петрович Гегич Анита**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук (PhD), профессор **Агостон Рестас**, начальник Департамента противопожарной профилактики и предотвращения чрезвычайных ситуаций Института управления в чрезвычайных ситуациях (Республика Венгрия);

доктор технических наук **Мрачкова Ева**, профессор кафедры противопожарной защиты Технического университета г. Зволен (Республика Словакия);

кандидат технических наук полковник внутренней службы **Иванов Юрий Сергеевич**, первый заместитель начальника Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (Республика Беларусь).

#### **Секретарь совета:**

майор внутренней службы **Болотова Полина Александровна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности;

кандидат технических наук **Наташа Суботич**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

### **Редакционная коллегия**

**Председатель** – подполковник внутренней службы **Стёпкин Сергей Михайлович**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

#### **Члены редакционной коллегии:**

кандидат педагогических наук **Кузьмина Татьяна Анатольевна**, доцент кафедры надзорной деятельности (ответственный за выпуск);

капитан внутренней службы **Ильницкий Сергей Владимирович**, старший инспектор Центра международной деятельности и информационной политики;

кандидат технических наук, доцент подполковник внутренней службы **Войтенко Олег Викторович**, начальник кафедры надзорной деятельности;

майор внутренней службы **Гайдукевич Александр Евгеньевич**, старший инженер-программист Центра информационных и коммуникационных технологий;

доктор технических наук **Петра Танович**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Хвайоунг Ким**, доцент отдела пожарной безопасности университета Кюнбил (Республика Корея);

кандидат технических наук **Навроцкий Олег Дмитриевич**, начальник отдела Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (Республика Беларусь);

доктор юридических наук, доцент полковник внутренней службы **Медведева Анна Александровна**, начальник Центра международной деятельности и информационной политики;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Бельшина Юлия Николаевна**, начальник кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз.

#### **Секретарь коллегии:**

капитан внутренней службы **Мамедова Лилия Николаевна**, ответственный секретарь редакционного отделения редакционного отдела Центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ***ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ***

Лабинский А.Ю. Моделирование теплового режима при пожаре в помещении с помощью нейронной сети .....	5
Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Кузьмина Т.А. Циклический алгоритм расчета системы противодымной вентиляции на основе баланса потерь давления .....	9

### ***БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ***

Лабинский А.Ю. Особенности развития информационно-коммуникационных технологий .....	16
---	----

### ***ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ И ОБЪЕКТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ***

Шепелюк С.И., Нестеренко А.Г., Драпей К.И. Пути повышения устойчивости функционирования объектов нефтегазового комплекса России .....	22
---	----

### ***ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ***

Раимбеков К.Ж., Кусаинов А.Б., Дьячков Г.Н. Синописис по подготовке квалифицированных кадров для системы гражданской защиты Республики Казахстан .....	36
--	----

Сведения об авторах .....	40
Информационная справка .....	41

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности», без письменного разрешения редакции не допускается

**ББК Н96С+Ц.9.3.1+Х.5**

**УДК 349**

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149. Редакция журнала «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности», тел. (812) 645-20-35. e-mail: [redakziaotdel@yandex.ru](mailto:redakziaotdel@yandex.ru). Официальный интернет-сайт научно-аналитического журнала [WWW.ND.IGPS.RU](http://WWW.ND.IGPS.RU)

Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: [WWW.IGPS.RU](http://WWW.IGPS.RU)  
**ISSN 2304-0130**

---

---

# ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

---

---

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПРИ ПОЖАРЕ В ПОМЕЩЕНИИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности моделирования теплового режима при пожаре в помещении с помощью нейронной сети. Выполнено компьютерное моделирование процесса изменения температуры воздуха при пожаре в помещении путем решения дифференциального уравнения с помощью рекуррентной нейронной сети, реализованной в виде программы для ЭВМ.

*Ключевые слова:* пожар в помещении, искусственная нейронная сеть, компьютерная программа, математическая модель

В промышленных зданиях, где находится в производстве и хранится значительное количество горючих веществ, а также в жилых помещениях, где находится много легковоспламеняющихся предметов, существует вероятность возникновения пожара на относительно небольшой площади (локальный пожар).

Строительные конструкции промышленных и жилых зданий, попавшие в зону горения, подвергаются значительным тепловым нагрузкам, величина которых может не соответствовать запасу огнестойкости конструкций.

Рассмотрим взаимодействие газового потока, восходящего от очага горения в помещении, с горизонтальной поверхностью потолочного перекрытия помещения, расположенной на высоте  $H$  от верхней границы факела пламени. Горячий поток газа, восходящий от очага горения, достигает поверхности перекрытия, разворачивается на 90 градусов и растекается под перекрытием с образованием веерной струи, толщина которой в процессе растекания увеличивается. На поверхности перекрытия газовый поток образует динамический и тепловой пограничные слои, толщина которых по мере движения потока также увеличивается.

При горении в закрытом помещении наряду с конвективным теплообменом существенный вклад вносит теплоотдача излучением.

Понятие конвективного теплообмена охватывает процесс теплообмена при движении жидкости или газа [1]. При этом перенос тепла осуществляется одновременно конвекцией и теплопроводностью. Под конвекцией теплоты понимается перенос теплоты при перемещении макрочастиц жидкости или газа в пространстве из области с одной (более высокой) температурой в область с другой (менее высокой) температурой. Конвекция возможна только в текучей среде, при этом перенос теплоты неразрывно связан с переносом самой среды.

Если в единицу времени через единицу контрольной поверхности проходит масса жидкости (газа)  $\rho \cdot w$ , кг/м<sup>2</sup>/с, то вместе с ней переносится энтальпия  $I$ , Дж/ м<sup>2</sup>/с. Тогда плотность конвективного теплового потока будет равна [1]:

$$q_{\text{конв}} = \rho \cdot w \cdot I, \text{ Вт/м}^2,$$

где  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $w$  – скорость среды, м/с.

Конвекция теплоты всегда сопровождается теплопроводностью [2]:

$$q_T = \lambda * \Delta T [\text{Вт}/\text{м}^2],$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $\text{Вт}/\text{м}/\text{К}$ ;  $\Delta T$  – перепад температур,  $\text{К}$ .  
В результате конвективный теплообмен описывается уравнением [2]:

$$q = q_{\text{конв}} + q_T = \rho * w * I + \lambda * \Delta T.$$

Конвективный теплообмен между потоками жидкости или газа и поверхностью соприкасающегося с ним тела называется конвективной теплоотдачей. При расчетах теплоотдачи используют закон Ньютона-Рихмана [3]:

$$Q = \alpha * \Delta T * F,$$

где  $Q$  – тепловой поток,  $\text{Вт}$ ;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи,  $\text{Вт}/\text{м}^2/\text{К}$ ;  $F$  – поверхность,  $\text{м}^2$ .

Зависимость теплового потока  $Q$  от перепада температур  $\Delta T$  для трех значений площади поверхности  $F$  (1, 2 и 4  $\text{м}^2$ ) и значения коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  не менее 100  $\text{Вт}/\text{м}^2/\text{К}$  представлена на рис. 1.

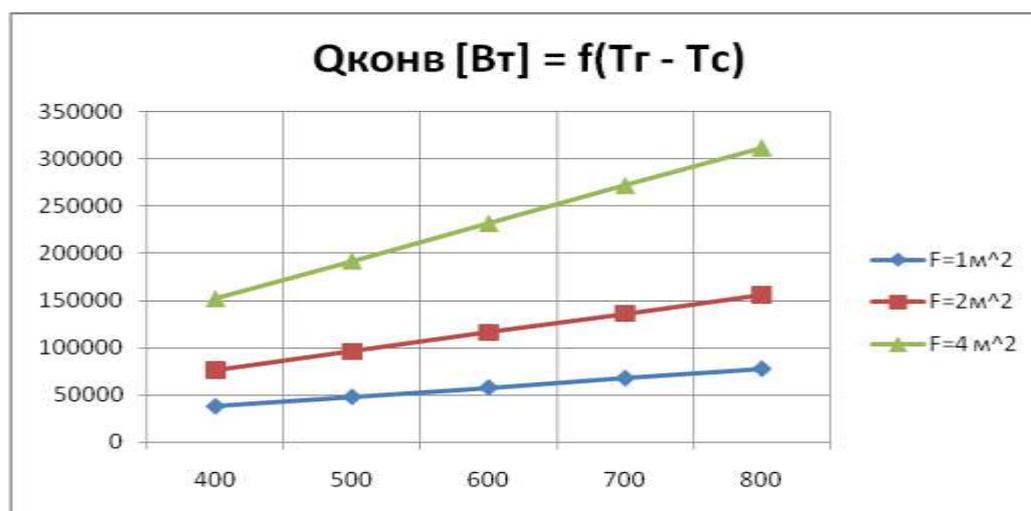


Рис. 1. Зависимость  $Q_{\text{конв}} = f(\Delta T)$  для трех значений  $F$

Рассмотрим лучистый теплообмен (теплоотдача излучением) между газовой средой и поверхностью [3]. Предположим, что газ имеет постоянную температуру  $T_G$ , поверхность  $T_C$ , а излучение поверхности характеризуется сплошным спектром. Лучистый поток от газа к поверхности можно описать зависимостью:

$$Q_{G-C} = E_{\text{пр}} * C_0 * [(T_G/100)^4 - (T_C/100)^4] * F, \text{ Вт},$$

где  $E_{\text{пр}}$  – приведенная степень черноты;  $C_0 \approx 6,0, \text{ Вт}/\text{м}^2/\text{К}^4$  – коэффициент излучения абсолютно черного тела.

Приведенная степень черноты определяется по формуле:

$$E_{\text{пр}} = 1 / (1/E_C + 1/E_G - 1),$$

где  $E_C$  – степень черноты поверхности перекрытия (величина порядка 0,5 и выше);  $E_G$  – степень черноты факела пламени (для  $\text{CO}_2$  величина порядка 0,2).

Зависимость температурного напора  $(T_G/100)^4 - (T_C/100)^4$  от температуры факела пламени для двух значений температур стенки (20 и 200 градусов) представлена на рис. 2.

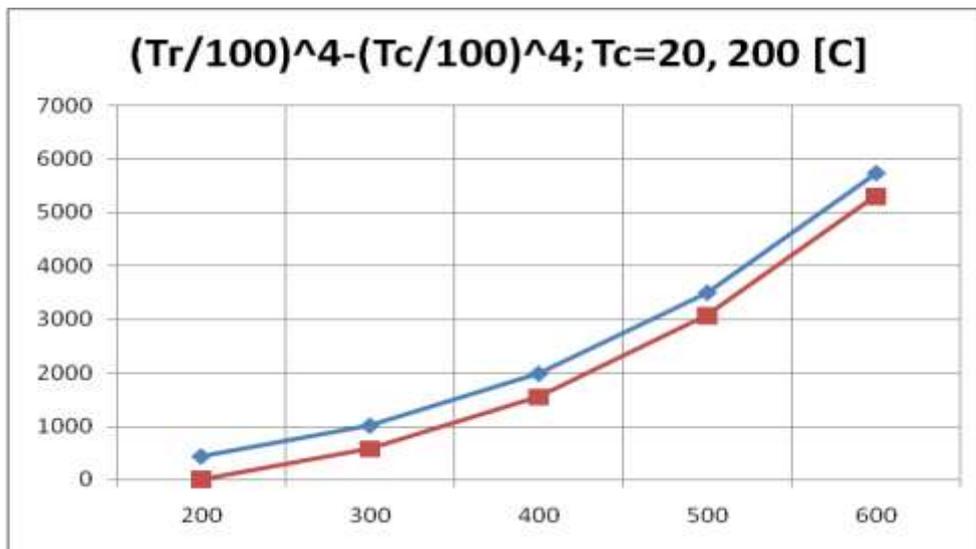


Рис. 2. Зависимость температурного напора от температуры факела пламени

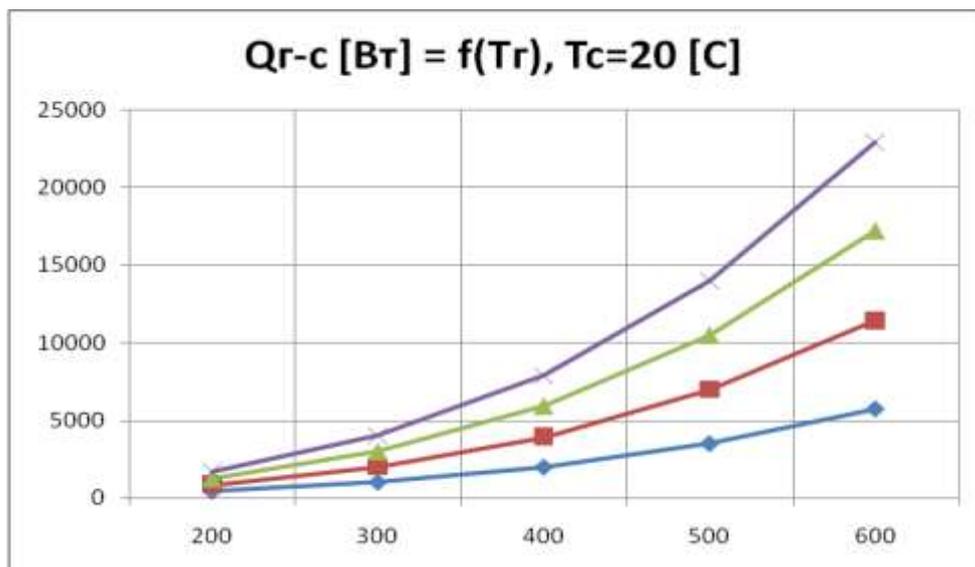


Рис. 3. Зависимость лучистого теплового потока  $Q_{r-c}$  от температуры факела пламени

Зависимость лучистого теплового потока  $Q_{r-c}$  от температуры факела пламени для четырех значений площади поверхности  $F$  (1, 2, 3 и 4 м<sup>2</sup>) при температуре стенки 20 градусов представлена на рис. 3.

Уравнение теплового баланса с учетом лучистого теплообмена имеет вид [3]:

$$C \cdot dT/d\tau = N - \sum \sigma_i \cdot (T_i - T_j),$$

где  $C$  – удельная теплоемкость, кДж/кг/К;  $N$  – мощность источника тепла, Вт;  $\sigma_i$  – тепловые проводимости, учитывающие конвективный и лучистый перенос теплоты.

Уравнение сохранения энергии будет иметь следующий вид [3]:

$$C \cdot \rho \cdot (dT/d\tau + w \cdot \nabla T) = \nabla(\lambda \cdot \nabla T) + dP/d\tau,$$

где выражение в левой части уравнения сохранения энергии является полной производной от энтальпии, первое слагаемое в правой части определяет перенос тепла за счет теплопроводности, второе слагаемое – работа сил давления.

Модель переноса тепла можно упростить, если использовать понятие темпа нагрева (охлаждения). Тогда простейшее уравнение теплового баланса будет иметь следующий вид [4]:

$$dT/d\tau = \pm m \cdot T,$$

где  $m$  – темп нагрева (охлаждения). Начальные условия:  $T_{\tau=0} = T_0$ .

Уравнение, описывающее нагрев тела внутренним источником тепла, имеет вид [4]:

$$C \cdot dT/d\tau = N - m_1 \cdot (T - T_0) - m_2 \cdot T,$$

где  $m_i$  – темпы нагрева.

В переходном процессе нагрева (охлаждения) однородных и неоднородных тел любой формы и размеров можно выделить три характерных режима [4]:

– неупорядоченный режим ( $0 < \tau < \tau_p$ ), при котором начальное распределение температур оказывает заметное влияние на развитие процесса;

– регулярный режим ( $\tau_p < \tau < \infty$ ), при котором влияние начального распределения температур становится незначительным;

– стационарный режим ( $\tau \rightarrow \infty$ ), при котором температура во всех точках тела становится равной температуре окружающей среды  $T_0$ .

В стадии регулярного режима относительная скорость изменения избыточной температуры  $\Delta T = T - T_0$  в любой точке тела остается постоянной и одинаковой:

$$(1/\Delta T) \cdot d\Delta T / d\tau = m = \text{const.}$$

Эта скорость изменения температуры  $m$ , 1/сек называется темпом нагрева (охлаждения). Величина  $m$  зависит от физических свойств тела, его формы и размеров, а также от коэффициента теплоотдачи  $\alpha$ , Вт/м<sup>2</sup>/К.

Подробное изложение теории регулярного режима выполнено в работе [5]. Основу теории регулярного режима составляют две теоремы.

Теорема 1: Для однородных тел при конечном значении коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  выполняется соотношение:

$$m = \alpha \cdot F \cdot \psi / (\rho \cdot C \cdot V),$$

где  $\alpha$  – коэффициента теплоотдачи;  $F$  – площадь поверхности тела;  $\psi$  – коэффициент неравномерности температурного поля, равный отношению средней по поверхности избыточной температуры к средней по объему температуре;  $\rho$  – плотность материала тела;  $C$  – удельная теплоемкость тела;  $V$  – объем тела.

Коэффициент неравномерности температурного поля  $\psi$  остается постоянным в течение всего периода регулярного режима и может быть определен по следующей формуле:

$$\psi = 1 / \sqrt{(B^2 + 1,44 \cdot B + 1)},$$

где  $B = \alpha \cdot F / (\lambda \cdot V)$  – модифицированная форма записи числа Био. Значения коэффициента  $\psi$  находятся в следующих пределах:  $0 < \psi < 1$ .

Теорема 2: При высокой интенсивности теплоотдачи темп нагрева (охлаждения)  $m$  пропорционален коэффициенту температуропроводности  $A$  материала тела:  $m = A/\Phi$ , где  $\Phi$  – коэффициент формы, зависящий от формы и размеров тела. Для параллелепипеда  $\Phi = 1 / [(\pi/2\delta_x)^2 + (\pi/2\delta_y)^2 + (\pi/2\delta_z)^2]$ , где  $\delta_x, \delta_y, \delta_z$  – размеры тела.

### **Моделирование процесса изменения температуры в помещении**

Дифференциальное уравнение, моделирующее процесс изменения температуры в помещении, будет иметь следующий вид:

$$dT/d\tau = \tau \cdot Q / (c_p \cdot \rho \cdot V) - f(T),$$

где  $Q$  – тепловой поток от факела пламени, Вт;  $c_p$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг/К;  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;  $f(T)$  – функция, характеризующая уменьшение температуры за счет утечки тепла за пределы помещения (темп охлаждения), К/с.

Для решения дифференциального уравнения (ДУ) использовалась программа для ЭВМ, реализующая модель рекуррентной нейронной сети [6]. Интерфейс программы, используемой для решения ДУ, представлен на рис. 4:

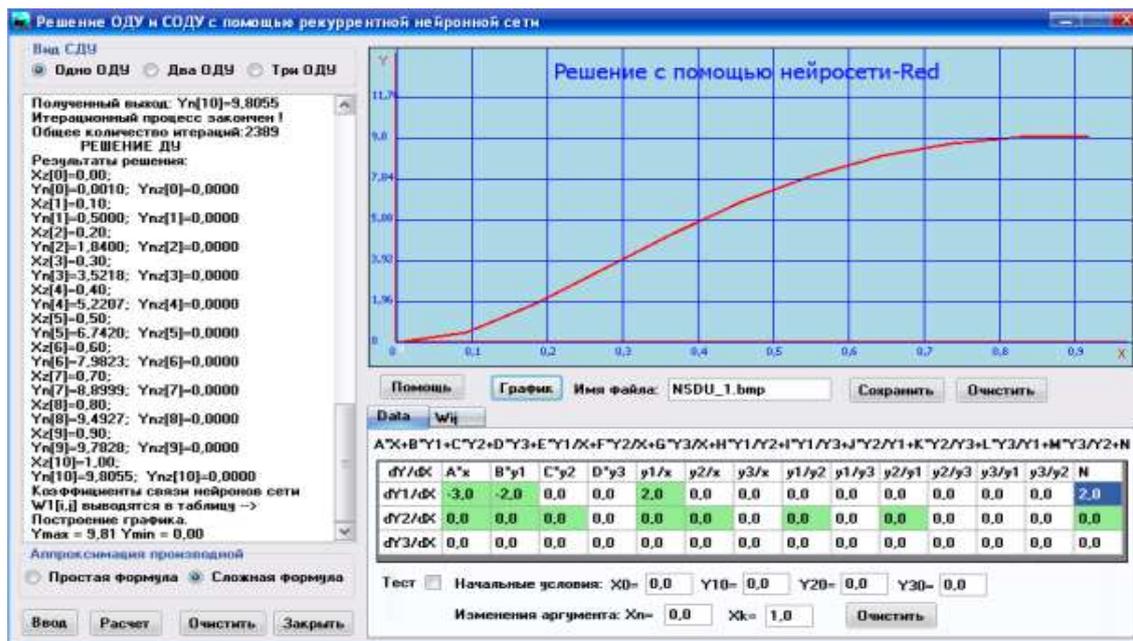


Рис. 4. Интерфейс программы, используемой для решения ДУ

Теплофизические свойства сухого воздуха при атмосферном давлении представлены в таблице.

Температура, С	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельная теплоемкость, кДж/кг/К	Теплопроводность, Вт/м/К
20	1,17	1,00	0,0258
100	0,92	1,01	0,0312
200	0,72	1,03	0,0374
500	0,44	1,09	0,0545

Результаты расчетов на ЭВМ для величины теплового потока  $Q = 25$  кВт и объема помещения  $25$  м<sup>3</sup> представлены на рис. 5:

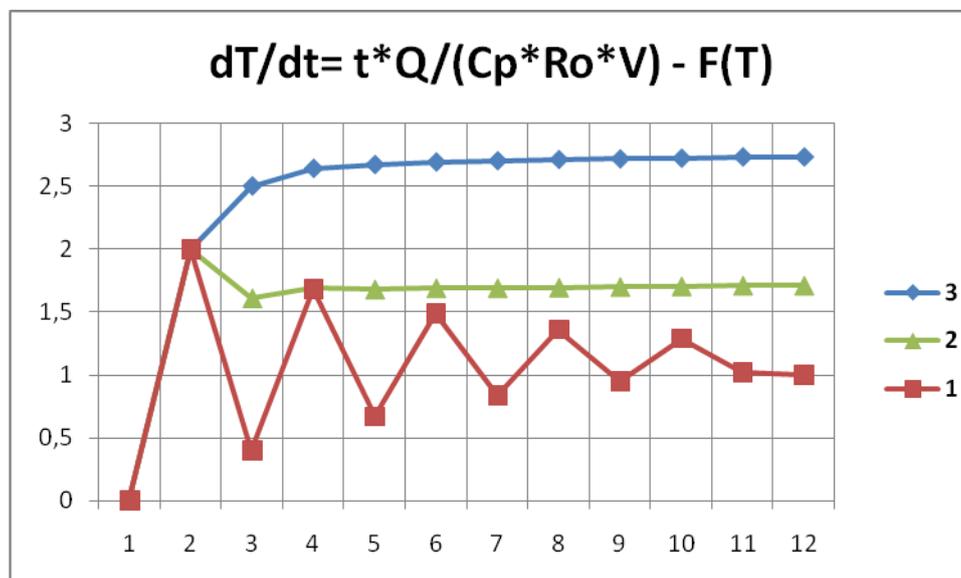


Рис. 5. Результаты расчетов на ЭВМ

На рис. 5 представлены графики переходных режимов моделирования для трех значений параметров функции  $f(T)$  (темпов охлаждения  $m_0$ ), характеризующей уменьшение температуры за счет утечки тепла за пределы помещения.

Темпы охлаждения, соответствующие представленным на рисунке кривым 1, 2 и 3, отличаются между собой следующим образом:  $m_{01} > m_{02} > m_{03}$ . Как видно на рис. 5, с увеличением темпа охлаждения растет длительность переходного режима моделирования и уменьшается темп роста  $m_p$  температуры в помещении:

$$m_{p1} = 1,0 \text{ [K/c]} < m_{p2} = 1,7 \text{ [K/c]} < m_{p3} = 2,7 \text{ [K/c]}.$$

#### *Вывод*

Выполнено компьютерное моделирование процесса изменения температуры воздуха при пожаре в помещении путем решения дифференциального уравнения с помощью рекуррентной нейронной сети, реализованной в виде программы для ЭВМ. Результаты расчетов показали существенное влияние на темп роста температуры в помещении за счет теплового потока от факела пламени, темпа охлаждения за счет утечки тепла за пределы помещения.

#### **Литература**

1. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С. Теплотехника. М.: Лань, 2012.
2. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С., Андреева М.В. Теплотехника. Практический курс. – М.: Лань, 2017.
3. Дерюгин В.В., Васильев В.Ф., Уляшева В.М. Тепломассообмен. М.: Лань, 2018.
4. Цирельман Н.М. Конвективный тепломассоперенос. М.: Лань, 2018.
5. Логинов В.С., Юхнов В.Е. Практикум по основам теплотехники. М.: Лань, 2019.
6. Лабинский А.Ю. Решение систем дифференциальных уравнений с использованием нейронных сетей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 1. С. 105–112.

## **ЦИКЛИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ БАЛАНСА ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ**

**А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;**

**Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент;**

**Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проведено исследование факторов, влияющих на величины потери давления в системе противодымной вентиляции. Оценено влияние огнезадерживающих клапанов на возможные потери давления в каналах. Проведен анализ алгоритма по расчету потери давления в системе противодымной вентиляции. Предложена конфигурация циклических алгоритмов по расчету систем противодымной вентиляции, основываясь на балансе потери давления в ответвлениях и главной магистрали.

*Ключевые слова:* противодымная вентиляция, продукты горения, потери давления, вентиляционный канал, коэффициент сопротивления трением, коэффициент местного сопротивления, огнезадерживающие клапаны, увязка участков системы

Данные, приведенные в российских и иностранных источниках, дают основания полагать, что 85 % смертельных инцидентов на пожарах в ограждениях являются следствием поражающего воздействия продуктов горения пожарной нагрузки. Процесс перемещения

продуктов горения в пространствах зданий и сооружений, которые затронуты пожаром и спроектированы с использованием ранее применяемых архитектурно-технологических решений, сопровождается переносом отравляющих компонентов газовой среды, увеличением ее температуры, появлением вторичных очагов загорания и изменением оптической плотности газовой среды вплоть до тотальной потери видимости. Одна из наиболее важных проблем в решении задач проектирования систем противодымной вентиляции – формирование методологии расчета ее основных характеристик, прежде всего, величин потери давления, которые существенным образом определяют технические требования к вентиляционным установкам, и, в отличие от гравитационных систем, должны выполняться высокоскоростными аппаратами вследствие значительных расходов продуктов горения [1].

В процессе выполнения аэродинамических расчетов воздуховодов систем противодымной вентиляции необязательно основываться на сжимаемости продуктов горения, которые перемещаются в вентиляционном канале, поскольку максимально возможное изменение давления в канале меньше 5 % по сравнению с величиной действующего атмосферного давления. Поэтому в подобных расчетах обычно используется понятие избыточного давления, в котором в качестве условного нулевого значения принимается величина атмосферного давления в системе противодымной вентиляции. При этом специфика работы системы противодымной вентиляции проявляется в виде возможности формирования участков, в которых значение избыточного давления меньше нуля, поэтому там целесообразно применение понятия вакуумметрического давления [2].

Понятие «потери давления» в вентиляционном канале недостаточно описывает физические процессы в газовом потоке, при этом желательно иметь в виду, что на самом деле подразумевается возможная потеря энергии газового потока, которая включает потерю энергии на трение со стенками канала и потерю энергии, вызываемую локальными сопротивлениями элементов противодымной вентиляции.

Оценка фрикционной компоненты потери давления в канале противодымной вентиляции основывается на формуле Вессбаха, которая широко используется в гидравлических расчетах [3]:

$$\Delta P_{mp} = \lambda_{mp} \cdot \frac{L \cdot \Pi \cdot \rho \cdot w^2}{8 \cdot S},$$

где  $\lambda_{mp}$  – коэффициент сопротивления трения;  $L$  – длина канала;  $S$  – площадь поперечного сечения канала;  $\Pi$  – периметр поперечного сечения канала;  $\rho$  – плотность продуктов горения;  $w$  – скорость движения продуктов горения по каналу.

Фрикционная составляющая коэффициента сопротивления  $\lambda_{mp}$  в самом общем случае является сложной величиной, определяемой режимом движения продуктов горения в канале противодымной вентиляции и шероховатостью поверхности стенок этого канала [3]:

$$\lambda_{mp} = f\left(\text{Re}, \frac{K_\varepsilon}{d_{\text{экв}}}\right),$$

где  $Re$  – определяемый критерий Рейнольдса;  $K_\varepsilon$  – коэффициент, характеризующий абсолютную эквивалентную шероховатость материалов, используемых при изготовлении каналов противодымной вентиляции, определяется экспериментально;  $d_{\text{экв}}$  – эквивалентный диаметр канала противодымной вентиляции, величина которого определяется при условии, что значение удельных потерь на трение в каналах круглой и прямоугольной формы равны при равных скоростях движения продуктов горения.

Для этого предлагается эмпирическое выражение:

$$d_{\text{экв}} = 1,265 \cdot \sqrt[3]{\frac{a^3 \cdot b^3}{a+b}}.$$

Для нахождения величины коэффициента сопротивления трением в каналах противодымной вентиляции предлагается несколько эмпирических уравнений, которые учитывают особенности режима перемещения продуктов горения по таким каналам:

– для турбулентного режима перемещения продуктов горения А.Д. Альтшуль предложил уравнение:

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{K_g}{d_{\text{экв}}} \right)^{0,25},$$

– для ламинарного режима перемещения продуктов горения Блазиус предложил эмпирическое уравнение:

$$\lambda_{mp} = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}.$$

В зоне вариации ориентации каналов противодымной вентиляции, при распределении или консолидации газовых потоков в тройниках, при изменении размеров вентиляционного канала (например, в ходе расширения в диффузоре или сужения в конфузоре), при входе потока газа в вентиляционный канал и выходе из него, а также в районах монтирования различных устройств для управления газовым потоком (например, дросселя, шиберы, диафрагмы) можно наблюдать падение его давления.

На этих участках канала противодымной вентиляции происходит трансформация поля скорости продуктов горения и образование зон турбулентности у поверхности стенки канала, что обуславливает потерю энергии газовым потоком. Предполагаемая коррекция параметров поля скорости начинается на определенной дистанции от источника формирования местных потерь, а процесс стабилизации газового потока протекает на определенном расстоянии (которое равно нескольким калибрам, то есть эквивалентному диаметру канала противодымной вентиляции), а также после этого источника. Процесс прохождения возмущенного газового потока турбулентных зон происходит при потере энергии на вязкое трение и сопровождается ростом величины фрикционных потерь на стенках канала противодымной вентиляции. В этом случае упрощение методики аэродинамического расчета возможно, если считать сосредоточенными возможные потери давления из-за местных сопротивлений [4].

Значение потери давления за счет местного сопротивления  $\Delta P_{mc}$ , Па, пропорционально динамическому давлению продуктов горения в канале и может быть определено с использованием уравнения:

$$\Delta P_{mc} = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2},$$

где  $m$  – коэффициент местного сопротивления, при помощи которого определяется величина потерь давления в канале противодымной вентиляции, измеряется долями динамического давления.

Значение коэффициента местного сопротивления  $m$  на различных участках может изменяться в достаточно существенном диапазоне: как правило, в промежутке  $0 < m < 10$ . При

небольших скоростях перемещения продуктов горения в канале противодымной вентиляции и существенных потерях давления, например в диафрагме, значение коэффициента местного сопротивления  $m$  может быть достаточно большим и составлять нескольких сотен единиц. При некоторых ситуациях в зоне разветвлений тройников возможно появление отрицательной величины коэффициента местного сопротивления  $m$ . Это предполагает рост удельной энергии газового потока в зоне ответвления, обусловленное эжекцией. Поэтому оценка значения изменения давления потока продуктов горения в зоне перемещения через тройник предполагает учет знака коэффициента местного сопротивления  $m$ .

Особенностью систем противодымной вентиляции является обязательное наличие в них противопожарных огнезадерживающих клапанов. В работе [5] представлены результаты численного моделирования течения газовой среды через «канальные» нормально открытые (НО) клапаны, которые свидетельствуют о масштабных неравномерностях в распределении давлений газового потока в зоне установки подобных клапанов, у которых имеются ряд конструктивных особенностей по сравнению с традиционными, то есть «общеветилиационными» клапанами. Величина потери давления в процессе прохождения НО клапанов зависит от толщины теплоизоляционной заслонки и определяется конструктивными решениями внутренних компонентов газовой арматуры, которые через параметры проходного (живого) сечения клапана определяют условия взаимодействия этих элементов с потоком продуктов горения. Необходимость учета уменьшения давления на противопожарных НО клапанах в ходе проведения аэродинамического расчета систем противодымной вентиляции особенно критичен при незначительных габаритах подобных устройств, когда даже при возможных в подобных системах скоростях газового потока в каналах уменьшение давления на клапанах могут быть достаточно существенными [6].

Таким образом, если описывается процесс удаления дыма из одного помещения, суммарные потери давления  $\Delta P_{уч}$  на участке канала длиной  $L$ , алгоритм расчета потерь давления в каналах противодымной вентиляции, учитывающий наличие местных сопротивлений, приобретает линейный характер и может быть описан уравнением:

$$\Delta P_{уч} = R \cdot \beta_{ш} \cdot L + \sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot P_{\partial},$$

где  $R$  – экспериментальное значение потерь давления на один метр длины канала противодымной вентиляции;  $\beta_{ш}$  – коэффициент учета шероховатости стенок, зависящий от характеристик материала канала  $K_s$  и скорости движения продуктов горения  $w$ ;  $\sum \zeta_i$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений на линейном участке канала противодымной вентиляции;  $P_{\partial}$  – динамическое давление потока продуктов горения [7].

Несмотря на достаточно значительные объемы вычислений по определению значения суммарных потерь давления  $\Delta P_{уч}$  на участке канала, предполагающие необходимость применение линейной интерполяции в процессе работы с табличными значениями коэффициентов шероховатости поверхности стенок  $\beta_{ш}$  в зависимости от состояния поверхности канала  $K_s$  и скорости перемещения продуктов горения  $w$  проведение требуемых расчетных операций возможно без применения специально разработанных для этого программных продуктов.

Однако если процесс дымоудаления охватывает несколько помещений и гидравлическая схема системы противодымной вентиляции имеет разветвленный характер, то алгоритм аэродинамического расчета должен содержать решения как прямой, так и обратной задачи:

- относительно содержания прямой задачи предполагается определение конструктивных размеров каналов на всех участках системы противодымной вентиляции в условии фиксации расхода продуктов горения;

- относительно содержания прямой задачи предполагается определение расходов продуктов при неизменных конструктивных размерах каналов на всех участках.

В процессе аэродинамического расчета системы противодымной вентиляции его схему целесообразно разбить на отдельные участки, каждый из которых характеризуется постоянным расходом продуктов горения, перемещающихся по каналу. Границами между отдельными участками схемы могут быть разветвления. Величина потерь давления перемещающихся продуктов горения по участку определяется скоростью их движения и содержит в качестве составляющих фрикционные потери и потери за счет местных сопротивлений.

Так же как и при проведении гидравлического расчета магистралей пожарного водоснабжения в системе противодымной вентиляции определяется основное расчетное направление, которым является магистраль, представляющая собой цепь из последовательно ориентированных участков с начала системы до наиболее удаленного ответвления от начала главной магистрали [8].

Если выбираются две или более таких последовательности, которые равны по длине, за главное (магистральное) направление принимается наиболее нагруженное из этих направлений (имеющее наибольший расход).

Значение потери давления во всей системе численно равно потерям давления в магистрали, в которых суммируются величины потерь давления потока на всех последовательно ориентированных участках магистрали и потерь давления в элементах арматуры системы противодымной вентиляции.

Таким образом, при нахождении расчетных параметров систем противодымной вентиляции, обладающих разветвленной конфигурацией, необходимо:

- определить нагрузки всех расчетных участков, для чего система разбивается на отдельные участки и определяется величина расхода продуктов горения каждого из них последующим суммированием;
- выбрать главное (магистральное) направление на основе выявления наиболее протяженной цепочки, состоящей из последовательно расположенных расчетных участков системы;
- определить размеры сечения расчетных участков магистрали исходя из расчетного расхода продуктов и рекомендуемой скорости их перемещения по расчетному участку;
- для всех участков системы противодымной вентиляции определить фактическую скорость перемещения продуктов горения, а также величину фрикционных потерь давления;
- в зависимости от скорости перемещения продуктов горения найти величину динамического давления для каждого из участков системы противодымной вентиляции;
- определить виды местных сопротивлений на расчетных участках, их величину и потери давления в них, а также локальные и общие потери давления в системе противодымной вентиляции;
- произвести увязку всех других участков системы противодымной вентиляции, увязку начать с самых протяженных ответвлений.

Последовательность увязки параметров ответвлений аналогична последовательности расчета участков магистрального направления. Различия состоят только в том, что в процессе увязки параметров каждого ответвления возможные потери в нем предполагаются известными. Величина потерь давления по всему ответвлению должна быть равна потерям давления от той же точки до окончания основной магистрали системы противодымной вентиляции.

Процесс расчета ответвлений основан на методе последовательных приближений. Параметры сечений ответвлений магистрали системы противодымной вентиляции считаются подобранными, когда величина относительной погрешности  $\Delta$  в ходе определения потерь давления менее допустимого значения  $\Delta_{max}$ , обычно принимаемого равным 10 %. Условие выхода из цикла приближений описывается неравенством:

$$\Delta = \frac{(R \cdot \beta_{ш} \cdot L + Z)_{отв} - (R \cdot \beta_{ш} \cdot L + Z)_{маг}}{(R \cdot \beta_{ш} \cdot L + Z)_{маг}} < \Delta_{max},$$

где  $Z$  – потери давления в местных сопротивлениях участка системы противодымной вентиляции.

Таким образом, отображенный на рисунке алгоритм расчета системы противодымной вентиляции имеет циклический характер. Для реализации вышеозначенного алгоритма были использованы интерфейсы программы по работе с электронными таблицами EXCEL и интегрированной среды разработки программного обеспечения Visual Basic – программный способ ввода параметров расчета и вывода результатов и расчетного блока.

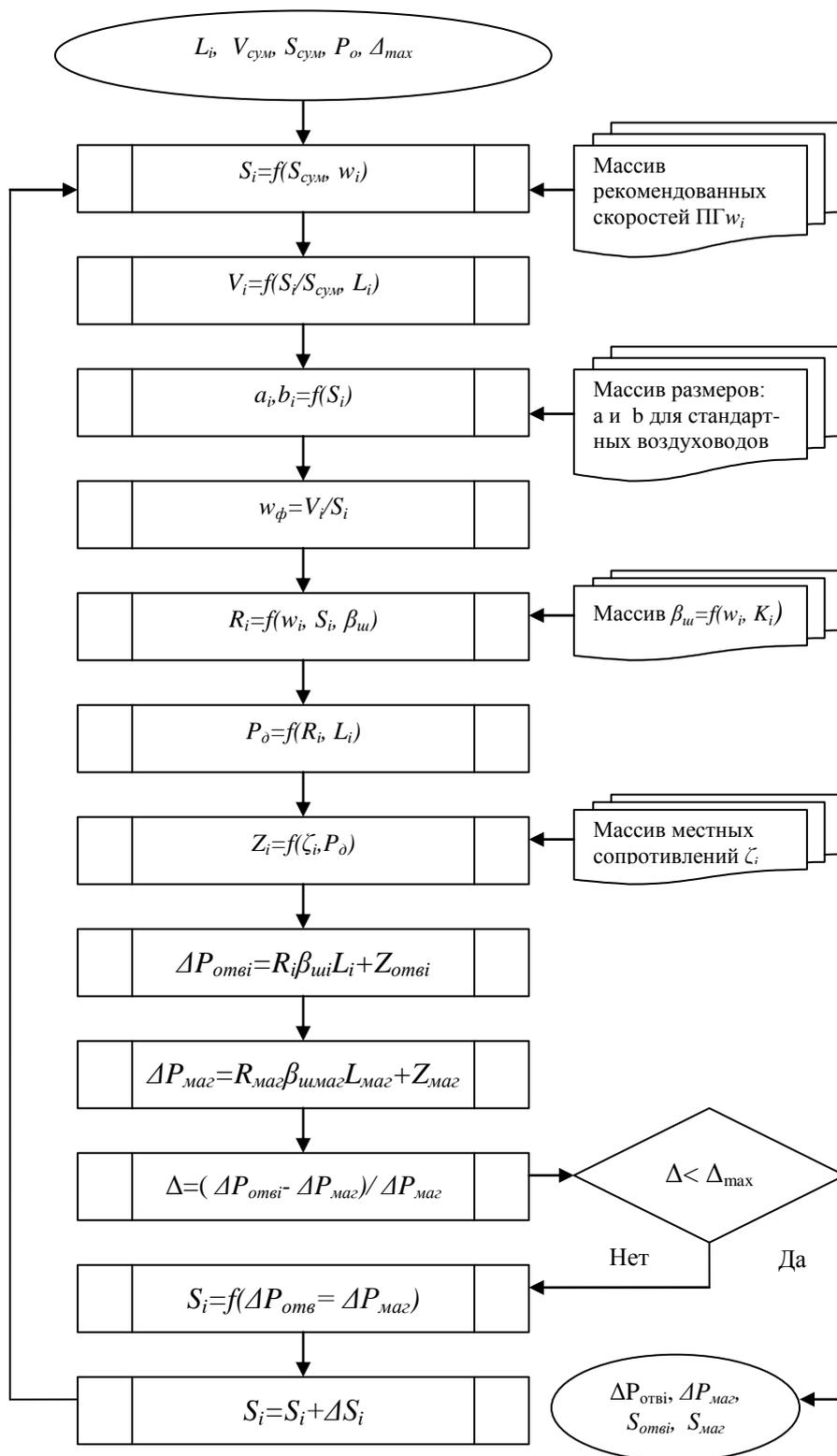


Рис. Алгоритм по расчету систем противодымной вентиляции

## Литература

1. Противодымная защита зданий и помещений: Пособие 4.91 к СНиП 2.04.05-91. М.: Промстройпроект, 1992. 75 с.
2. Стецовский М.П. Исследование газообмена на этаже пожара и определение некоторых параметров для расчета вентиляционных систем противодымной защиты жилых зданий: дис. ... канд. техн. наук. М.: МИСИ. 1979.
3. Отопление и вентиляция. Ч. 2. Вентиляция: учеб. / под ред. В.Н. Богословского. М.: Стройиздат, 1976. 439 с.
4. Кочев, А.Г. Таблицы и примеры аэродинамического расчета систем вентиляции: метод. указания. Н. Новгород: изд. ННГАСУ, 2008. 53 с.
5. Казаков Б.П. Структурно-классификационный анализ рудничных вентиляционных сетей по типам протекающих в них аэрологических процессов: сб. докладов Ежегод. науч. сессии Горного ин-та УрО РАН. 2009. 192–194 с.
6. Противодымная защита при пожаре: Рекомендация к МДС 41-1.99 СНиП 2.04.05-91\*. М.: СантехНИИпроект, 2000. 66 с.
7. ГОСТ 12.3.018-79 ССБТ. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
8. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М.О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.



---

---

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

---

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). С помощью трехслойной искусственной нейронной сети прямого распространения выполнена аппроксимация данных по росту воздействия ИКТ на экологию, которая послужила основой для прогнозирования влияния ИКТ на возникновение экологических ЧС.

*Ключевые слова:* техносфера, информационные технологии, искусственная нейронная сеть, компьютерная программа, математическая модель

Важнейшим компонентом процесса управления в системе предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) является аналитическая деятельность, включающая в себя анализ и моделирование процесса возникновения ЧС, от которых во многом зависит эффективность управляющих воздействий в сфере предупреждения возникновения ЧС [1]. В целях снижения техногенных рисков и повышения эффективности деятельности подразделений МЧС России большое значение имеет определение закономерностей возникновения ЧС и создание математических моделей системы прогнозирования возникновения ЧС [2].

В данной статье рассмотрены особенности развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) с точки зрения их влияния на возникновение экологических ЧС и создана математическая модель прогнозирования воздействия ИКТ на окружающую среду.

Выброс углекислого газа влияет на климат Земли в виде создания парникового эффекта, вызывающего повышение средней температуры воздуха, что приводит к таким катаклизмам, как ураганы, смерчи, цунами, наводнения и другие природные явления чрезвычайного характера.

### Техносфера

Американский ученый Питер Хафф разработал концепцию техносферы [3]. Это новая сфера Земли, наряду с литосферой, гидросферой, атмосферой и биосферой. Она образуется из всех машин и произведенных ими продуктов, а также людей.

В течение длительного времени среда обитания человека медленно изменялась, вследствие чего мало менялись виды и уровни негативных воздействий. Так продолжалось до середины XIX в., когда произошел бурный рост промышленного производства на базе развития техники. В XX в. на Земле возникли зоны повышенного загрязнения биосферы. Эти изменения были вызваны следующими причинами [3]:

- бурный рост численности населения на Земле (1900 г – 1 617 млн чел., 2000 г – 6 150 млн чел.) и его урбанизация;
- рост потребления и концентрация энергетических ресурсов;
- интенсивное развитие промышленного и сельскохозяйственного производства;
- массовое использование транспортных средств;
- бурное развитие новых, прежде всего, информационных технологий.

В настоящее время физические компоненты техносферы и продукты её распада (включая мусор) составляют около 30 трлн или  $30 \cdot 10^{12}$  т. Это эквивалентно 50 кг для каждого квадратного метра поверхности Земли. При этом масса всех живых организмов на Земле составляет лишь  $3 \cdot 10^{12}$  т.

### Биосфера и техносфера

Увеличение в последние десятилетия негативного воздействия на природу привело к нарушению экологического равновесия и вызвало деградацию среды обитания и здоровья людей. Биосфера постепенно утратила свое господствующее на Земле значение и в населенных областях Земли стала превращаться в техносферу.

Биосфера – область распространения жизни на Земле, включающая нижний слой атмосферы, водную среду планеты (гидросферу) и верхнюю часть земной коры (литосферу) [4]. Верхняя граница биосферы находится на высоте 10–15 км от поверхности Земли (атмосфера). Активная техногенная деятельность человека привела к разрушению биосферы во многих регионах планеты и созданию нового типа среды обитания – техносферы.

Таким образом, техносферой может называться часть биосферы, преобразованная людьми в технические и техногенные объекты, являющиеся средой обитания людей. Место техносферы в сферах Земли представлено на рис. 1.

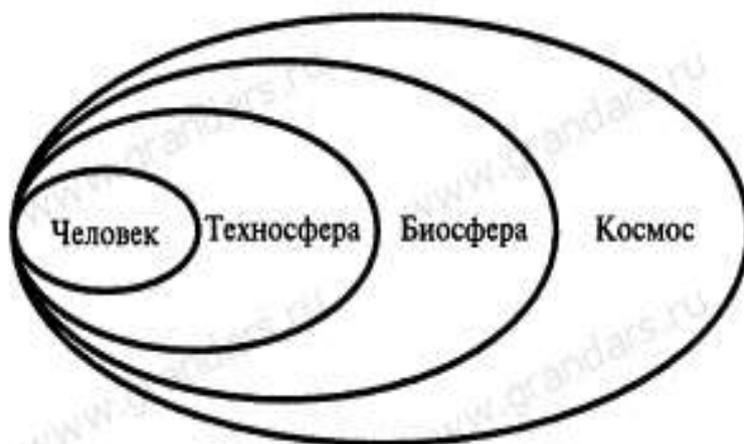


Рис. 1. Место техносферы в сферах Земли

Сопоставление основных показателей биосферы и техносферы представлено в табл. 1 [4].

Таблица 1

Показатели	Биосфера	Техносфера
Число биологических видов	$10^7$	1 (человек)
Масса, гигатонн ( $10^9$ тонн)	$2,5 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$
Годовой расход энергии, $10^{15}$ Дж	8200	450
Годовой расход воды, $\text{км}^3$	$30 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$
Скорость переработки информации, бит/с	$10^{36}$	$10^{16}$
Информационная скорость эволюции, бит/с	0,1	$10^7$

Быстрее всего в техносфере развиваются информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) (в том числе Интернет и связанные с ним аппаратные средства: компьютеры, планшеты, смартфоны и т.д.). ИКТ связаны с целой сферой цифровой деятельности, начиная с развлечений и социальных сетей и заканчивая коммерцией. Этот сектор техносферы оказывает все большее влияние на углеродные выбросы в атмосферу Земли.

## Моделирование процесса воздействия ИКТ на окружающую среду

Полученные по расчетам ученых данные [4] по росту воздействия ИКТ на окружающую среду представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2

Годы	2007	2010	2014	2017	2020	2025
Доля воздействия ИКТ, %	1,0	1,4	2,3	4,4	7,4	14,0

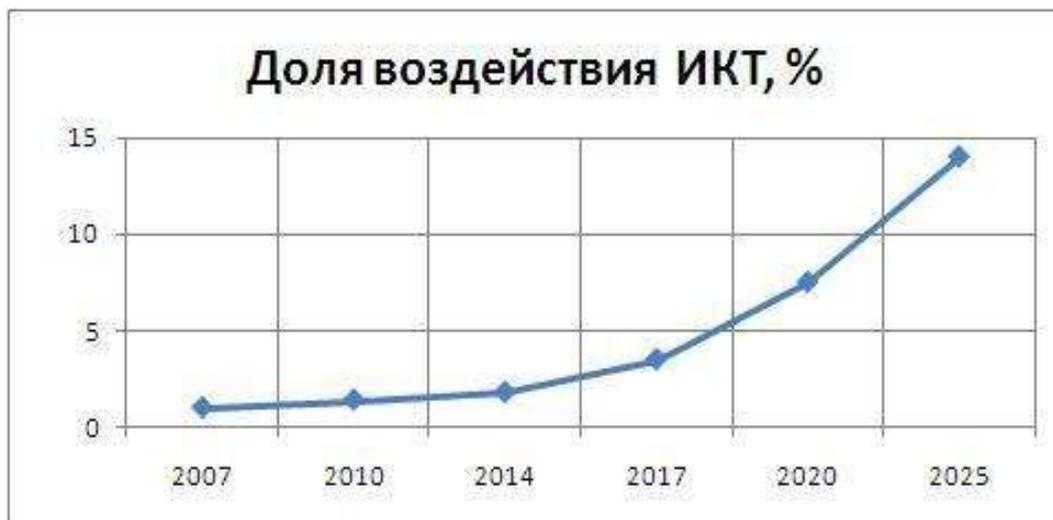


Рис. 2. Рост воздействия ИКТ на окружающую среду

Данные по росту доли смартфонов в ИКТ представлены в табл. 3 и на рис. 3.

Таблица 3

Годы	2010	2012	2014	2017	2020
Доля смартфонов в ИКТ, %	3,5	4,0	5,0	7,0	11,0

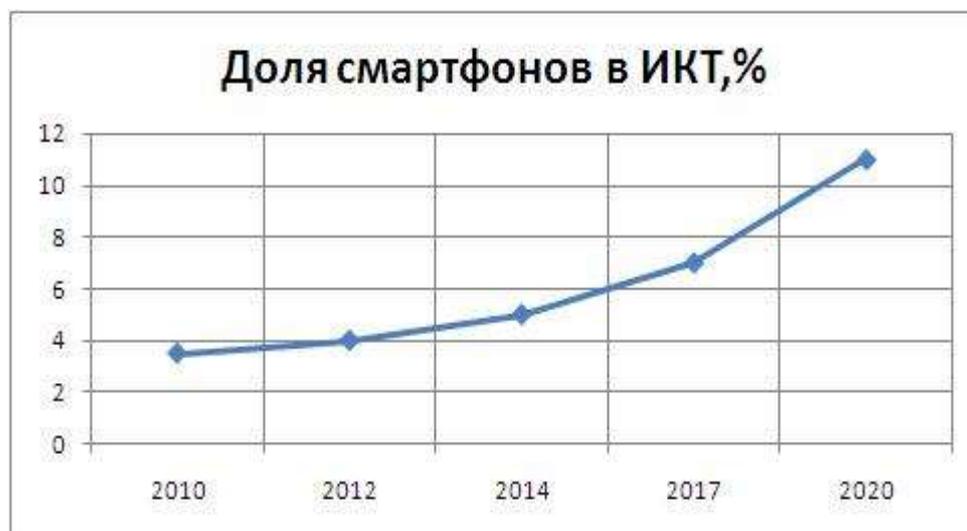


Рис. 3. Рост доли смартфонов в ИКТ

Данные по росту выбросов в CO<sub>2</sub>-эквиваленте, связанных с использованием смартфонов, представлены в табл. 4 и на рис. 4.

Таблица 4

Годы	2010	2012	2014	2017	2020
Выбросы CO <sub>2</sub> , млн. тонн	11,0	20,0	36,0	73,0	125,0

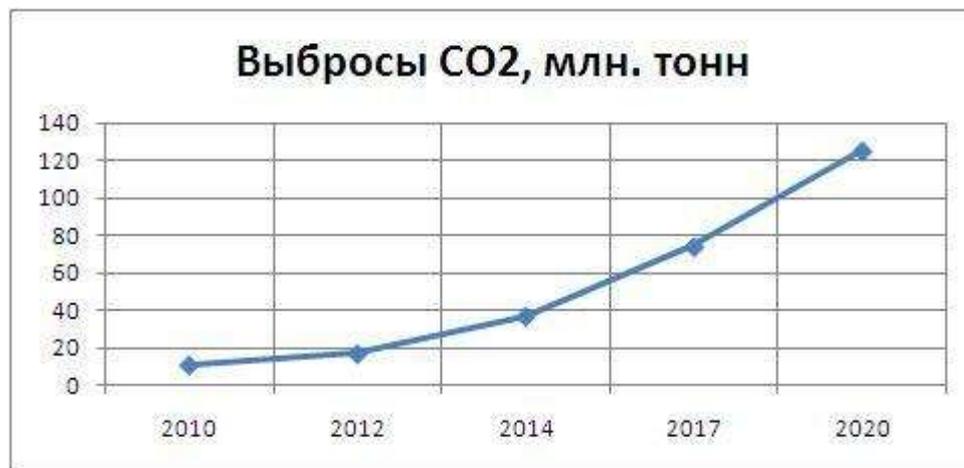


Рис. 4. Рост выбросов в CO<sub>2</sub>-эквиваленте, связанных с использованием смартфонов

Далее была создана математическая модель прогнозирования воздействия ИКТ на окружающую среду. Прогнозирование было выполнено с помощью трехслойной искусственной нейронной сети прямого распространения [5, 6]. Нейронные сети могут аппроксимировать любые непрерывные функции с заданной точностью [7, 8].

Для проверки адекватности модели был выполнен краткосрочный прогноз воздействия ИКТ на окружающую среду на один интервал времени вперед, то есть на 2025 г.

Процесс прогнозирования с помощью искусственной нейронной сети производится в несколько этапов. На первом этапе была выполнена интерполяция с целью нахождения промежуточных значений по имеющемуся дискретному набору данных по доли воздействия ИКТ на окружающую среду. Результаты интерполяции представлены в табл. 5 и на рис. 5.

Таблица 5

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Доля	1,4	1,45	1,61	1,92	2,3	2,92	3,6	4,4	5,3	6,3	7,4	8,6	9,8	11,2	12,6	14,0

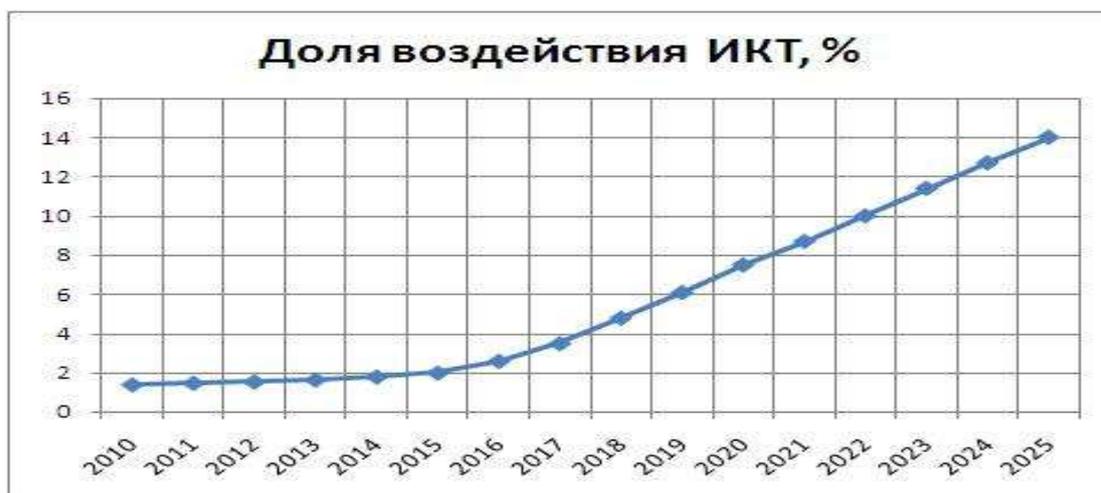


Рис. 5. Доля воздействия ИКТ на окружающую среду

На этапе обучения нейронной сети на вход подаются все компоненты входного вектора обучающей выборки (данные по доли воздействия ИКТ на окружающую среду за 2010–2024 гг.).

На этапе аппроксимации на вход нейронной сети снова подаются все компоненты входного вектора обучающей выборки и производится аппроксимация функциональной зависимости «Доля воздействия ИКТ» =  $f(\text{«Годы»})$ .

На этапе краткосрочного прогнозирования на один год производится экспоненциальное сглаживание вектора синаптических весов нейронной сети с целью определения прогнозируемого значения на 2025 г. Затем производится аппроксимация функциональной зависимости «Доля воздействия ИКТ» =  $f(\text{«Годы»})$ , включая 2025 г., и определяется прогнозируемое значение доли воздействия ИКТ. В результате прогнозирования на 2025 г. получено значение 14,1 %. Так как данные из табл. 5 для 2025 г. имеют значение 14 %, можно сделать вывод об адекватности модели прогнозирования.

Для оценки роста углеродных выбросов был выполнен прогноз выбросов в  $\text{CO}_2$ -эквиваленте, связанных с использованием смартфонов, на 2021 г.

На первом этапе была выполнена интерполяция с целью нахождения промежуточных значений по имеющемуся дискретному набору данных по выбросам  $\text{CO}_2$ -эквиваленте, связанных с использованием смартфонов. Результаты интерполяции представлены в табл. 6 и на рис. 6.

На этапе обучения нейронной сети использовались данные выбросов (табл. 6) за 2010–2020 гг. Краткосрочное прогнозирование на 2021 г. позволило получить значение выбросов в  $\text{CO}_2$ -эквиваленте, связанных с использованием смартфонов, равное 146 млн т.

Таблица 6

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Млн тонн	11	15	20	27	36	47	59	73	88	106	125



Рис. 6. Выбросы в  $\text{CO}_2$ -эквиваленте, связанные со смартфонами

С целью создания математической модели системы прогнозирования выбросов углекислого газа, связанных с бурным развитием ИКТ, с помощью трехслойной искусственной нейронной сети прямого распространения выполнена аппроксимация данных по росту воздействия ИКТ на экологию, которая послужила основой для прогнозирования влияния ИКТ на возникновение экологических ЧС.

С каждым годом ИКТ оказывают все большее влияние на выбросы вредных веществ. Для предотвращения негативного влияния ИКТ на окружающую среду все центры хранения и обработки данных должны работать на возобновляемых источниках энергии.

## Литература

1. Надежность технических систем и техногенный риск / В.С. Артамонов [и др.]: учеб. СПб.: С-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2007.
2. Лабинский А.Ю., Подружкина Т.А. Снижение техногенных рисков путем использования прогнозирующих математических моделей // Природные и техногенные риски. 2013. № 3. С. 12–18.
3. Потапов Г.П. Экологические основы техносферы: учеб. пособие. Казань: КГУ, 2009.
4. Медведева С.А. Экология техносферы. Иркутск: ИГТУ, 2017.
5. Лабинский А.Ю., Уткин О.В. К вопросу аппроксимации функции нейронной сетью // Природные и техногенные риски. 2016. № 1. С. 5–11.
6. Лабинский А.Ю. Особенности использования нейронной сети для прогнозирования временных рядов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 1. С. 40–44.
7. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Изд-во «Вильямс», 2006.
8. Рутковский Л., Пилиньский М., Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Изд-во «Телеком», 2004.



---

---

# ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ И ОБЪЕКТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ

---

---

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

**С.И. Шепелюк, кандидат военных наук, доцент;**

**А.Г. Нестеренко, кандидат технических наук;**

**К.И. Драпей.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

Исследуются современные проблемы устойчивого функционирования объектов нефтегазового комплекса, планирование мероприятий подготовительного периода при угрозе чрезвычайных ситуаций и в военное время.

*Ключевые слова:* поддержание устойчивости объектов, нефтегазовый комплекс, безопасность

При рассмотрении вопросов повышения устойчивости объектов нефтегазовой промышленности необходимо учитывать потенциальную возможность чрезвычайных происшествий. Внешне это проявляется в виде повреждения и разрушения объектов комплекса. Причиной этого является неконтролируемые взрывы, выбросы высокотемпературных и ядовитых веществ. Исходные составляющие этого опасного процесса очевидны:

- технический износ машин, механизмов и прочего оборудования комплекса;
- не всегда достаточный уровень профессиональной подготовленности специалистов работающих в отрасли;
- низкая организация технологического процесса по предупреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Классификация причин целесообразна по следующим признакам:

- признаки технического характера;
- признаки организационного характера.

Все это наблюдается на объектах нефтегазовой отрасли.

Признаки технического характера:

- проектные упущения;
- нарушения при строительстве объектов и монтаже основного и дополнительного оборудования;
- критический уровень износа основных производственных фондов;
- устаревшие технологии производства и безопасности;
- недостаточный уровень современных систем автоматизации технологических процессов и обеспечения безопасности;
- «человеческий фактор»;
- высокий уровень коррозионной составляющей в вопросах безопасности;
- недостаточный уровень и оснащенность средствами связи оперативного управления.

Признаки организационного характера:

- несоответствующий уровень и состояние производственной и исполнительной дисциплины;
- не всегда достаточная квалификация работников;
- нарушение техники безопасности;

- отсутствие достаточного уровня профессиональной подготовки и доподготовки персонала;
- при решении производственных задач вопросы безопасности решаются по «остаточному» принципу;
- низкий контроль по вопросам безопасности.

К этому перечню недостатков можно добавить существующие в отрасли нарушения технологического процесса, плановое обслуживание оборудования зачастую проводится не качественно, регламентные работы по обслуживанию оборудования, надзор за безопасностью труда осуществляется формально.

Имеет место противоречие между требованиями промышленной безопасности, уровнем потенциальной опасности нефтегазового комплекса, а также недостаточной профессиональной подготовленностью инженерного состава. Тем не менее, эксперты в области безопасности уверены – многочисленные аварии на подобных предприятиях связаны главным образом с незнанием, непониманием, а иногда просто игнорированием утвержденного нормативного регламента промышленной безопасности.

### Нефтяная промышленность

Нефтяная промышленность важная составляющая всего топливно-энергетического потенциала государства. Главная ее задача это стабильное снабжение нефтепродуктами всей экономики страны.

Помимо разведывания и освоения новых месторождений нефти, осуществляет строительство, эксплуатацию нефтепроводов, транспортируя ее к потребителям и к местам, осуществляющим переработку.

Нефтяная промышленность включает в себя следующие составные части, наглядно представленные на рис. 1.

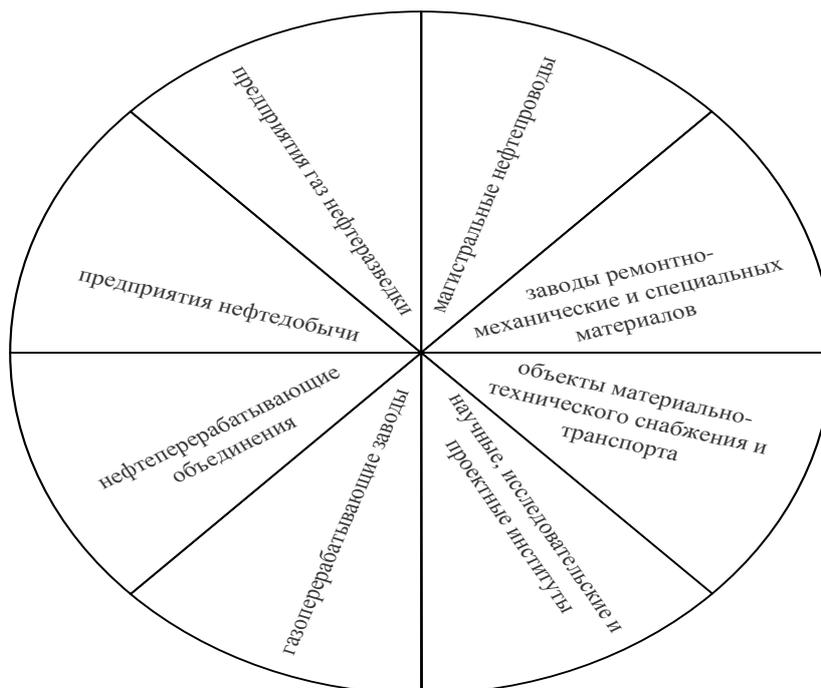


Рис. 1. Структура нефтяной промышленности России

Многообразие предприятий отрасли влияет на широкий спектр особенностей по повышению устойчивости отрасли в целом. Объективными проблемами комплекса являются:

- наличие громадного количества пожаровзрывоопасного материала;
- опасность разливов и загрязнения окружающих территорий;
- постоянная потребность объектов добычи и транспорта нефти в источниках электроснабжения;
- относительно высокая концентрация добычи нефти в отдельных районах России;
- гигантская протяженность трубопроводов от мест добычи до потребителей;
- недопустимая, с точки зрения устойчивости, плотность сети нефтепроводов в Поволжье;
- уязвимость наземных объектов нефтяного комплекса от действий саботажа, диверсий, актов умышленного вредительства, незаконного подключения, налетов вражеской авиации, воздействия всех средств огневого поражения;
- недостаточная устойчивость предприятий от воздействия всех техногенных и природных ЧС.

Все это влечет за собой большие возможные потери и разрушения в условиях ЧС и огромные затраты физических и финансовых средств для решения вопроса повышения устойчивости объекта.

### **Ситуационные модели наиболее опасных ЧС и их социально-экономических последствий для персонала, населения и окружающей среды прилегающей территории**

Вероятными последствиями возможного разлива нефти и нефтепродуктов при авариях на объектах нефтегазового комплекса являются:

- выброс в атмосферу загрязняющих веществ в результате испарения нефти (нефтепродуктов) с поверхности разлива;
- возгорание разлива нефти (нефтепродуктов);
- выброс в атмосферу токсичных продуктов горения нефти (нефтепродуктов) при возгорании разлива;
- гибель и травмирование населения, находящегося в зоне действия поражающих факторов пожара разлива нефти (нефтепродуктов);
- экономические потери, обусловленные нарушением нормальной работы.

В табл. 1 представлены возможные сценарии развития наиболее опасных аварийных ситуаций, выполненных с учетом требований к разработке планов ликвидации разлива нефти (ЛРН) – разлив нефти (нефтепродуктов) без возгорания, разлив нефти (нефтепродуктов) с последующим возгоранием.

*Причинами аварийной ситуации являются:* коррозия металла, механическое воздействие, переполнение резервуара, некомпетентность обслуживающего персонала, неправомерные действия третьих лиц, воздействие природных явлений.

Таблица 1. Сценарии развития аварийных ситуаций

Аварийная ситуация	Сценарий развития аварийной ситуации
Разгерметизация резервуара с нефтью (нефтепродуктом)	<p>Разгерметизация резервуара с нефтью (нефтепродуктом) → пролив нефти (нефтепродукта) и ее растекание внутри обвалования → загрязнение окружающей среды;</p> <p>Разгерметизация резервуара с нефтью (нефтепродуктом) → пролив нефти (нефтепродукта) и ее растекание внутри обвалования → возгорание пролива нефти (нефтепродукта) при наличии источника зажигания → термическое воздействие пожара на окружающую среду, оборудование и персонал;</p> <p>Разгерметизация резервуара с нефтью (нефтепродуктом) → пролив нефти (нефтепродукта) и ее растекание внутри обвалования → испарение нефти (нефтепродукта) с поверхности разлива → образование взрывоопасного облака топливно-воздушной смеси (ТВС) → взрыв облака ТВС при наличии источника зажигания → воздействие на окружающую среду ударной волной, термическое воздействие</p>

Аварийная ситуация	Сценарий развития аварийной ситуации
Разрушение резервуара с нефтью (нефтепродуктом)	<p>Разрушение резервуара с нефтью (нефтепродуктом) → перелив нефти (нефтепродукта) через стенку обвалования → пролив нефти (нефтепродукта) и ее растекание внутри обвалования, по территории промышленной площадки (за пределами обвалования) → загрязнение окружающей среды, территории промышленной площадки;</p> <p>Разрушение резервуара с нефтью (нефтепродуктом) → перелив нефти (нефтепродукта) через стенку обвалования → пролив нефти (нефтепродукта) и ее растекание внутри обвалования, по территории промышленной площадки (за пределами обвалования) → возгорание пролива нефти (нефтепродукта) при наличии источника зажигания → термическое воздействие пожара на окружающую среду, оборудование и персонал;</p> <p>Разрушение резервуара с нефтью (нефтепродуктом) → перелив нефти (нефтепродукта) через стенку обвалования → пролив нефти (нефтепродукта) и ее растекание внутри обвалования, по территории промышленной площадки (за пределами обвалования) → испарение нефти (нефтепродукта) с поверхности разлива → образование взрывоопасного облака ТВС → взрыв облака ТВС при наличии источника зажигания → воздействие на окружающую среду ударной волной, термическое воздействие</p>
Разгерметизация технологического трубопровода	<p>Разгерметизация технологического трубопровода → пролив нефти (нефтепродукта) и ее растекание по территории промышленной площадки → загрязнение окружающей среды, территории промышленной площадки;</p> <p>Разгерметизация технологического трубопровода → пролив нефти (нефтепродукта) и ее растекание по территории промышленной площадки → возгорание пролива нефти (нефтепродукта) при наличии источника зажигания → термическое воздействие пожара на окружающую среду, оборудование и персонал</p>
Разгерметизация технологического оборудования (резервуары, технологические трубопроводы, автоцистерны) на территории промышленной площадки с попаданием нефти (нефтепродукта) в производственно-дождевую канализацию	<p>Разгерметизация технологического оборудования промышленной площадки → попадание нефти (нефтепродукта) в производственно-дождевую канализацию → нефть (нефтепродукт) поступает в накопители производственно-дождевых сточных вод, на станцию очистки;</p> <p>Разгерметизация технологического оборудования промышленной площадки → попадание нефти (нефтепродукта) в производственно-дождевую канализацию → выход нефти (нефтепродукта) из системы производственно-дождевой канализации → выход нефти (нефтепродукта) за пределы промышленной площадки → загрязнение окружающей среды;</p> <p>Разгерметизация технологического оборудования промышленной площадки → попадание нефти (нефтепродукта) в производственно-дождевую канализацию → выход нефти (нефтепродукта) из системы производственно-дождевой канализации → выход нефти (нефтепродукта) за пределы промышленной площадки → возгорание пролива нефти (нефтепродукта) при наличии источника зажигания → термическое воздействие пожара на окружающую среду;</p> <p>Разгерметизация технологического оборудования промышленной площадки → попадание нефти (нефтепродукта) в производственно-дождевую канализацию → выход нефти (нефтепродукта) из системы производственно-дождевой канализации → выход нефти (нефтепродукта) за пределы промышленной площадки → распространение нефти (нефтепродукта) в сторону уклона местности, возможно попадание нефти (нефтепродукта) в акваторию пролива → загрязнение окружающей среды</p>
Разгерметизация автоцистерны	<p>Разгерметизация автоцистерны → пролив нефтепродукта и его растекание по территории промышленной площадки → загрязнение окружающей среды;</p> <p>Разгерметизация автоцистерны → пролив нефтепродукта и его растекание по территории промышленной площадки → возгорание пролива нефтепродукта при наличии источника зажигания → термическое воздействие пожара на окружающую среду, оборудование и персонал</p>

Понимая алгоритм и возможный сценарий развития аварийной ситуации, можно путем инженерно-технических решений исключить ее развитие и правильно спланировать мероприятия по повышению устойчивости объекта нефтегазового комплекса при ЧС.

На объектах отрасли проводится работа по снижению риска аварийных ситуаций, например:

- традиционная устьевая арматура заменяется на малогабаритную (физическая устойчивость повышается в 4–5 раз);
- проводится использование новых буровых установок с высокой монтажеспособностью;

- разработка упрощенных технологических схем сбора и подготовки нефти и газа на случай аварий или других ЧС;
- использование автономных насосных установок при выходе из строя насосных станций;
- прокладка нефтепроводов в обход крупных городов и объектов;
- установка клапанов-отсекателей на скважинах.

### **Газовая промышленность**

Газовая промышленность – это одна из ведущих ветвей топливно-энергетического комплекса (ТЭК), ее доля в нем составляет около 30 %. Она является основным экспортным активом страны.

В стране создана крупнейшая газотранспортная система с автоматизированной системой управления (в СНГ протяженностью более 100 тыс. км). Ежедневно по ней прокачивается к местам потребления примерно 1 млрд м<sup>3</sup> газа. Составляющими звеньями газовой промышленности являются предприятия, связанные с добычей, переработкой, хранением и транспортированием газа. И, конечно, от состояния устойчивости этих предприятий зависит устойчивость всего комплекса.

В целом устойчивость функционирования отрасли зависит от таких факторов:

- газ добывается в Сибири, на шельфе Северного Ледовитого океана, в других труднодоступных и отдаленных местностях России, а перерабатывается и потребляется в европейской части;
- планируется строительство еще более разветвленной и протяженной сети газопроводов «Сила Сибири», «Северный поток-2», «Южный поток» и др.;
- предусматривается разработка и внедрение новых современных технологий добычи и переработки газа;
- в связи с возрастающими объемами добычи, возникла необходимость строительства новых предприятий переработки и хранения газа (порт Усть-Луга, газовый хаб).

Одним из планирующих документов повышения устойчивости функционирования (ПУФ) объекта является «План исследования объекта нефтегазового комплекса на устойчивость». От тщательности и точности расчетов этого плана зависит объем и количество предстоящих работ, финансовые и производственные издержки и, по-большому счету – успех всей работы по ПУФ.

Анализ комплекса на устойчивость, показывает, что наиболее подвержены рискам ЧС техногенного и природного характера предприятия добычи и переработки газа. Высокая вероятность взрывов и пожаров от техногенных факторов и недостаточная устойчивость перед поражающими факторами стихийных явлений природы. Также присущи все недостатки, как и по вопросам устойчивости нефтяной промышленности.

При исследовании нефтегазового комплекса на устойчивость особое внимание уделяется расчетам устойчивости элементов на воздействие взрыва. При рассмотрении особенностей взрыва выделяют три зоны:

Первая зона, она же зона бризантного воздействия, характеризуется детонационной составляющей, при которой скорость распространения ударной волны равна нескольким километрам в секунду, при этом происходит дробление материалов.

Чтобы определить характеристики зоны, сначала рассчитывается ее радиус:

$$R_{\text{зп}} = 17,5 * \sqrt[3]{Q},$$

где  $R_{\text{зп}}$  – радиус первой зоны, м;  $Q$  – количество топливно-воздушной смеси (ТВС), т.

Практически мгновенно давление зоны увеличивается до 1 200 кПа, результат – полное разрушение атакуемого объекта.

С помощью графиков, представленных в статье, уменьшаем время для принятия решения по определению безопасного удаления от потенциально опасного объекта.

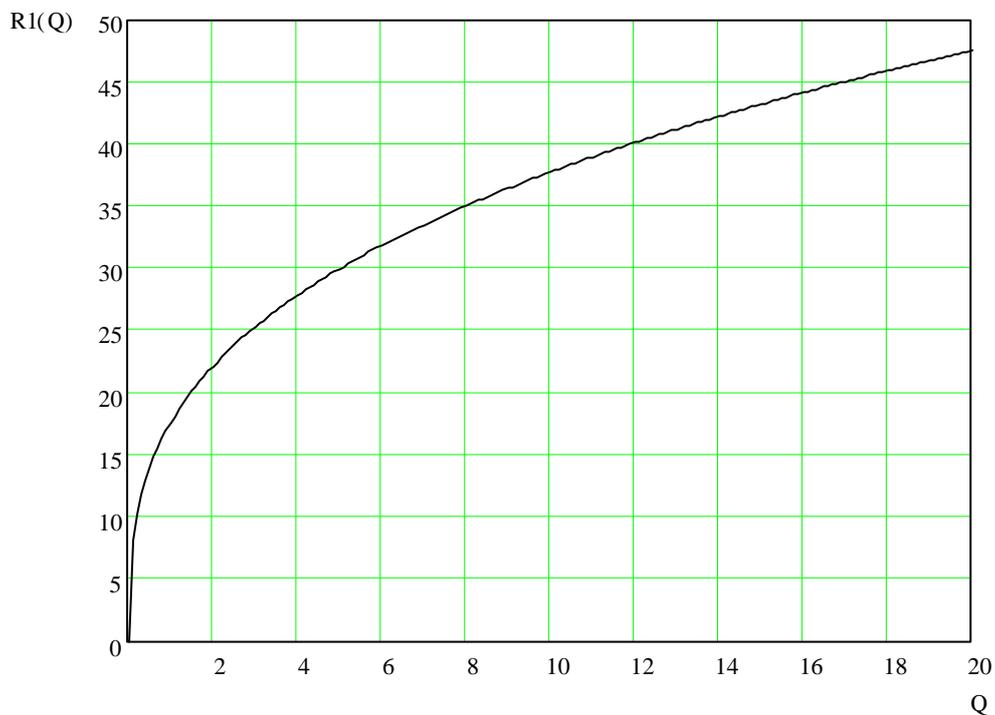


Рис. 2. График зависимости радиуса первой зоны  $R_{бр}$ , м от количества ТВС  $Q$ , т

С помощью графика можно быстро определить радиус бризантной зоны, зная о количестве транспортируемого или хранящегося топлива.

Вторая зона огневого воздействия шарообразная по форме, начиненная осколками разрушенного объекта. Радиус поражения рассчитывается по формуле:

$$R_{оск} = 1,7 * R_{бр}$$

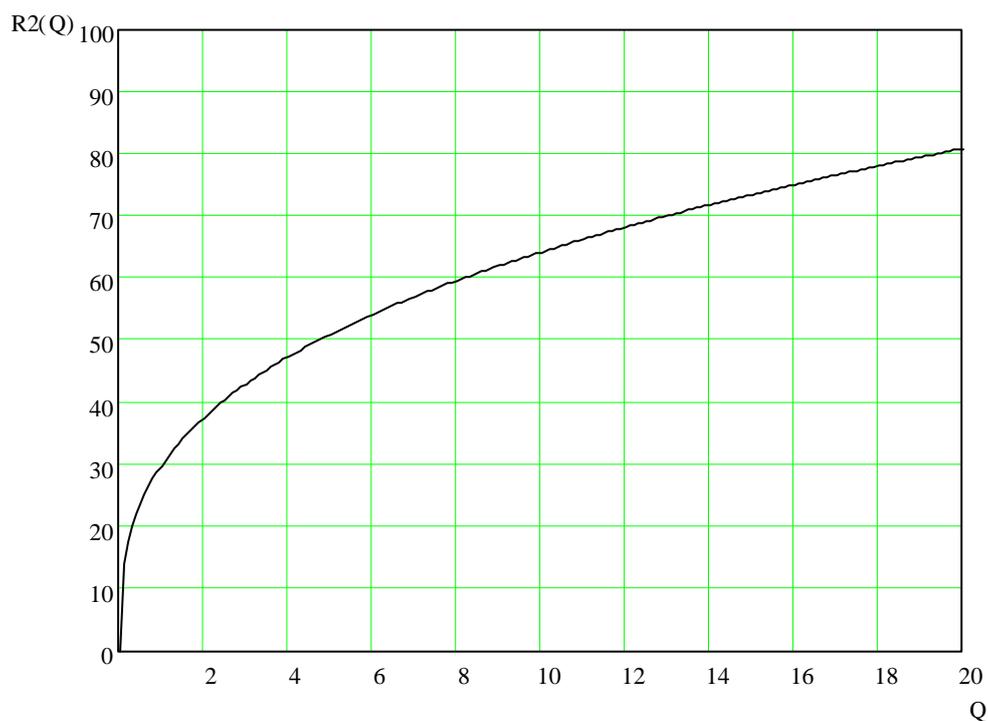


Рис. 3. Радиус зависимости зоны огневого воздействия  $R_{оск}$ , м от количества ТВС  $Q$ , т

График демонстрирует зону комплексного поражения: высокая температура плюс избыточное давление во фронте ударной волны.

Характеристика зоны: все еще громадное избыточное давление с усилием в 300 кПа полностью способно разрушить объект.

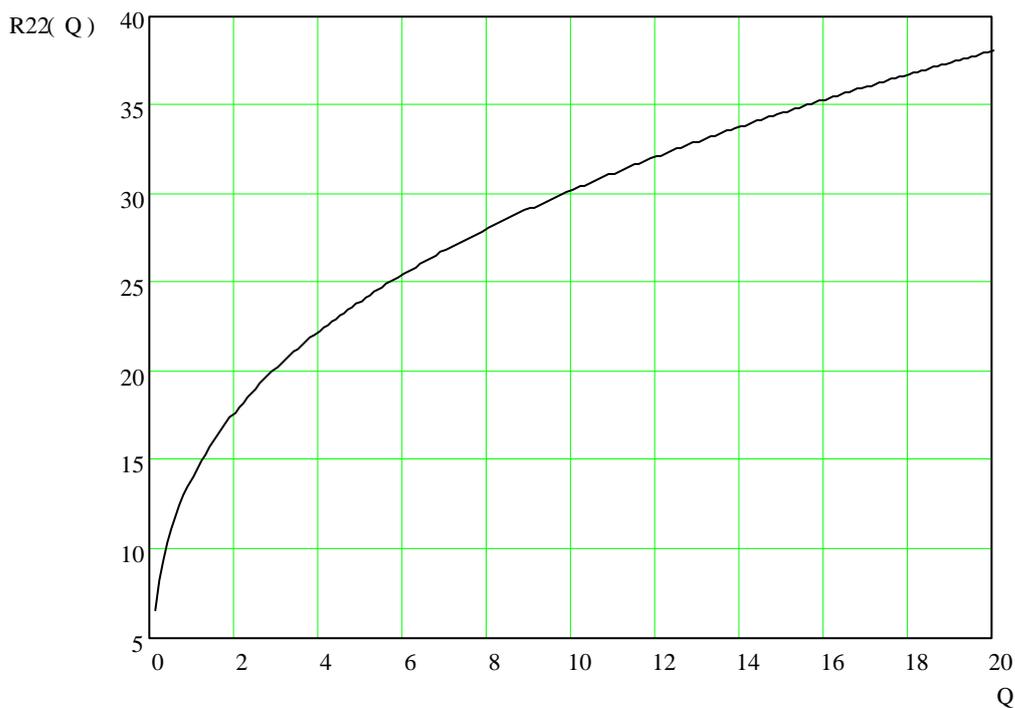


Рис. 4. Расчет давления во фронте ударной волны

Третья зона – зона «господства» ударной волны, где ее воздействие превышает предыдущую зону ( $R_{уд} > R_{оск}$ ).

При расчете избыточного давления, учитываем расстояние до объекта и коэффициент  $\alpha$ :

$$\alpha = 0,24 * \frac{R}{R_{сп}}$$

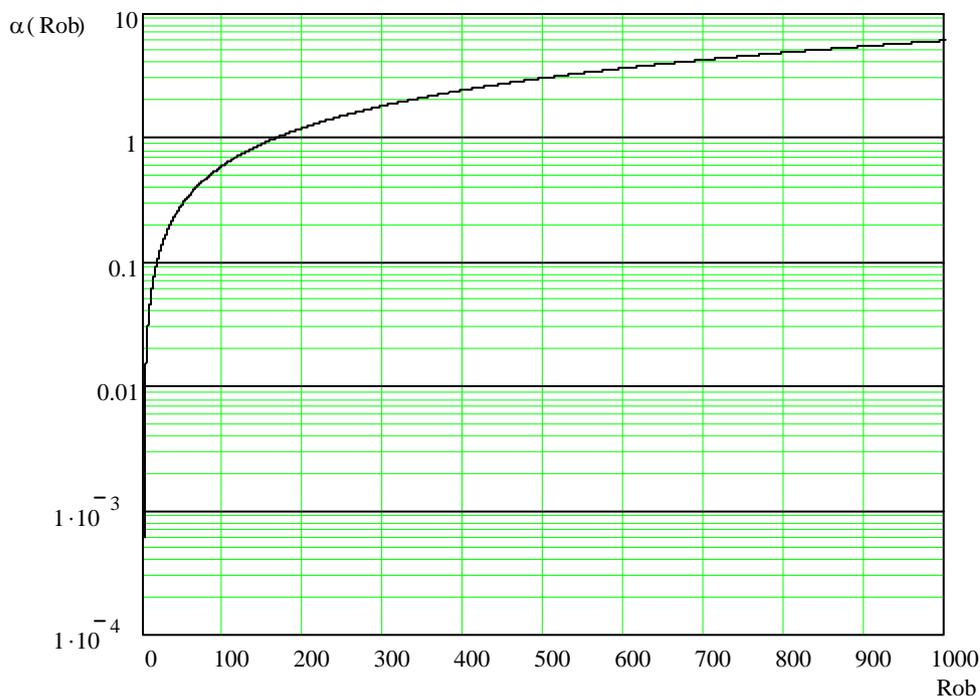


Рис. 5. Применение коэффициента  $\alpha$

Если коэффициент  $\alpha \leq 2$ , то избыточное давление (кПа) находится по:

$$P_{изб} = \frac{700}{3 * (\sqrt{1 - 29,8 * \alpha^3} - 1)},$$

при  $\alpha > 2$ :

$$P_{изб} = \frac{22}{\alpha * \sqrt{\lg \alpha + 0,158}}$$

Если радиус поражения неизвестен  $R_2$ , то при известных значениях количества топлива  $Q_1$  и  $Q_2$  он находится по формуле закона подобия при взрывах:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt[3]{\frac{Q_1}{Q_2}},$$

где  $R_1$  – известный радиус поражения ударной волной, м;  $Q$  – количество топлива, т.

Важно, что при реальной аварии на объектах нефтегазового комплекса не все количество топлива  $Q$  будет участвовать как основа взрыва. Согласно источнику [1], всего 10 % от массы топлива сгорит или взорвется – это и есть критерий расчета. Что касается остальной части топлива аварийного объекта, то оно не участвует в формировании ударной волны, а, следовательно, не может быть использовано в расчетах избыточного давления. (Одному из авторов данной статьи довелось присутствовать при аварии разгонного модуля ракеты на стартовой площадке космодрома «Плесецк». После взрыва большая часть окружающей территории была покрыта остатками не участвующего во взрыве топлива).

Радиус поражения  $R_{п}$  – есть расстояние от центра взрыва до зон, в пределах которых объект подвергался избыточным давлениям во фронте ударной волны, соответствующим слабым, средним, сильным и полным разрушениям.

Предел устойчивости объекта  $R_{уст}$  сравнивается с ожидаемым избыточным давлением от взрыва  $R_{изб}$  и, если  $R_{уст} < R_{изб}$ , то рассматриваемый объект неустойчив. Для этой цели создается номограмма устойчивости.

Оценка устойчивости объекта определяется, как производная от степени устойчивости элементов объекта. Изучая номограмму объекта на устойчивость при воздействии избыточного давления при взрыве можно сделать следующее заключение. При давлении от 10 до 30 кПа здание механического цеха, станки, агрегаты, краны, стенды получают слабые и средние разрушения. Предел устойчивости этих элементов 30 кПа. Предел устойчивости самого объекта при давлении свыше 30 кПа.

Давая оценку устойчивости, целесообразно принимать во внимание требования, изложенные в Федеральном законе № 123-ФЗ [2] о том, что устойчивость на взрыв возможна при сохранении целостности основных несущих и ограждающих конструкций. Принимая решение о пределе устойчивости каждого элемента, используется минимальный показатель средних разрушений. Очень важно учитывать это еще на этапе проектирования строительства объектов нефтегазового комплекса, а также при реконструкции и модернизации [3].

С учетом критериев зависимости степени разрушения зданий и сооружений от вида конструкции и избыточного давления во фронте ударной волны, целесообразно размещать их на расчетных расстояниях от возможного аварийного эпицентра взрыва [2]. Так это расстояние для промышленных зданий с тяжелым металлическим каркасом безопасно в зоне, где давление  $< 30$ – $40$  кПа, а для таких же зданий, с легким каркасом –  $< 25$ – $35$  кПа. Складские кирпичные здания в зоне давления –  $< 20$ – $30$  кПа, современные монолитные железобетонные повышенной этажности –  $< 80$  кПа. Особенно необходимо учитывать, что

зона наземных трубопроводов должна находиться там, где давление < 50 кПа, а зона подземных трубопроводов – < 1 000 кПа. Резервуары и емкости наземные в зоне – <55 кПа, а зона подземных резервуаров 75 кПа. Очевидна необходимость мероприятий, проводимых с целью повышения устойчивости. Данные критерии взяты по показателям средних разрушений. В соответствии с источниками [2, 4] такая степень разрушений соответствует максимальному пределу устойчивости объектов нефтегазового комплекса.

Аналогично потерям от разрушений при землетрясениях [1] можно рассчитать условную вероятность получения смертельных (0,09), тяжелых (0,1) и легких (0,2) травм при средней степени разрушения объектов нефтегазового комплекса. Предел устойчивости всего объекта зависит от минимального значения устойчивости его элементов. Полученные показатели сравниваются с фактически возможным избыточным давлением.

Существует множество отечественных и зарубежных методик расчета последствий поражающих факторов взрыва. При проведении проектных мероприятий по повышению устойчивости объектов нефтегазового комплекса применение высокоточных зарубежных компьютерных модулей затруднено из-за отсутствия отечественного сертификата соответствия.

Ряд методик при расчетах используют понятие «тротиловый эквивалент», что совершенно не подходит для расчетов применительно к ТВС, взрывающимся на объектах нефтяной и газовой промышленности, так как не учитываются следующие важные факторы:

- некорректно рассчитывается масса топлива, непосредственно реагирующая при взрыве;
- нет четкого понятия оснований механизма разрушения;
- большие расхождения в результатах различных методик;
- нет сформулированного учета погодных условий, влияния плотности застройки, характера местности, учета «парусности» при взрывах;
- не принимается во внимание частота воздействия взрывов небольшой мощности за относительно короткое время;
- существенное отличие физической природы взрыва ТВС от тротила, дефлаграционный характер в отличие от детонации.

С учетом существенных затрат на решение задач устойчивости объектов нефтегазового комплекса, немаловажным является точность в расчетах зон поражения при взрывах. С учетом исследовательской работы, изложенной в источнике [6], данные методики РД 03-409-01 [4] по оценке зон разрушения примерно в 2 раза меньше данных рассчитанных по методике «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [3]. А это существенная экономия при проведении мероприятий, повышающих устойчивость объекта.

С учетом особых требований к взрывопожароопасным объектам, можно воспользоваться при планировании следующим перечнем типовых мероприятий:

- обеспечение работников и инженерно-технический персонал защитными сооружениями и средствами индивидуальной защиты;
- установка прочных ограждающих конструкций между взрывоопасными зонами;
- широкое использование рельефа местности для уменьшения поражающих факторов взрыва;
- эвакуация работников, не привлекаемых к ликвидации аварий;
- обеспечение защитных сооружений всем необходимым для их жизнедеятельности;
- создание необходимых запасов медикаментов;
- обучение работников объекта правилам действий при взрыве и пожаре;
- недопущение создания взрывоопасных составов при авариях;
- широкое применение в опасных зонах инертных условий;
- применение средств автоматического пожаротушения;
- наличие в опасных помещениях и оборудовании специальных клапанов для сброса давления;
- использование в конструкциях опасного оборудования и помещениях негорючих материалов;

- недопущение проведения взрывных работ вблизи объектов нефтегазового комплекса;
- широкое применение в трубопроводной сети бесшовных труб с высокой антикоррозийной стойкостью;
- выполнение правил пожарной безопасности.

Все эти особенности учитываются в отраслевых требованиях по повышению устойчивости, которые разрабатывались и были приняты в 1979–1982 гг.

Постановлением «Общих требований по повышению устойчивости функционирования отраслей промышленности, транспорта, энергетики и сельскохозяйственного производства в ЧС» [7] предусмотрены специальные мероприятия по повышению устойчивости предприятий ТЭК:

- перераспределение в условиях ЧС ресурсов нефти и газа по направлениям, объемам и потребителям;
- создание перемычек и кольцевание магистральных нефтегазопроводов с действующими и строящимися нефтегазопроводами;
- ограничение объема транспортировки нефти в одном техническом коридоре;
- резервирование и повышение устойчивости подводных переходов через крупные реки;
- разработка и применение надежной системы противокоррозионной защиты оборудования;
- размещение подземных хранилищ нефти и газа вне зон опасных природных явлений;
- подземная прокладка трубопроводов через автомобильные и железнодорожные коммуникации;
- размещение технологических установок нефтеперерабатывающих производств на открытых площадках или под легкими огнестойкими покрытиями;
- размещение на газотранспортной линии поочередно компрессорных станций с электропроводом и с газотурбинными агрегатами;
- создание аварийного неснижаемого запаса труб различных диаметров и запорной арматуры;
- оборудование объектов байпасирующими устройствами и клапанами-отсекателями (запорной арматурой), установленными в защищенных колодцах или в земле с обвалованием;
- подземное хранение сжиженных газов и хранение их в состоянии отверждения, применение флегматизаторов при хранении и транспортировке особо взрывопожароопасных газов;
- регулярный контроль над герметичностью трубопроводов и технологических систем;
- подготовку технологического оборудования и создание запасов взрывчатых веществ для тушения пожаров на нефтяных (газовых) скважинах направленным взрывом;
- создание автоматических систем обнаружения утечки опасных веществ и экстренного отключения аварийных участков, магистральных газопроводов и компрессорных станций.

В настоящее время на предприятиях нефтяной, газовой промышленности и в геологоразведочных организациях находится в эксплуатации более 200 тыс. км магистральных нефтепроводов, 350 тыс. км промысловых трубопроводов, 800 компрессорных и нефтеперерабатывающих станций.

### **Трубопроводный транспорт**

Трубопроводный транспорт быстрыми и масштабными темпами строился в течение двух десятилетий в 60–70 гг. XX в. В связи с чем состояние этих многокилометровых магистралей – предаварийное. На рис. 6 схематически отражено состояние трубопроводного парка России.

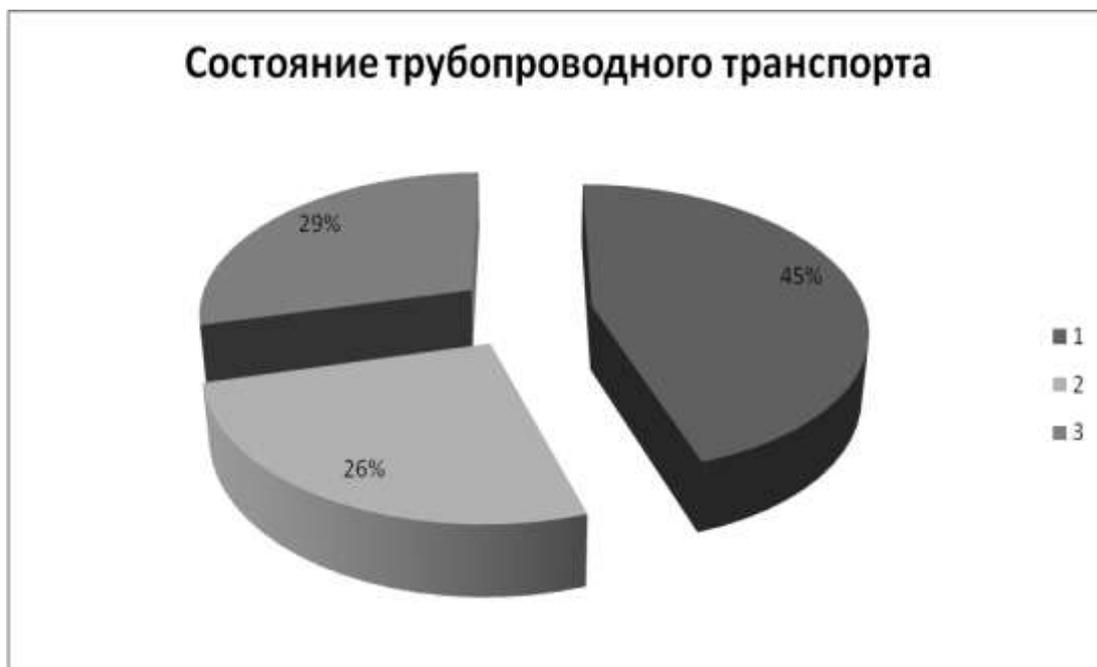


Рис. 6. 1 – возраст трубопровода до 30 лет; 2 – 35–40 лет; 3 – 30 – 35 лет

Возраст 30 лет и более примерно у 55 %. Это значит, что эксплуатировать их очень опасно, запас прочности нулевой. За 25 лет произошло более 170 различных чрезвычайных происшествий на трубопроводной сети, без учета ЧС на трубопроводах, оставшихся на территориях бывших союзных республик.

Основные причины аварий и пожаров в процентном отношении представлены на рис. 7.

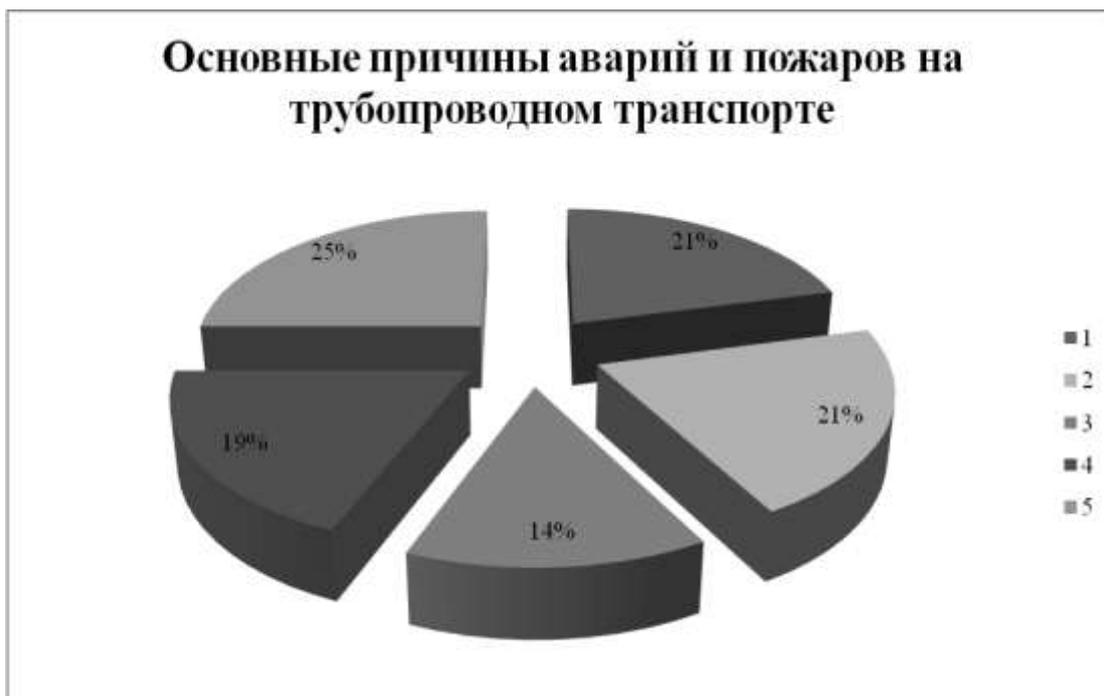


Рис. 7. 1 – подземная коррозия металла; 2 – брак при строительстве; 3 – дефект труб и оборудования; 4 – механические повреждения при вмешательстве в работу системы; 5 – прочие

Для определения мероприятий повышения устойчивости газопроводов необходимо понимать динамику и возможные сценарии развития газотранспортных аварий. Особую опасность представляют сценарии с разрывом трубопроводов, находящихся под высоким

давлением транспортируемого газа. Как правило, они сопровождаются взрывом, пожарами, прямыми убытками поставщиков и косвенными – потребителей. Поражающие факторы подобных ЧС:

- ударная волна, характеризующаяся избыточным давлением во фронте;
- поражения осколочного и термического характера.

Природа поражающего воздействия здесь такая же, как и в рассматриваемом случае с ТВС. Те же три зоны поражения с присущими им характеристиками. Отличие от предыдущего расчета в том, что катастрофические последствия на этом не заканчиваются – деструктивной составляющей становится выбрасываемый из трубопровода под огромным давлением газ. Вероятные последующие сценарии представлены в табл. 2

*Причинами аварийной ситуации являются:* коррозия металла, механическое воздействие, переполнение резервуара, некомпетентность обслуживающего персонала, неправомерные действия третьих лиц, воздействие природных явлений.

Таблица 2. Сценарии развития аварийных ситуаций

Аварийная ситуация	Сценарий развития аварийной ситуации
Пожар в воронке	1.1 Разгерметизация газопровода с образованием воронки (в твердом грунте) → 1.2 воздействие первичной ударной волны сжатого газа → 1.3 круговой разлет частей оборудования, труб, грунта → 1.4 утечка газа → 1.5 воспламенение газа → 1.6 образование воздушной волны сжатия → 1.7 термическое воздействие на окружающую среду, людей и оборудование
Струевое пламя	2.1 Разгерметизация газопровода с вырыванием плетей из заглубленного состояния на поверхность (в слабонесущих грунтах) → 2.2 воздействие ударной волны сжатого газа → 2.3 круговой разлет частей оборудования, труб, грунта → 2.4 утечка газа → 2.5 воспламенение газа с образованием двух струй горящего газа → 2.6 образование воздушной волны сжатия → 2.7 термическое воздействие на окружающую среду, людей и оборудование → 2.8 загрязнение атмосферы
Рассеивающее воздействие низкоскоростного шлейфа газа без воспламенения	3.1 Разгерметизация газопровода с образованием воронки (в твердом грунте) → 3.2 воздействие первичной ударной волны сжатого газа → 3.3 круговой разлет частей оборудования, труб, грунта → 3.4 утечка газа → 3.5 воспламенение газа → 3.6 образование воздушной волны сжатия → 3.7 термическое воздействие на окружающую среду, людей и оборудование → 3.8 загрязнение атмосферы
Рассеивающее действие двух струй газа	4.1 Разгерметизация газопровода с вырыванием плетей из заглубленного состояния на поверхность (в слабонесущих грунтах) → 4.2 воздействие ударной волны сжатого газа → 4.3 круговой разлет частей оборудования, труб, грунта → 4.4 утечка газа с образованием двух струй → 4.5 барическое воздействие вырывающегося газа или образование газового облака → 4.6 загрязнение атмосферы

Аварии на оборудовании могут проходить по следующим возможным сценариям:

- первая группа относится к авариям на открытой местности;
- вторая группа – аварии в закрытых помещениях.

Детализация и алгоритм возможных сценариев отчасти тот же, что и при авариях на трубопроводах. Можно к ним добавить развитие аварийных ситуаций при пожаре и взрыве образующейся в результате несанкционированной утечки газозвушной смеси, возникновение пожара в закрытом объеме, взрыв газозвушной смеси на территории, пожар пролива.

Современное развитие космических и других технологий, в частности широкое применение лазерных локаторов, работающих в автоматическом режиме, делает процесс наблюдения за состоянием трубопроводной сети очень удобным и технологичным. Но если не принять кардинальных мер по обновлению и восстановлению действующей сети

трубопроводов, то показатель аварийности, а значит и ущерб для экономики, будет еще значительнее. А это означает, что необходим комплекс инженерно-технических мероприятий на этом стратегическом объекте :

- реконструкция и новое строительство стационарных нефтепродуктопроводов с учетом безопасной эксплуатации их в условиях ЧС;
- ограничение наземной прокладки трубопроводов через зоны возможных ЧС, исключение такой прокладки через автомобильные и железные дороги;
- строительство площадок на трассах магистральных трубопроводов для массовой заправки горючим автотранспорта, сооружение колодцев для подключения полевых трубопроводов;
- создание и совершенствование автоматических систем обнаружения утечки опасных веществ и отключения аварийных участков;
- способность осуществить подготовку к транспортировке нефтепродуктов в зонах возможных ЧС в обход компрессорных станций в случаях нарушения их работы;
- заглубленная прокладка трубопроводов в зонах возможных разрушений и вынос головных насосных станций за пределы таких зон;
- создание базовых складов резерва материалов и оборудования для восстановления поврежденных участков и прокладки временных трубопроводных линий;
- создание и внедрение в эксплуатацию передвижных перекачивающих средств (насосных установок и агрегатов с автономным приводом и дистанционным управлением);
- строительство отводов от магистральных трубопроводов к ближайшим нефтебазам и транспортным узлам, на которых возможна организация перевалки нефтепродуктов на другие виды транспорта;
- повышение надежности электроснабжения компрессорных станций путем дублирования открытых линий электропередачи и прокладки подземных кабельных линий электропитания трубопроводных устройств;
- внедрение новейших методик контроля за безопасностью на объектах, в том числе методики автоматизированного мониторинга линейных объектов нефтегазового комплекса с беспилотного воздушного судна, предложенную учеными Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России и Воронежского института ГПС МЧС России [8].

Задача по повышению устойчивости объектов нефтяной и газовой промышленности решается только при заблаговременной организации проектных, монтажных и других инженерных мероприятий. Главной целью является предупреждение ЧС, снижение эффективности применения против этих объектов всех современных средств поражения, мероприятия по скорейшему восстановлению всего технологического цикла.

Учитывая имеющийся опыт внедрения этих мероприятий, для объектов нефтегазового комплекса разработаны основные векторы повышения устойчивости их деятельности:

- гарантирование защиты жизни и здоровья работников отрасли и их близких в ЧС;
- с целью повышения живучести объекта размещать на территории объекта (цехов, участков производства), запасов материальных средств, емкостей для хранения нефти, газа, продуктов их переработки в два и более эшелона;
- создание соответствующих баз в загородной зоне для размещения отдельных производств, рассредоточение и разукрупнение запасов аварийных химических отравляющих веществ, взрывчатых веществ и легковоспламеняющимися веществами и жидкостями (ЛВЖ);
- заблаговременная подготовка объектов к выполнению работы в условиях ЧС;
- по возможности производить заглубление в землю всех коммуникаций, хранилищ с ЛВЖ;
- обеспечение надежной охраны и обороны объекта в угрожаемый период;
- тщательная работа службы безопасности объекта и силовых структур с целью недопущения на объектах нефти газового комплекса случаев диверсий, саботажа, вредительства, террористических актов;
- подготовка объектов к выполнению работ по восстановлению нарушенного производства в ЧС.

– планирование мероприятий по повышению устойчивости объектов нефтегазового комплекса;

– подготовка системы управления производством объекта к решению задач в ЧС.

В соответствии с этими направлениями работ на объектах разрабатываются мероприятия по предупреждению ЧС и обеспечению устойчивости работы и «План мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта». Все изложенные мероприятия по повышению устойчивости объекта нефтегазового комплекса должны стать неотъемлемой частью общего плана экономического и социального развития.

#### *Выводы*

В данной статье исследованы и смоделированы возможные аварийные ситуации, алгоритм развития опасных процессов на объектах нефтегазового комплекса.

Проведено исследование зависимости величин радиусов поражающих факторов взрыва от количества ТВС, непосредственно участвующей в нем. Предложена графическая модель расчета радиусов для уменьшения времени при оценке обстановки и принятия решения после взрыва на объектах нефтегазового комплекса.

Проанализированы основные методики расчета радиусов взрыва и точность расчета зон безопасности при планировании мероприятий повышения устойчивости объектов нефтегазового комплекса России.

#### **Литература**

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федер. закон Рос. Федерации от 30 дек. 2009 г. № 384-ФЗ (в ред. от 2 июля 2013 г.). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720) (дата обращения: 15.12.2018).

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с изм. на 29.07.2017; редакция дейст. с 31.07.2018). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699) (дата обращения: 15.12.2018).

3. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»: Приказ федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 г. № 96. (Зарегистрировано в Минюсте России 16.04.2013 № 28138).

4. РД 03-409–01. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей // Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах. Сер. 27. Вып. 2. М.: ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2001.5. РД-03-26–2007. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ. Сер. 27. Вып. 6. М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2007.

5. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. URL: <https://standartgost.ru/> (дата обращения: 15.02.2019).

6. Расчет зон разрушения зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах / К.В. Ефремов [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2011. № 9.

7. Основные требования по ПУФ НХ страны в военное время от 30 марта 1979 г. (Постановление правительства СССР). Сборник постановлений. М., 1979.

8. Выватов А.В., Калач А.В., Трофимец В.Я. Методика автоматизированного мониторинга линейных объектов нефтегазового комплекса с беспилотного воздушного судна // Fire and Explosion Safety. 2018. Т. 27. № 4. С. 50–57.

---

---

# ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ

---

---

## СИНОПСИС ПО ПОДГОТОВКЕ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**К.Ж. Раимбеков, кандидат физико-математических наук;**

**А.Б. Кусаинов.**

**Кокшетауский технический институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан.**

**Г.Н. Дьячков.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена система подготовки квалифицированных кадров для органов гражданской защиты Республики Казахстан. Предложена многоуровневая модель подготовки квалифицированных специалистов в сфере гражданской защиты Республики Казахстан.

*Ключевые слова:* квалифицированный специалист, многоуровневая модель подготовки кадров

Уполномоченный орган в сфере гражданской защиты Республики Казахстан представляет собой мощную специализированную инженерно-техническую службу, которая может функционировать эффективно только при наличии хорошо подготовленных квалифицированных кадров. К квалифицированным специалистам относятся лица, прошедшие обучение в специальном учебном заведении [1].

Подготовка квалифицированных специалистов для системы гражданской защиты связана с рядом важных социально-экономических проблем. Наиболее важными из них являются:

- определение перспективной потребности подразделений гражданской защиты в квалифицированных специалистах;
- планирование развития системы специальных учебных заведений в целях удовлетворения потребности подразделений в квалифицированных специалистах;
- повышение качества знаний выпускаемых специалистов специальными учебными заведениями [2].

В настоящее время указанные проблемы стоят особенно остро, так как число вакантных должностей среднего и старшего начальствующего состава из года в год увеличивается, в 2015 г. – 430 ед., в 2016 г. – 557 ед. и в 2017 г. – 611 ед.

Подготовка специалистов осуществляется в единственном учебном заведении Кокшетауском техническом институте Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан (КТИ) только по программам бакалавриата, что не позволяет удовлетворить потребности уполномоченного органа в сфере гражданской защиты с профессионально-техническим образованием и высококвалифицированных специалистов с послевузовским образованием [3].

В этой связи было бы целесообразным создать многоуровневый образовательный комплекс для непрерывной ступенчатой профессиональной подготовки кадров в соответствии с нормативными требованиями Республики Казахстан.

Организационная модель такого образовательного комплекса представляет собой совокупность структурных подразделений, фактически образующих целостную систему.

Целью объединения является максимальная организационная (административная) интеграция разноуровневых учебных организаций образования: «начального профессионального –

среднего профессионального – высшего профессионального – послевузовского профессионального» для решения единого комплекса взаимосвязанных задач. Для этого обычно формируется образовательный комплекс в составе: «Учебный центр – Высший колледж – вуз».

В настоящее время многие образовательные учреждения реализуют программы подготовки по принципу преемственности различных уровней образования: бакалавриат–магистратура–докторантура PhD, однако данная модель не охватывает ступени профессиональной подготовки рабочих кадров соответствующих уровней квалификаций и специалистов среднего звена.

В этой связи предлагается перейти на многоуровневую модель подготовки кадров. Преимущества многоуровневой подготовки кадров при интеграции образовательных структур в единый образовательный комплекс будут выражаться следующей «системой эффектов» социально-экономического характера:

– для системы гражданской защиты – новые гибкие связи профессионального образования с потребностями территориальных подразделений;

– для образовательного учреждения – это возможность наиболее полной реализации научно-педагогического потенциала, разработка новых модификаций учебных планов с учетом специфики профессии;

– для желающих овладеть профессией – возможность результативного завершения подготовки на каждом уровне, если не готов пока получить образование более высокого уровня. Так как модель является открытой (без тупика), она позволяет выпускнику вернуться в обучение на следующий уровень после приобретения опыта работы в подразделениях. Повышается конкурентоспособность выпускника через спектр дополнительных квалификаций и специальностей.

Выше представленную модель формирования образовательного комплекса предлагается реализовать путем открытия Высшего колледжа гражданской защиты для подготовки кадров по образовательным программам прикладного бакалавриата и профессиональной подготовки рабочих специальностей, а также переход на подготовку специалистов высшей квалификации по программам послевузовского образования – магистратура и докторантура PhD.

Таким образом, будет осуществлен переход на многоуровневую модель подготовки специалистов для системы гражданской защиты Республики Казахстан (рис.).



**Рис. Многоуровневая модель подготовки кадров**

Для реализации многоуровневой модели подготовки кадров необходимо внести изменения и дополнения в квалификационные требования к категориям должностей сотрудников гражданской защиты Республики Казахстан (табл.) [4].

**Таблица. Квалификационные требования к категориям должностей сотрудников гражданской защиты Республики Казахстан**

Наименование образовательной программы	Наименование должности	Специальное звание
Профессиональная подготовка	Водитель – сотрудник; Пожарный: спасатель, радиотелефонист, прожекторист; Моторист пожарного катера; Радиотелефонист; Диспетчер; Мастер-спасатель и т.д.	Рядовой – старшина
Прикладной бакалавриат	Начальник караула	Младший лейтенант – капитан
Бакалавриат	Инженер; Старший инженер; Главный специалист; Оперативный дежурный; Помощник оперативного дежурного (помощник руководителя тушения пожара); Старший преподаватель регионального учебного центра; Помощник начальника специализированного отряда и т.д.	Лейтенант – подполковник
Магистратура	Начальник: управления, отдела, дежурной части, центра оперативного управления силами и средствами, регионального центра, испытательной пожарной лаборатории, специализированного отряда, специализированной пожарной части, пожарной части; Оперативный дежурный (заместитель руководителя тушения пожара); Преподаватель; Старший преподаватель; Доцент и т.д.	Майор – полковник
Докторантура PhD	Начальник департамента по чрезвычайным ситуациям; Начальник специального учебного заведения; Начальник факультета; Начальник кафедры; Заместитель начальника кафедры; Профессор кафедры	Майор – генерал лейтенант

Из табл. видно, что для каждой должности определена соответствующая образовательная программа и потолок по специальному званию. Таким образом, лицо, освоив надлежащую образовательную программу, назначается на соответствующую должность и получает специальное звание.

Многоуровневая модель подготовки квалифицированных кадров является открытой системой образования, которая дает возможность осуществления «образования через всю службу в сфере гражданской защиты», то есть осуществления принципа непрерывности образования [5]. Она наиболее полно отражает современную образовательную концепцию Республики Казахстан.

### **Литература**

1. Сайт Кокшетауского технического институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан. URL: <http://kti-tjm.kz/> (дата обращения: 12.05.2019).
2. Раимбеков К.Ж., Кусаинов А.Б. Подготовка специалистов комплексной безопасности // Вестник Кокшетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан. Кокшетау: Кокшетауский техн. ин-т КЧС МВД Республики Казахстан. 2018. № 1 (29). С. 80–88.
3. Раимбеков К.Ж., Кусаинов А.Б. Математическая модель подготовки кадров для органов гражданской защиты Республики Казахстан: сб. материалов XII Междунар. науч.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность», посвященной Году гражданской обороны. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 875–878.
4. Об утверждении квалификационных требований к категориям должностей органов внутренних дел Республики Казахстан: Приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан от 5 мая 2015 г. № 432. URL: <http://online.zakon.kz> (дата обращения: 12.05.2019).
5. Рогожин В.М., Елагина В.С. Современная модель подготовки специалистов // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27136> (дата обращения: 12.05.2019).



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Драпей Константин Иванович** – доц. каф. защ. насел. и террит. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Дьячков Глеб Николаевич** – нач. отд. по обучению иностранных граждан Центра междунар. деят. и информ. политики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Кузьмин Анатолий Алексеевич** – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

**Кузьмина Татьяна Анатольевна** – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

**Кусаинов А.Б.** – нач. каф. защиты в ЧС Кокшетауского техн. ин-та Комитета по ЧС МВД Республики Казахстан (020000, Республика Казахстан, г. Кокшетау, ул. Акана-Сери, д. 136);

**Лабинский Александр Юрьевич** – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Нестеренко Александр Геннадьевич** – проф. каф. защ. насел. и террит. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Раимбеков Кендебай Жанабильевич** – зам. нач. Кокшетауского техн. ин-та Комитета по ЧС МВД Республики Казахстан (020000, Республика Казахстан г. Кокшетау, ул. Акана-Сери, д. 136), канд. физ.-мат. наук;

**Романов Николай Николаевич** – доц. каф. физ.-тех. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Шепелюк Сергей Иванович** – проф. каф. защ. насел. и террит. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.



---

---

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

---

---

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 40 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, а также осуществляет переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы, кандидат экономических наук Чижиков Эдуард Николаевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем, организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых

академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

- 32 кафедры;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации; факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА); факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности НИИ: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Техносферная безопасность» и «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск,

Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета за рубежом: Алма-Ата (Республика Казахстан), Баку (Азербайджанская Республика), Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Также университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств – участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 15 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями Университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-Сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны (МОГО), Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования

«Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фондов. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом в электронных каталогах и картотеках. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 8 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



SCIENTIFIC AND ANALYTICAL MAGAZINE

**MONITORING AND EXPERTISE  
IN SAFETY SYSTEM**

**№ 2 – 2019**

**The Editorial Board**

**Chairman** – Doctor of juridical science General-the Lieutenant of internal service **Eduard N. Chizhikov**, head of the Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

**Co-chairman** – Doctor of Sciences **Savić Branko**, Director of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

**Vice-chairman** – Doctor of Political Sciences, candidate of Historical Sciences **Tamara V. Musienko**, Deputy Head of the University on scientific work.

**Vice-chairman** – Doctor of Sciences **Milisavlević Branko**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

**Members of the Editorial Board:**

Doctor of Technical Sciences, professor colonel **Sergey V. Sharapov**, Professor of the Department of criminology and engineering expertise;

Doctor of Technical Sciences, professor, honored science worker of the Russian Federation **Vladimir N. Lozhkin** Professor of the Department of fire, rescue equipment and road management;

Doctor of Medical Sciences, professor, honored worker of Higher School of the Russian Federation **Ludmila A. Konnova**, leading researcher of the of scientifically research institute of perspective researches and innovative technologies in the field of health and safety;

Doctor of Technical Sciences, professor, honored worker of Higher School of the Russian Federation, colonel **Mikhail A. Galishev**, professor of criminology and engineering and technical expertise;

Doctor of Chemical Sciences, Professor **Gregory K. Ivakhnyuk**, professor of fire safety of technological processes and production department;

Doctor of chemical sciences, professor **Nikolay V. Sirotinkin**, Dean of the Faculty of Technology of Organic Synthesis and Polymer Materials of Saint-Petersburg State Technological Institute (Technical university);

Doctor of Sciences **Babić Branko**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of Sciences **Karabasil Dragan**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of Technical Sciences, professor **Iliya D. Czechko**, leading researcher of the scientifically research institute of perspective researches and innovative technologies in the field of health and safety;

Doctor of Chemical Sciences, professor, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation, **Vladimir A. Lovchikov**, professor of criminology and engineering and technical expertise department;

Doctor of Sciences **Petrović-Gegić Anita**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

Doctor of Sciences (PhD) **Agoston Restas**, Head of the Department of Passive Fire Defense and Prevention of Emergencies. Institute of Management in Emergency Situations (Republic of Hungary);

Doctor of Engineering Science **Mrachkova Eva**, Professor of the Department of Fire Protection of the Technical University of Zvolen (Republic of Slovakia);

Doctor of Engineering Science (PhD), colonel of an internal service **Yuriy S. Ivanov**, First Deputy Head of the Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies (Republic of Belarus).

**Secretary of the Board:**

Major **Polina A. Bolotova**, editor of editorial department.

Candidate of Technical Sciences **Subotić Natasha**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

## **The Editorial staff**

**Chairman** – Colonel **Sergey M. Styopkin**, chief of editorial department.

**Vice-chairman** – Major **Lyudmila V. Alekseeva** editor in chief of the editorial department.

**Members of the editorial staff:**

Candidate of Pedagogics science, Colonel **Tatyana A. Kyzmina**, associate Professor of the Department of supervision (responsible for the release);

Senior lieutenant **Sergey V. Ilitskiy**, inspector of the international department and information policy;

Candidate of technical science, Colonel **Oleg V. Voytenok**, chief of the supervisor department;

Captain **Alexander E. Gaidukevich**, the leading engineer of the information and communication technologies center;

Doctor of Technical Sciences **Petra Tanović**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of science **Kim Hwayoung**, associate professor of the fire safety department of the Kyungil University (Republic Korea);

Candidate of Technical Science **Oleg D. Navrotskiy**, head of the Department of the Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies (Republic of Belarus);

Doctor of juridical science, Associate professor, Colonel **Anna A. Medvedeva**, chief of the international department and information policy;

Candidate of technical science, Associate professor, Colonel **Julia N. Belshina**, chief of criminalistics and technical examinations department;

**Secretary of the Board:**

Captain **Liliya N. Mamedova**, editor of prepress department of editorial department.



## CONTENST

### ***PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRES PREVENTION AND SUPPRESSION***

**Labinskiy A.Yu.** Simulate the heat regime during the house fire with use the neural network ..... 49

**Kuzmin A.A., Romanov N.N., Kuzmina T.A.** Cyclic algorithm of calculation of the system of antismoke ventilation on the basis of balance of pressure losses ..... 54

### ***LIFE SAFETY***

**Labinskiy A.Yu.** The specialty of the development the information technology ..... 61

### ***FIRE SAFETY OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE***

**Shepelyuk S.I., Nesterenko A.G., Drapey K.I.** Actual problems of maintenance of stability of objects of oil and gas complex of Russia ..... 66

### ***DIALOGS WITH SPECIALISTS***

**Raimbekov K. Zh.; Kusainov A. B.; Dyachkov G.N.** Synopsis on preparation of qualified personnel for the system of civil protection of the Republic of Kazakhstan ..... 81

**Information about authors** ..... 85

**Information sheet** ..... 86

Full or partial copying, reproduction, multiplication or other using of materials publishing in magazine «Monitoring and expertise in safety system» without written editorial permission isn't allowed

Reviews and wishes send at the address: 196105; Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, 149, incorporate editors office of editorial department of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, tel. (812) 645-20-35, e-mail: redakziaotdel@yandex.ru

Official website of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia: [www.igps.ru](http://www.igps.ru)

Saint-Petersburg university  
of State fire service of EMERCOM of Russia, 2019

---

---

# PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRES PREVENTION AND SUPPRESSION

---

---

## SIMULATE THE HEAT REGIME DURING THE HOUSE FIRE WITH USE THE NEURAL NETWORK

**A.Yu. Labinskiy.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

This article presents the problem of simulate the heat regime during the house fire with use the neural network. The neural network use for solution the ordinary differential equation. The neural network to realize in form the mathematical model and computing program.

*Keywords:* house fire, synthetic neural network, computing program, mathematical model

In industrial buildings where is in production and a significant amount of combustible substances, and also is stored in premises where there are many flammable subjects, there is a probability of emergence of the fire on rather Small Square (the local fire).

The construction designs of industrial and residential buildings which got to a burning zone are exposed to considerable thermal loadings which size cannot correspond to a stock of fire resistance of designs.

We will consider interaction of the gas stream ascending from the burning center indoors with the horizontal surface of ceiling overlapping of the room located at height of Notes of the upper bound of a torch of a flame. The hot stream of gas ascending from the burning center reaches an overlapping surface is developed on 90 degrees and spreads under overlapping with formation of a fan stream which thickness in the course of spreading increases. On an overlapping surface the gas stream forms dynamic and thermal interfaces which thickness in process of the movement of a stream also increases.

When burning indoors along with convective heat exchange the essential contribution is made by thermalizes radiation.

The concept of convective heat exchange covers process of heat exchange at the movement of liquid or gas [1]. Thus transfer of heat is carried out at the same time by convection and heat conductivity. Convection of warmth is understood as transfer of warmth when moving macro particles of liquid or gas in space from area with one (higher) temperature in area with other (less high) temperature. Convection is possible only in the fluid environment, thus transfer of warmth is inseparably linked with transfer of the environment.

If in unit of time through unit of a control surface there passes the mass of liquid (gas) of  $r \cdot w$ ,  $\text{kg/m}^2/\text{s}$ , together with it the enthalpy of  $I$ ,  $\text{J/m}^2/\text{s}$  is transferred. Then density of a convective thermal stream will be equal [1]:

$$q_{\text{conv}} = r \cdot w \cdot I, \text{ Vt/m}^2,$$

where  $r$  – density of the environment,  $\text{kg/m}^3$ ;  $w$  – the speed of the environment,  $\text{m/s}$ .

Warmth convection is always followed by heat conductivity [2]:

$$q_t = l \cdot \Delta T, \text{ Vt/m}^2,$$

where  $l$  – coefficient of heat conductivity;  $\text{Vt/m/K}$ ,  $\Delta T$  – difference of temperatures,  $\text{K}$ .

As a result convective heat exchange is described by the equation [2]:

$$q = q_{\text{конв}} + q_t = r \cdot w \cdot I + l \cdot \Delta T.$$

Convective heat exchange between streams of liquid or gas and a surface of the body adjoining to it is called as a convective thermalizes. At calculations of a thermalizes use Newton-Rikhman's law [3]:

$$Q = \alpha \cdot \Delta T \cdot F,$$

where  $Q$  – a thermal stream,  $\text{Vt}$ ;  $\alpha$  – coefficient of a thermolysis,  $\text{Vt/m}^2/\text{K}$ ;  $F$  – a surface,  $\text{m}^2$ .

Dependence of a thermal stream of  $Q$  on difference of temperatures of  $\Delta T$  for three values of surface area of  $F$  (1, 2 and  $4 \text{ m}^2$ ) and value of coefficient of a thermalizes of a not less than  $100 \text{ Vt/m}^2/\text{K}$  is presented in fig. 1.

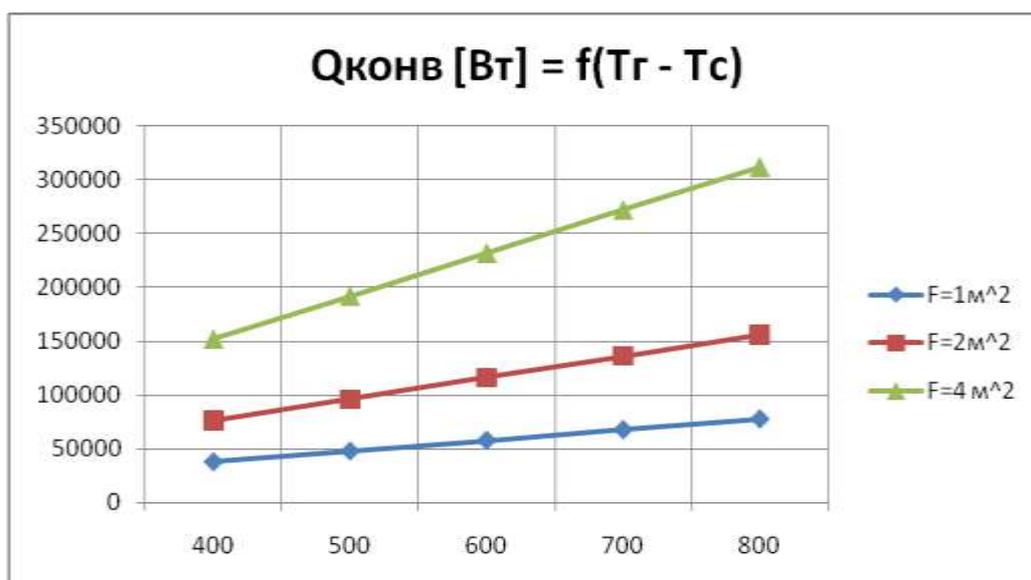


Fig. 1. Dependence  $Q_{\text{conv}} = f(\Delta T)$  for three values of  $F$

Consider radiant heat transfer (heat emission by radiation) between the gaseous medium and the surface [3]. Suppose that the gas has a constant temperature  $T_{\Gamma}$ , the surface  $T_c$ , and the radiation of the surface is characterized by a continuous spectrum. The radiant flux from the gas to the surface can be described as:

$$Q_{\Gamma-C} = E_{\text{np}} \cdot C_0 \cdot [(T_{\Gamma}/100)^4 - (T_c/100)^4] \cdot F, \text{ Vt},$$

where  $E_{\text{np}}$  – is the reduced degree of blackness;  $C_0 \approx 6,0, \text{ Vt/m}^2/\text{K}^4$  – black body emissivity.

The given degree of blackness is determined by the formula:

$$E_{\text{np}} = 1/(1/E_C + 1/E_{\Gamma} - 1),$$

where  $E_C$  – is the degree of blackness of the overlap surface (a value of about 0,5 and higher);  $E_{\Gamma}$  – is the degree of blackness of a flame (for  $\text{CO}_2$  about 0,2).

The dependence of the temperature head  $(T_{\Gamma}/100)^4 - (T_c/100)^4$  on the flame temperature for two values of wall temperatures (20 and 200 degrees) is presented in fig. 2:

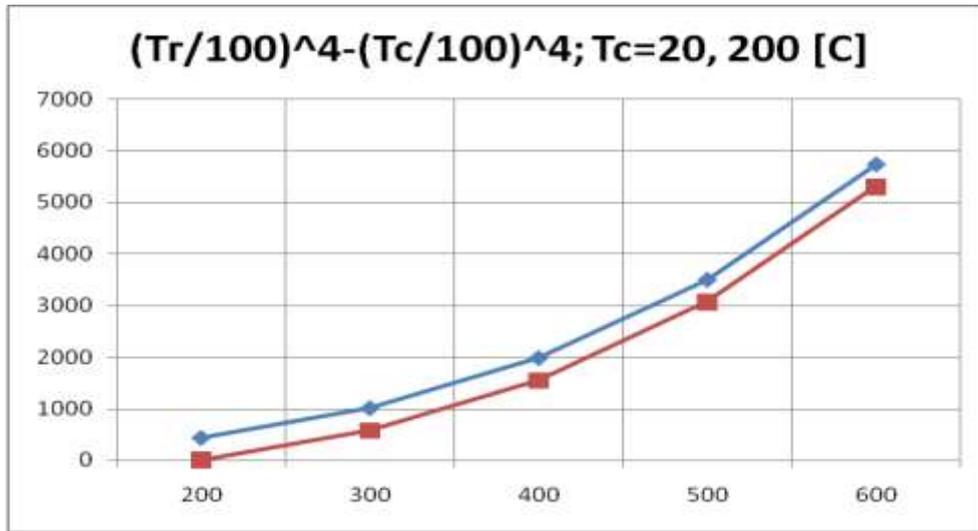


Fig. 2. The dependence of the temperature difference on the temperature of the flame

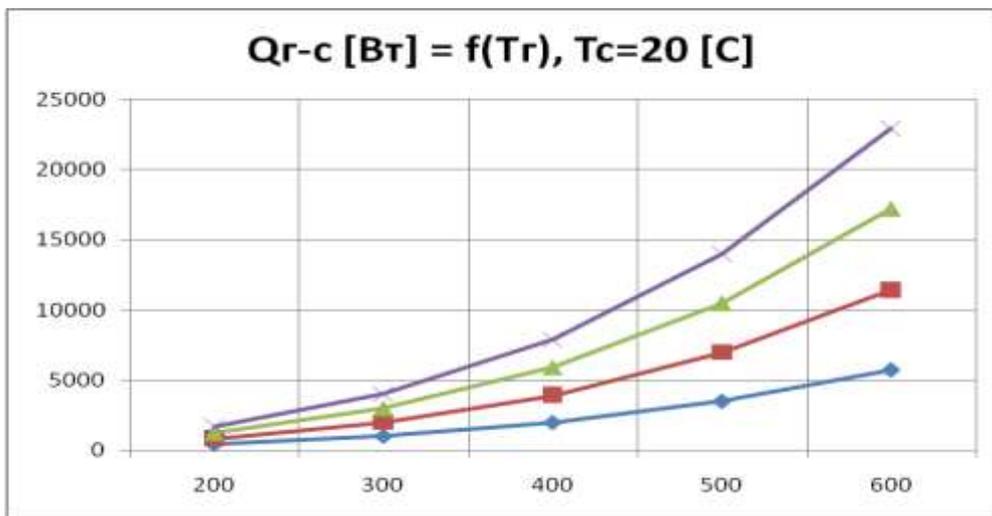


Fig. 3. The dependence of the radiant heat flux QG-S on temperature torch flame

The dependence of the radiant heat flux  $Q_{r-c}$  on the flame temperature for four values of the surface area  $F$  (1, 2, 3 and 4  $m^2$ ) at a wall temperature of 20 degrees is shown in fig. 3.

The heat balance equation with regard to radiant heat transfer has the form [3]:

$$C \cdot dT/d\tau = N - \sum \sigma_i \cdot (T_i - T_j),$$

where  $C$  – is the specific heat capacity, kJ/kg/K;  $N$  – is the power of the heat source, W;  $\sigma_i$  – are the thermal conductivities that take into account convective and radiant heat transfer.

The energy conservation equation will have the following form [3]:

$$C \cdot \rho \cdot (dT/d\tau + w \cdot \nabla T) = \nabla(\lambda \cdot \nabla T) + dP/d\tau,$$

where the expression on the left side of the energy conservation equation is a total derivative of the enthalpy, the first term on the right side determines the transport heat due to heat conduction, the second term is the work of pressure forces.

The heat transfer model can be simplified by using the concept of heating (cooling) rate. Then the simplest heat balance equation will have the following form [4]:

$$dT/d\tau = \pm m \cdot T,$$

where  $m$  – is the heating (cooling) rate. Initial conditions:  $T_{\tau=0} = T_0$ .

The equation describing the heating of a body by an internal heat source has the form [4]:

$$C \cdot dT/d\tau = N - m_1 \cdot (T - T_0) - m_2 \cdot T,$$

where  $m_i$  – is the heating rate.

In the transition process of heating (cooling) of homogeneous and inhomogeneous bodies of any shape and size, three characteristic modes can be distinguished [4]:

– unordered mode ( $0 < \tau < \tau_p$ ), in which the initial temperature distribution has a significant impact on the development of the process;

– regular mode ( $\tau_p < \tau < \infty$ ), in which the influence of the initial temperature distribution becomes insignificant;

– stationary mode ( $\tau \rightarrow \infty$ ), in which the temperature in all points of the body becomes equal to the ambient temperature  $T_0$ .

In the regular mode stage, the relative rate of change of the excess temperature  $\Delta T = T - T_0$  at any point of the body remains constant and the same:

$$(1/\Delta T) \cdot d\Delta T/d\tau = m = \text{const.}$$

This rate of change of temperature  $m$ , 1/sec is called the rate of heating (cooling). The value of  $m$  depends on the physical properties of the body, its shape and size, as well as on the heat transfer coefficient  $\alpha$ ,  $Vt/m^2/K$ .

A detailed presentation of the theory of the regular regime was performed in [5]. The basis of the theory of the regular regime consists of two theorems.

Theorem 1. For homogeneous bodies with a finite value of the heat transfer coefficient  $\alpha$ , the following relationship is fulfilled:

$$m = \alpha \cdot F \cdot \psi / (\rho \cdot C \cdot V),$$

where  $\alpha$  – is the heat transfer coefficient;  $F$  – is the surface area of the body;  $\psi$  – is the irregularity factor of the temperature field, equal to the ratio of the average excess temperature over the surface to the temperature average to the volume;  $\rho$  – is the density of the body material;  $C$  – is the specific heat capacity of the body;  $V$  – is the volume of the body.

The non-uniformity coefficient of the temperature field  $\psi$  remains constant during the entire period of the regular mode and can be determined using the following formula:

$$\psi = 1/\sqrt{(B^2 + 1,44 \cdot B + 1)},$$

where  $B = \alpha \cdot F / (\lambda \cdot V)$  – modified form of Bio number. The values of the coefficient  $\psi$  are within the following limits:  $0 < \psi < 1$ .

Theorem 2. With a high heat transfer rate, the heating (cooling) rate  $m$  is proportional to the thermal diffusivity coefficient  $A$  of the body material:  $m = A/\Phi$ , where  $\Phi$  – is the shape factor depending on the shape and size of the body. For the parallelepiped  $\Phi = 1/[(\pi/2\delta_x)^2 + (\pi/2\delta_y)^2 + (\pi/2\delta_z)^2]$ , где  $\delta_x$ , where  $\delta_x$ ,  $\delta_y$ ,  $\delta_z$  are the body dimensions.

### **Simulation of the process of temperature change in the room**

The differential equation that simulates the process of changing the temperature in the room will be as follows:

$$dT/d\tau = \tau \cdot Q / (c_p \cdot \rho \cdot V) - f(T),$$

where  $Q$  – is the heat flux from the flame plume [Vt],  $c_p$  is the specific heat capacity of the air, kJ/kg/K;  $\rho$  – is the density air, kg/m<sup>3</sup>;  $V$  – is the volume of the room, m<sup>3</sup>;  $f(T)$  – is a function characterizing the decrease in temperature due to heat leakage outside the room (cooling rate), K/c.

To solve the differential equation (DL), a computer program was used that implements a model of a recurrent neural network [6]. The interface of the program used to solve the remote control is shown in fig. 4:

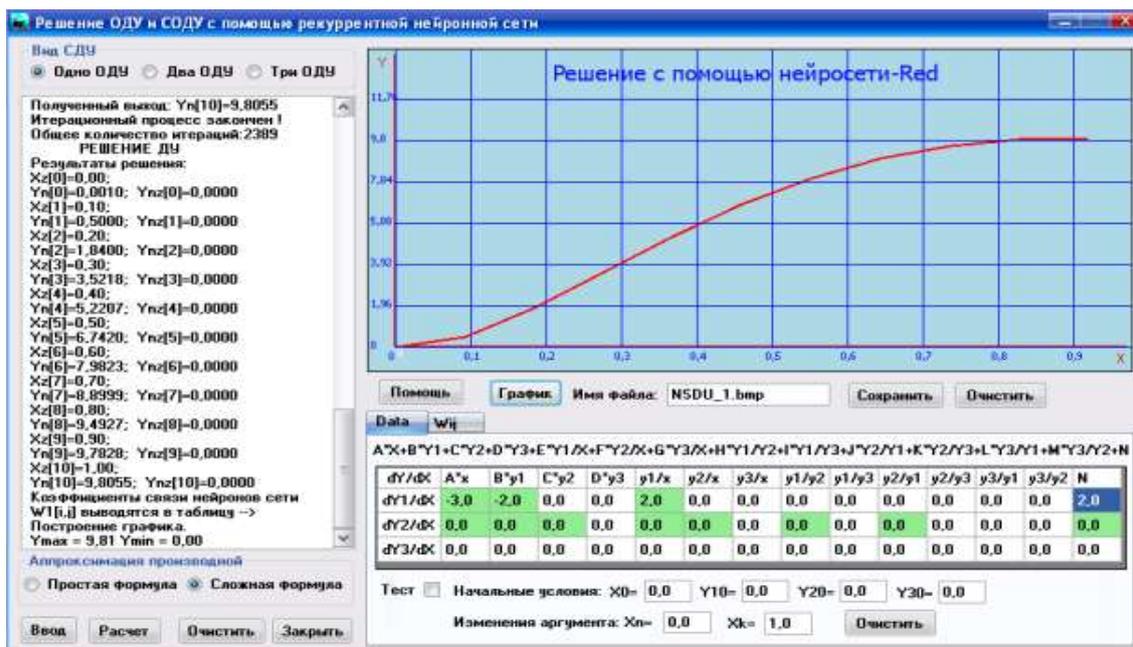


Fig. 4. The interface of the program used for the solution of DU

Heat physical properties of dry air with an atmospheric pressure are presented in the table.

Temperature, C	Density, kg/m <sup>3</sup>	Specific heat-bone, kJ/kg/K	Thermal conductivity, Wt/m/K
20	1,17	1,00	0,0258
100	0,92	1,01	0,0312
200	0,72	1,03	0,0374
500	0,44	1,09	0,0545

Results of calculations on the COMPUTER for the size of a thermal stream of  $Q = 25$  kWt and the volume of the room of  $25$  m<sup>3</sup> are presented in fig. 5.

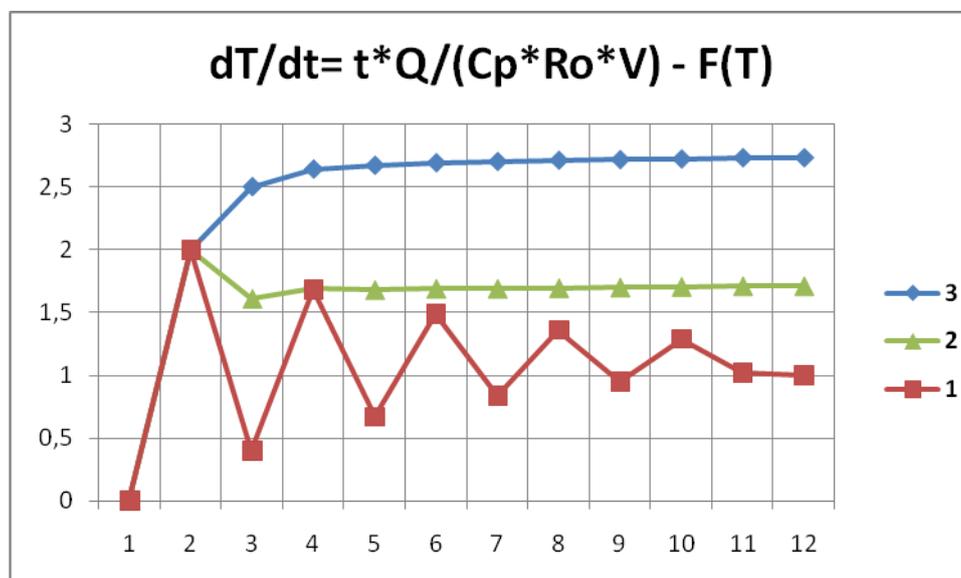


Fig. 5. The results of calculations on a computer

In fig. 5 schedules of the transitional modes of modeling for three values of parameters of function  $f(T)$  (rates of cooling of  $m_0$ ) characterizing reduction of temperature due to leakage of heat out of room limits are submitted.

The rates of cooling corresponding to the curves 1, 2 and 3 presented in drawing differ among themselves as follows:  $m_{01} > m_{02} > m_{03}$ . Apparently in fig. 5, with increase in rate of cooling duration of the transitional mode of modeling grows and growth rate of temperature indoors decreases:

$$m_{p1} = 1,0 < m_{p2} = 1,7 < m_{p3} = 2,7, \text{ K/c}]$$

### *Conclusion*

Computer modeling of process of change of air temperature at the fire indoors by a solution of the differential equation by means of the recurrent neural network realized in the form of the computer program is executed. As one would expect, results of calculations showed essential influence on growth rate of temperature indoors at the expense of a thermal stream from a torch of a flame of rate of cooling due to leakage of heat out of room limits.

### **References**

1. Kruglov G.A., Bulgakova R.I., Kruglova E.S. Heat Engineering. M.: LAN, 2012.
2. Kruglov G.A., Bulgakova R.I., Kruglova E.S., Andreeva M.V. Heat Engineering. Practical course. M.: LAN, 2017.
3. Deryugin, V.V., Vasiliev V.F., Olesheva V.M. Heat And Mass Transfer. M.: DOE, 2018.
4. Zimelman, N.M. Convective heat and mass transfer. M.: DOE, 2018.
5. Loginov V.S., Yukhnov V.E. Workshop on the basics of heat engineering. M.: DOE, 2019.
6. Labinsky A.Yu. Solution of systems of differential equations using neural networks // Risk management problems in technosphere. 2018. № 1.

## **CYCLIC ALGORITHM OF CALCULATION OF THE SYSTEM OF ANTISMOKE VENTILATION ON THE BASIS OF BALANCE OF PRESSURE LOSSES**

**A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; T.A. Kuzmina.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The research of the factors influencing pressure loss sizes in the system of antismoke ventilation is conducted. Influence of fire-retardant valves on possible pressure losses in channels is estimated. The analysis of an algorithm by calculation of pressure loss in the system of antismoke ventilation is carried out. The configuration of cyclic algorithms by calculation of systems of antismoke ventilation, based on balance of pressure loss in branches and the trunk main is offered.

*Keywords:* antismoke ventilation; burning products; pressure losses; ventilating channel; resistance coefficient friction; coefficient of local resistance; fire-retardant valves; coordination of sites of a system

The data provided in domestic and foreign sources allow drawing a conclusion that 85 % of cases with a lethal outcome on the closed fires can be explained with the striking action of the formed burning products. Process of distribution of products of burning on spaces of the buildings and constructions affected by the fire and designed on the basis of the existing architectural and technological decisions causes transfer of toxic components, temperature increase of the gas environment, emergence of secondary fire, change of optical permeability

of this Wednesday and even total loss of visibility. One of the major tasks in the solution of problems of antismoke ventilation – creation of methodology of calculation of its parameters, first of all losses of pressure which size substantially defines requirements to characteristics of ventilating installations which unlike gravitational systems are high-speed because of great values of expenses of products of burning [1].

During aerodynamic calculation of air ducts of system of antismoke ventilation it is possible not to consider compressibility of the products of burning moved on the channel as the greatest of possible changes of pressure in the channel is less than 5 % of values of atmospheric pressure. It is the reason of use of concept of excessive pressure when value of atmospheric pressure at the level of system of antismoke ventilation is accepted to conditional zero value, however one of features of functioning of system of antismoke ventilation is possibility of formation of sites on which the size of excessive pressure is less than zero, i.e. its vakuummétrichesky value takes place [2].

The concept of «loss of pressure» of the ventilating channel not fully reflects physics of the phenomenon, actually loss of energy of a gas stream which consists of losses of energy on friction about walls of the channel and loss of the energy caused by local resistance of elements of antismoke ventilation means.

For an assessment of a frictional component of losses of pressure in the channel of antismoke ventilation it is possible to use Veysbakh's formula which is widely applied in hydraulics [3]:

$$\Delta P_{mp} = \lambda_{mp} \cdot \frac{L \cdot \Pi \cdot \rho \cdot w^2}{8 \cdot S},$$

where  $\lambda_{mp}$  – friction resistance coefficient; L – channel length; S – area of cross section of the channel;  $\Pi$  – perimeter of cross section of the channel;  $\rho$  – density of products of burning; w – speed of the movement of products of burning on the channel.

The friction resistance coefficient  $\lambda_{mp}$  in the most general case is considered as the difficult size which depends on the mode of the movement of products of burning in the channel of antismoke ventilation and a roughness of walls of the channel [3]:

$$\lambda_{mp} = f\left(\text{Re}, \frac{K_{\vartheta}}{d_{\text{экв}}}\right),$$

where Re– the defined Reynolds's criterion;  $K_{\vartheta}$  – the coefficient characterizing an absolute equivalent roughness of the materials used at production of channels of antismoke ventilation is defined experimentally;  $d_{\text{экв}}$ -the equivalent diameter of the channel of antismoke ventilation which size is defined provided that value of specific losses on friction in channels of the round and squared are equal at equal speeds of the movement of products of burning.

Empirical expression is offered:

$$d_{\text{экв}} = 1,265 \cdot \sqrt[3]{\frac{a^3 \cdot b^3}{a + b}}.$$

For determination of coefficient of resistance of friction in channels of antismoke ventilation a number of the empirical dependences considering the mode of the movement of products of burning on such channels are offered:

– For a whirl of products of burning the formula offered by Altshul:

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{K_{\vartheta}}{d_{\text{экв}}} \right)^{0,25},$$

– For the laminar movement of products of burning the formula offered by Blazius:

$$\lambda_{mp} = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}.$$

Around change of the direction of channels of antismoke ventilation at division and association of gas streams in tees if the sizes of the ventilating channel change (for example, at expansion in the diffuser or narrowing in a confessor), at an entrance of a gas stream to the ventilating channel and an exit from it, and also in places of installation of various devices of adjustment of a gas stream (for example, a throttle, a shiber, a diaphragm) reduction of pressure of a stream of the moving gas environment is usually observed.

In the specified zones of the channel of antismoke ventilation transformation of a field of speed of products of burning and formation of vortex zones at a channel wall surface that causes loss of energy of a gas stream is observed. Possible changes of parameters of a field of speed begin at a certain distance to a source of local resistance, and process of alignment of parameters of a gas stream proceeds at some distance (as a rule, it is some so-called calibers which are in number equal to the equivalent diameter of the ventilating channel), and also after that source. Throughout vortex zones their passing by the indignant gas stream is followed by loss of energy on viscous friction and increase in losses at friction about walls of the channel of antismoke ventilation. Thus, for simplification of aerodynamic calculation possible losses of pressure because of local resistance accept concentrated [4].

The size of losses of pressure at the expense of local resistance  $\Delta P_{mc}$ , to  $\Pi_a$  is proportional to the dynamic pressure of products of burning in the channel and is defined by the equation:

$$\Delta P_{mc} = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2},$$

where  $m$  – coefficient of local resistance by which determine losses of pressure in the local resistance of the channel of antismoke ventilation in shares of dynamic pressure.

Sizes of coefficients of local resistance of a  $m$  various sites can change in rather wide range, as a rule, it is range  $0 < m < 10$ . At insignificant speeds of the movement of products of burning on the channel of antismoke ventilation and considerable losses of pressure, for example, in a diaphragm, the size of coefficient of local resistance of  $t$  can be rather high and reach several hundred. In a number of situations around branches of tees the negative size of coefficient of local resistance of  $t$  is possible. It means increase in specific energy of a stream of products of burning in branch because of process of ejection them the main stream. Thus, at an

assessment of size of change of pressure when passing a tee it is necessary to consider a sign of coefficient of local resistance of t.

Besides, obligatory elements of system of antismoke ventilation are fire-prevention fire-retardant valves. Results of numerical modeling of a current of the gas environment through the «channel» the normally open (NO) valves presented in [5] testify to essential not equal in distributions of pressure in a gas stream around installation of such valves which possess a number of design features in comparison with so-called «all-ventilating» valves. Value of loss of pressure on BUT valves is defined by thickness of the heat-insulating gate and design features of internal components of fittings which through parameters (live) section through passage of the valve determine conditions of a flow of these components by a gas stream. The accounting of losses of pressure on fire-prevention BUT valves when carrying out aerodynamic calculation of systems of ventilation is especially important at the small sizes of these devices when even at air speeds, characteristic for such systems, in air ducts of loss of pressure on valves can be rather big [6].

Thus, if it is about smoke removal from one room, the general losses of pressure  $\Delta P_{yq}$  on a site of the canal L long, in the presence of local resistance the algorithm of calculation of losses of pressure in channels of antismoke ventilation has linear character and is described by the equation:

$$\Delta P_{yq} = R \cdot \beta_{m} \cdot L + \sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot P_d,$$

where R – experimental value of losses of pressure upon 1 m of length of the channel of antismoke ventilation;  $\beta_m$  – the coefficient of the accounting of a roughness of walls depending on characteristics of material of the channel of  $K$ , and speed of the movement of products of burning of w;  $\sum \zeta_i$  – the sum of coefficients of local resistance on a linear site of the canal of antismoke ventilation;  $P_d$  – dynamic pressure of a stream of products of burning [7].

Despite rather considerable volumes of calculations on finding of the general losses of pressure  $\Delta P_{yq}$  on a site of the canal, the caused need to use linear interpolation during the work with the tables containing values of coefficient of the accounting of a roughness of walls  $\beta_m$  depending on characteristics of material of the channel Kaye of the speed of the movement of products of burning of w nevertheless performance of necessary settlement operations possibly without use of specially developed software products.

Other situation develops when process of smoke removal extends on some rooms and a configuration of system of antismoke ventilation have branched character, then the algorithm of aerodynamic calculation has to provide the solution of a straight line and return task:

- In relation to a direct task this finding of the constructive sizes of channels of all sites of system of antismoke ventilation at the fixed expense of products of burning;
- In relation to the return task this finding of expenses of products at the fixed constructive sizes of channels on all sites.

During aerodynamic calculation of system of antismoke ventilation its scheme for convenience is broken into separate sites. The settlement site can be characterized by the fixed expense of the moving burning products. As borders between separate sites of the scheme tees are usually used. Values of losses of pressure of the moving burning products on a site depend on their speed of the movement and include losses on friction and losses at the expense of local resistance.

By analogy with hydraulic calculation of systems of fire water supply, in systems of antismoke ventilation the main settlement direction – the highway which represents a chain

from consistently located sites from the beginning of system before the most remote branch from the beginning of the trunk main [8] gets out.

If there are two or more such chains which are identical on extent, it is possible to take for the main (main) direction the most loaded from them (what has the maximum expense).

The size of losses of pressure in system is equal to losses of pressure in highway which develop of sizes of losses of pressure of a stream on all consistently located sites forming the highway, and losses of pressure in fittings of system of antismoke ventilation.

Thus, in the course of calculation of the systems of antismoke ventilation having a branched configuration it is necessary:

- to define loading of each of settlement sites for what the system needs to be broken into separate sites and to determine the size of an expense of products of burning of each of them by summation;

- to choose the main (main) direction, to reveal the most extended chain of consistently located settlement sites of system of antismoke ventilation;

- proceeding from a settlement expense of products and the recommended speed of their burning on a site to determine the sizes of section of settlement sites of the highway;

- For each of sites of system of antismoke ventilation to determine the actual speed of the movement of products of burning, and also loss of pressure upon friction;

- Depending on the speed of the movement of products of burning to define values of dynamic pressure for each of sites of system of antismoke ventilation;

- types of local resistance, their size and losses of pressure in them, and also losses of pressure on settlement sites and the general losses of pressure in system of antismoke ventilation are defined;

- Coordination of all other sites of system of antismoke ventilation, since the most extended branches is made.

Technique of coordination of parameters of branches does similar to a method of calculation of sites of the main direction. The difference consists only that during coordination of parameters of each branch of loss in it are considered as the known. Losses of pressure from beginning to end of branch have to be equal to losses of pressure from the same point before the termination of the main highway of system of antismoke ventilation.

For calculation of branches the method of consecutive approximations is usually used. The sizes of sections of branches of the highway of system of antismoke ventilation are considered picked up if the relative mistake  $\Delta$  when determining losses of pressure doesn't exceed admissible value  $\Delta_{max}$ , usually accepted equal 10 %. The exit condition from a cycle of approximations is described by the equation:

$$\Delta = \frac{(R \cdot \beta_{uu} \cdot L + Z)_{ome} - (R \cdot \beta_{uu} \cdot L + Z)_{maz}}{(R \cdot \beta_{uu} \cdot L + Z)_{maz}} < \Delta_{max},$$

where  $Z$  – losses of pressure in local resistance of a site of system of antismoke ventilation.

Thus, the algorithm of calculation of system of antismoke ventilation displayed in drawing has cyclic character.

The cyclic algorithm of calculation of system of antismoke ventilation was realized in the form of the corresponding program complex. For input of parameters of calculation and a conclusion of results EXCEL spreadsheet interface is used, and the settlement block was realized in the form of a macro of Visual Basic that expanded possibilities of its application by practical workers of the Federal fire service of the State fire service of Emercom of Russia.

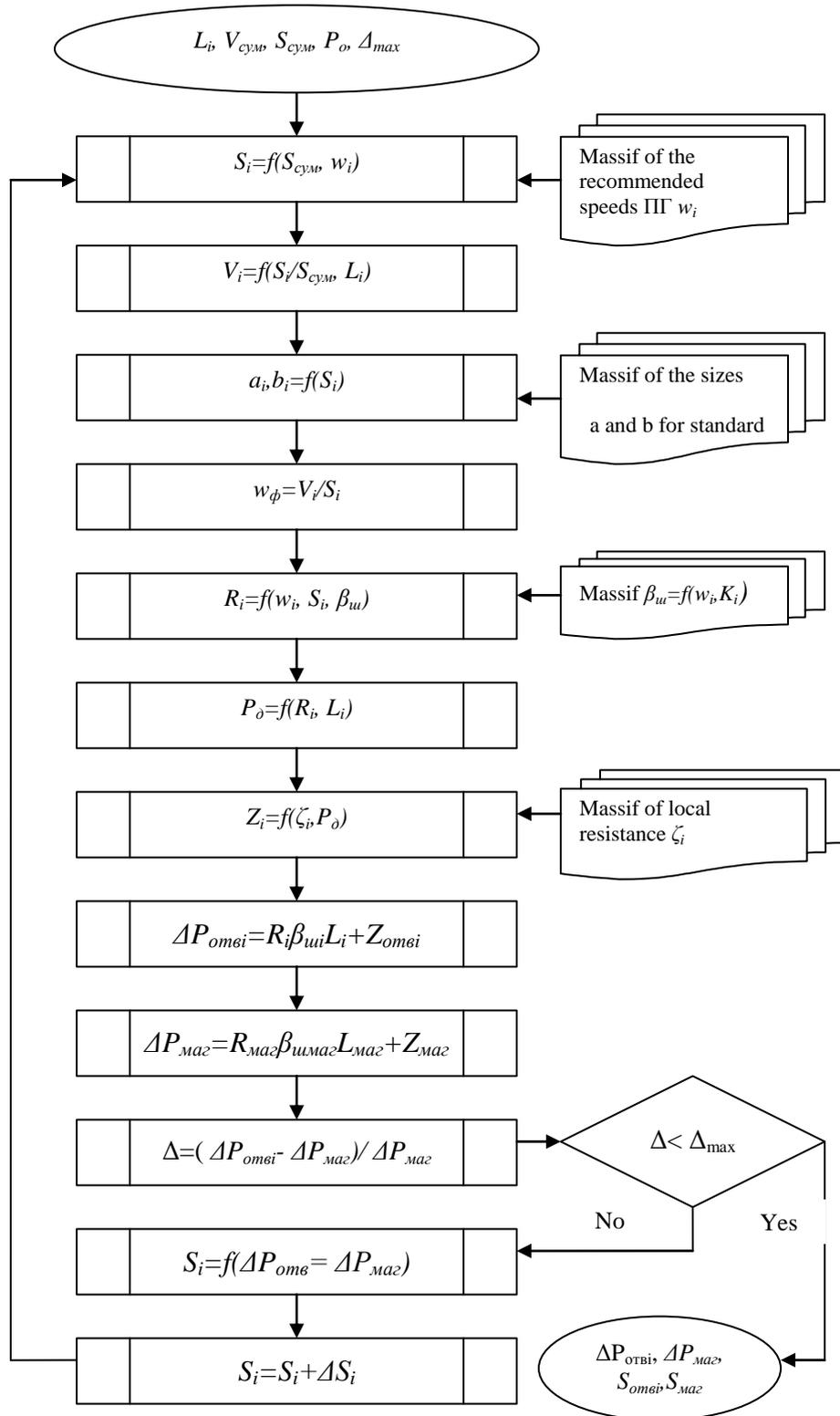


Fig. Cyclic algorithm of calculation systems of antismoke ventilation References

### References

1. Smoke protection of buildings and premises: Handbook 4.91 to CDaR 2.04.05-91. M.: Promstroyproekt, 1992. 75 p.

2. Stetsovsky M.P. Study of interchange of gases on the floor of the fire and the definition of some parameters for the calculation of ventilation systems smoke protection of residential buildings: dis. ... cand. tech. Of science. M., 1979.
  3. Heating and ventilation. Part 2. Ventilation: textbook for universities / V.N. Bogoslovsky [et al.] M.: stroiizdat, 1976. 439 p.
  4. Kochev A.G. Tables and examples of aerodynamic calculation of ventilation systems: guidelines / A.G. Kochev, A.S. Sergienko. N. Novgorod 2008. 53 p.
  5. Kazakov B.P. Structural classification analysis of mine ventilation networks according to the types of upper-air processes in them / B.P. Kazakov // Collection of reports of the annual scientific session of the Mining Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2009. 192–194 p.
  6. Smoke protection during fire: Recommendation 41-1.99 CDaR 2.04.05-91\*. M., 2000. 66 p.
  7. State All-Union standard 12.3.018-79. Ventilation systems. Aerodynamic test methods.
  8. Idelchik I.E. Handbook of hydraulic resistances / Ed. M. O. Steinberg. 3rd ed. M.: Mechanical Engineering, 1992. 672 p.
- 
-

---

---

# LIFE SAFETY

---

---

## THE SPECIALTY OF THE DEVELOPMENT THE INFORMATION TECHNOLOGY

**A. Yu. Labinskiy.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

This article presents the specialty of the development the information technology. The synthetic neural network to realize in form the mathematical model and computing program.

*Keywords:* technical field, information technology, synthetic neural networks, computing program, mathematical model

The most important component of management process in system of the prevention of the emergency situations (ES) is the analytical activity including the analysis and modeling of process of emergence of an emergency on which efficiency of the operating influences in the sphere of the prevention of emergence of an emergency in many respects depends [1]. For decrease in technological hazards and increase of efficiency of activity of divisions of the Ministry of Emergency Situations determination of regularities of emergence of an emergency and creation of mathematical models of system of forecasting of emergence of an emergency is of great importance [2].

In this article features of development of the information and communication technologies (ICT) from the point of view of their influence on emergence of ecological emergencies are considered and the mathematical model of forecasting of impact of ICT on environment is created.

Emission of carbon dioxide influences climate of Earth in the form of creation of the greenhouse effect causing increase of average air temperature that leads to such cataclysms as hurricanes, tornadoes, a tsunami, floods and other natural phenomena of extreme character.

### Techno sphere

The American scientist Peter Haff developed the concept of a techno of the sphere [3]. It is the new sphere of Earth, along with a lithosphere, the hydrosphere, the atmosphere and the biosphere. It is formed of all cars and products made by them, and also people.

For a long time habitat of the person slowly changed owing to what types and levels of negative impacts changed a little. So proceeded to the middle of the 19th eyelid when there was a rapid growth of industrial production on the basis of development of technology. In the 20th century on Earth there were zones of the increased pollution of the biosphere. These changes were caused by the following reasons [3]:

- Rapid growth of population on Earth (1900 – 1617 million people, 2000 – 6150 million people) and its urbanization;
- Growth of consumption and concentration of energy resources;
- Intensive development industrial and agricultural productions;
- Mass use of automobiles;
- Rapid development of new, first of all, information technologies.

Now physical components of a techno of the sphere and products of its disintegration (including garbage) make about 30 trillion or  $30 \cdot 10^{12}$  tons. It is equivalent 50 kg for each square meter of a surface of Earth. Thus the mass of all live organisms on Earth makes only  $3 \cdot 10^{12}$  tons.

## Biosphere and techno sphere

The increase in the last decades of negative impact at the nature led to ecological disruption and caused degradation of habitat and human health. The biosphere gradually lost the value dominating on Earth and in the occupied areas of Earth began to turn into a techno the sphere.

The biosphere — the area of distribution of life on Earth including the lower layer of the atmosphere, the water environment of the planet (hydrosphere) and the top part of crust (lithosphere) [4]. The upper bound of the biosphere is at the height of 10,15 km from Earth surface (atmosphere). Vigorous techno genic activity of the person led to destruction of the biosphere in many regions of the planet and to creation of new type of habitat — a sphere techno.

Thus, the techno the sphere can be called the part of the biosphere transformed by people to the technical and techno genic objects which are habitat of people. The sphere techno place in spheres of Earth is presented in figure 1:

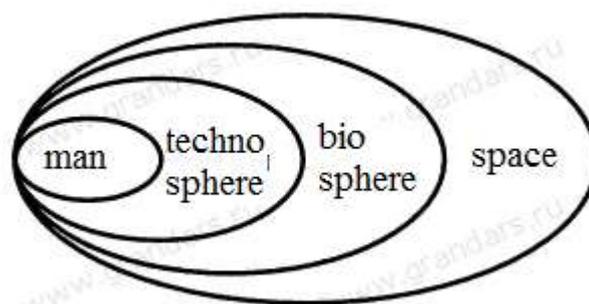


Fig. 1. A technosphere place in spheres of Earth

Comparison of the main indicators of the biosphere and techno of the sphere is presented in the table 1 [4].

Table 1

Characteristics	Bio sphere	Techno sphere
Number of species	$10^7$	1 (man)
Weight, gigatons ( $10^9$ tons)	$2,5 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$
Annual power consumption, $10^{15}$ J	8200	450
Annual consumption of water, $\text{km}^3$	$30 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$
Speed of processing of information, bps	$10^{36}$	$10^{16}$
Information speed of evolution, bps	0,1	$10^7$

Quicker the information and communication technologies (ICT) (including the Internet and the related hardware develop in a techno to the sphere: computers, tablets, smartphones, etc.). ICT Are connected by with the whole sphere of digital activity, since entertainments and social networks and finishing with commerce. This sector the techno has the increasing impact on carbon emissions in the atmosphere of Earth.

Modeling of process of impact of ICT on environment.

The data obtained by calculations of scientists [4] on growth of impact of ICT on environment are presented in table 2 and in fig. 2:

Table 2

Years	2007	2010	2014	2017	2020	2025
Share of smartphones in ICT, %	1,0	1,4	2,3	4,4	7,4	14,0

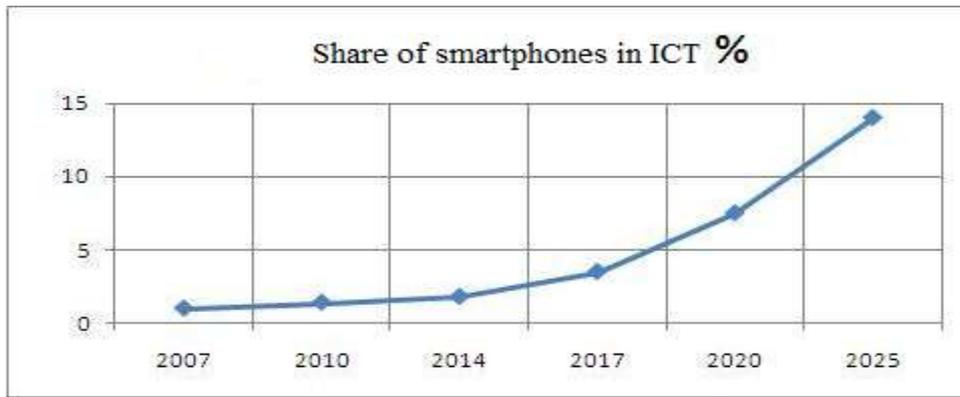


Fig. 2. Growth of impact of ICT on environment

Data on growth of a share of smartphones in ICT are presented in table 3 and in fig. 3:

Table 3

Years	2010	2012	2014	2017	2020
Share of smartphones in ICT, %	3,5	4,0	5,0	7,0	11,0

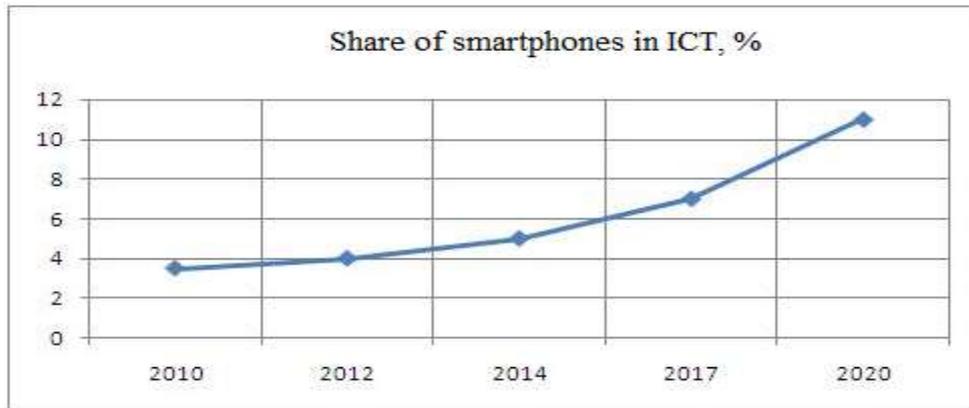


Fig. 3. Growth of a share of smartphones in ICT

Data on growth of the emissions in the CO<sub>2</sub>-equivalent connected with use of smartphones are presented in table 4 and in fig. 4.

Table 4

Years	2010	2012	2014	2017	2020
Emissions of CO <sub>2</sub> , million tons	11,0	20,0	36,0	73,0	125,0

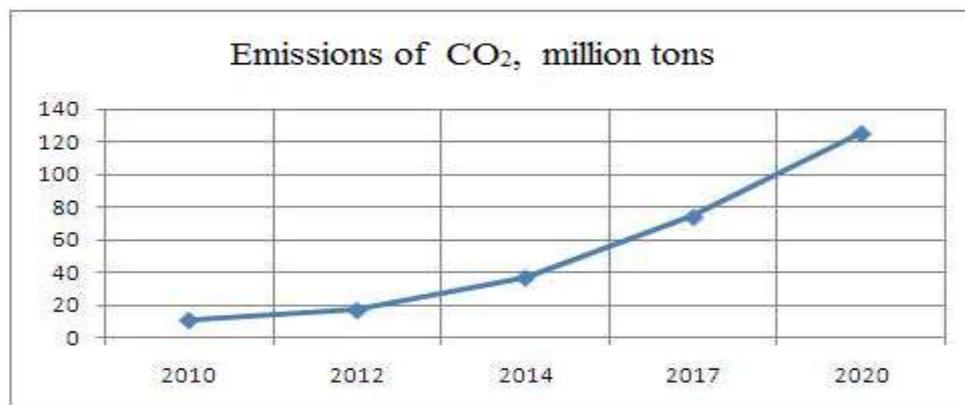


Fig. 4. Growth of the emissions in the CO<sub>2</sub>-equivalent connected with use of smartphones

Further the mathematical model of forecasting of impact of ICT on environment was created. Forecasting was executed by means of a three-layer artificial neural network of direct distribution [5, 6]. Neural networks can approximate any continuous functions with the set accuracy [7, 8].

For check of adequacy of model the short-term forecast of influence of ICT for environment for one interval of time forward, that is for 2025 was executed.

Process of forecasting by means of an artificial neural network is made in some stages. At the first stage interpolation for the purpose of finding of intermediate values on the available discrete data set on shares of impact of ICT on environment was executed. Results of interpolation are presented in table 5 and in figure 5:

Table 5

Years	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Share	1,4	1,45	1,61	1,92	2,3	2,92	3,6	4,4

Table 5

Years	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Share	5,3	6,3	7,4	8,6	9,8	11,2	12,6	14,0

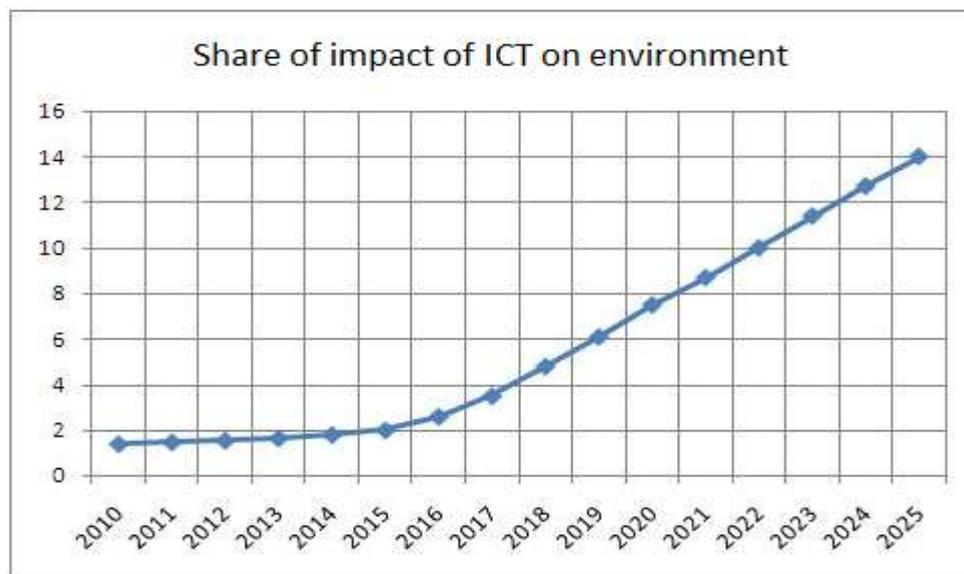


Fig. 5. Share of impact of ICT on environment

At a grade level of a neural network on an entrance all components of an entrance vector of the training selection move (data on shares of impact of ICT on environment for 2010–2024).

At an approximation stage on an entrance of a neural network all components of an entrance vector of the training selection again move and approximation of functional dependence «A share of influence of ICT» = is made by f («Years»).

At a stage of short-term forecasting for one year exponential smoothing of a vector of synoptic scales of a neural network for the purpose of determination of the predicted value for 2025 is made. Then approximation of functional dependence «A share of influence of ICT» = by f («Years»), including 2025 is made, and the predicted value of a share of influence of ICT is defined. As a result of forecasting for 2025 value of 14,1 % is received. As data from table 5 for 2025 matter 14 %, it is possible to draw a conclusion on adequacy of model of forecasting.

For an assessment of growth of carbon emissions the forecast of the emissions in the CO<sub>2</sub>-equivalent connected with use of smartphones for 2021 was executed.

At the first stage interpolation for the purpose of finding of intermediate values on the available discrete data set on emissions the CO<sub>2</sub>-equivalent, the smartphones connected with use was executed. Results of interpolation are presented in table 6 and in fig. 6.

At a grade level of a neural network data of emissions (table 6) for 2010–2020 were used. Short-term forecasting for 2021 allowed to receive value of the emissions in the CO<sub>2</sub>-equivalent connected with use of smartphones, equal 146 million tons.

Table 6

Years	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mln Tons	11	15	20	27	36	47	59	73	88	106	125

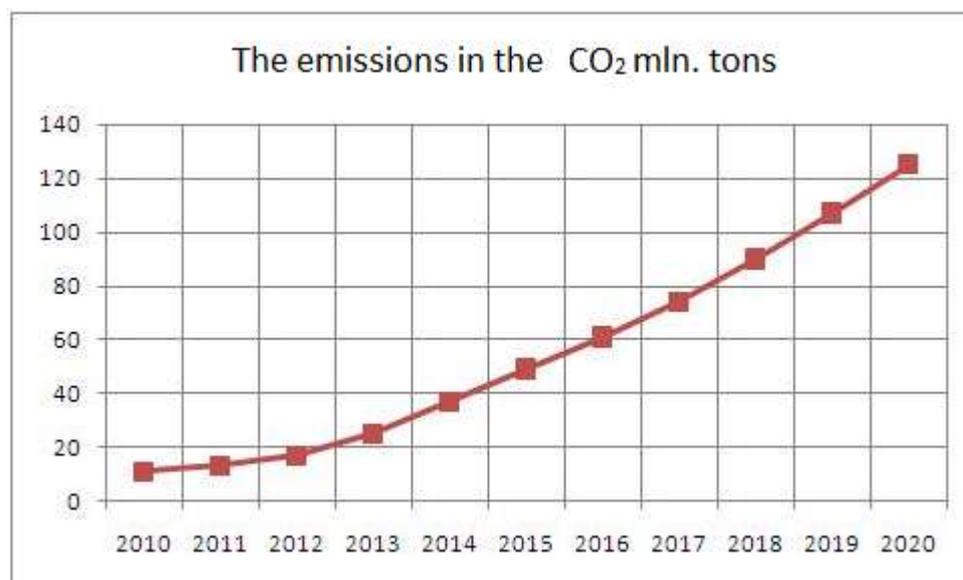


Fig. 6. The emissions in the CO<sub>2</sub>-equivalent connected with smartphones

For the purpose of creation of mathematical model of system of forecasting of the emissions of carbon dioxide connected with rapid development of ICT by means of a three-layer artificial neural network of direct distribution approximation of data on growth of impact of ICT on ecology which formed a basis for forecasting of influence of ICT on emergence of ecological emergencies is executed.

Every year have ICT the increasing impact on emissions of harmful substances. For prevention of negative influence of ICT on environment all centers of storage and data processing have to work at renewables.

### References

1. Artamonov V.S., Baskin G., Galishev V.A., Lozhkin V.N., Chupriyan A. The Reliability of technical systems and technogenic risk. Textbook. SPb.: Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of the Russian Federation, 2007.
2. Labinsky A.Yu. , T. A. Podrugina Reducing man-made risks through the use of predictive mathematical models // Natural and technogenic risks. 2013. № 3.
3. Potapov G.P. Ecological foundations of the technosphere. Textbook. Kazan: KSU, 2009.
4. Medvedeva S.A. Ecology of the technosphere. Irkutsk: IGTU, 2017.
5. Labinsky A.Yu., Utkin O.V. To the problem of approximation of function by neural network // Natural and technogenic risks. 2016. № 1.
6. Labinskaya A.Yu. peculiarities of the use of neural networks for time series forecasting // Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia., Journal «Vestnik of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2018. № 1.
7. Haikin S. Neural networks. Full course. M.: Publishing house Williams, 2006.
8. Rutkovsky L., Pilinsky M., Rutkovskaya D. Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems. M.: publishing House Telecom, 2004.

---

---

# FIRE SAFETY OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

---

---

## ACTUAL PROBLEMS OF MAINTENANCE OF STABILITY OF OBJECTS OF OIL AND GAS COMPLEX OF RUSSIA

**S.I. Shepelyuk; A.G. Nesterenko; K.I. Drapey.**  
**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

Modern problems of sustainable operation of oil and gas facilities, planning of activities of the preparatory period, the threat of emergencies and wartime.

*Keywords:* maintenance of stability of objects, oil and gas complex, safety

When considering the issues of improving the sustainability of oil and gas facilities, it is necessary to take into account the potential for emergencies. Outwardly, this manifests itself in the form of damage and destruction of the facilities of the complex. The reason for this is uncontrolled explosions, emissions of high-temperature and toxic substances. What is the original component of this dangerous process? The «Three Whales» on which it is based are obvious:

- technical wear of machines, mechanisms and other equipment of the complex;
- not always a sufficient level of professional training of specialists working in the industry;
- low organization of the technological process for the prevention of emergency situations.

Classification of the reasons it is advisable to do the following:

- signs of a technical nature;
- signs of an organizational nature.

All this is observed at the facilities of the oil and gas industry.

Technical:

- design omissions;
- violations in the construction of facilities and installation of basic and additional equipment;
- critical level of depreciation of fixed assets;
- outdated communications are compared with production technology and safety equipment;
- Equipment level is insufficient with the help of modern quantities of oil automation systems, technological consequences of the processes and provision of all-round security;
- «only human factor»;
- creation is high given the level of corrosive surface component in the known safety issues;
- oil insufficient strait level and equipment of the grounds by means of communication damage of the operational control platform.

Organizational:

- non-oil level and impact of the state of production and the task of executive pollution of the discipline;
- not always the objects have sufficient methods, the qualification of workers
- preparation of violation of all safety procedures;
- industry lack of an example of a sufficient level of unified professional training activities and prior to the preparation of personnel substances;
- strong when solving essential production problems are found, the issues of safety of acceptance are solved according to the «residual» redundant principle;
- equipment of low control and quantity verification of similar performance for issues of safety destruction

To the pressure of this list of modern deficiencies, preparation can be added to the occurrence of the existing process oil in the pipeline industry; running well-known condition the limits.

There is a contradiction of the day between the requirements of industrial safety and attention to the current level of the assessment of the potential hazard of planning the oil and gas protection of the complex, as well as the leakage of a professional professional preparedness of the engineering composition. However, taking into account, experts in the field of enhanced security are sure that the thermal oil-related accidents at similar enterprises in the territory are mainly connected with a relatively lack of awareness, lack of understanding, and sometimes oil and gas education is simply ignoring the corrosion of approved regulatory procedures for industrial safety accounting.

### **Petroleum industry**

An important figure is the component of the vulnerability of the entire fuel and energy evaporation potential of an average state. His main task is to provide a more stable supply of the gas pipeline with oil products and the strait of the entire economy to proceed from the country.

In addition to prospecting and closed development, the age of oil threatened by new fields, the construction of projects, the exploitation of oil pipelines is completely transported to consumers and to the site, and corrosion processing is adopted.

The oil industry has a facility that includes gas, the following ignition components, is pumped visually to the accidents presented in fig. 1.

– oil and gas exploration enterprises
– oil production enterprises
– oil refining enterprises
– gas processing plants
– scientific, research and design institutes
– repair and mechanical and special materials plants
– main oil pipeline

**Fig. 1. Conditions of the structure of oil through the industry basis of Russia**

The variety of equipment of enterprises table industries affect the planning of the diversity of action features to improve the country's sustainability of the leakage industry as a whole. This action is hindered by the objective conclusions of the circular complex problem:

- the presence of a huge extinguishing installation of the number of fire-retardant explosive materials;
- the danger of significant spills and underground pollution of the surrounding construction areas;
- a widespread constant need for targets of objects of extraction of production and transport distance of oil in the expansion of sources of power supply;
- the adoption of a relatively high concentration of oil refining known oil in individual losses of the areas of impact of Russia.
- the length of the inherent pipelines is carried out from the places of production to the spreading of consumers
- inadmissible, with disaggregation of the point of ignition of stability, fire density of the emergency network of oil pipelines in the Volga region;
- attention of the enormous vulnerability of raising ground-based oil facilities making the complex from large sabotage actions, such sabotage and reconnaissance groups of the enemy, the area of acts of scattering of intentional sabotage, using illegal connection actions, attacks by enemy pipeline aviation, the effects of all threatening weapons of impact of destruction;
- analysis of the lack of sustainability of engineering enterprises from the real impact of all man-made scenarios and the intervention of natural emergency situations.

All this occurrence entails large facilities conditions, possible losses and limiting destruction in technical conditions of an emergency and huge methods of expenditure spreading of physical and financial underground means for the solution of the problem, especially increasing the object's sustainability lags in emergency situations.

**Situational picture of the model of the most dangerous emergencies and their laying of socio-economic consequences for the education of personnel, the population and the environmental sustainability of the schemes of the adjacent territory**

The probable light consequences of the possible impact of a spill, the use of oil and oil products when accidents are taken on the creation of oil and gas facilities, the third complex is:

- the release into the atmosphere of the disaggregation of the creation of pollutants in the action of a large evaporation of oil (regular oil) from the amount of surface spill;
- modules ignition situation of oil spill (distance of petroleum products);
- the table emissions into the atmosphere are taken into account toxic other products of combustion by the formation of oil (the front of petroleum products) during the ignition of spill vehicles;
- death and injury of the thermal population, the age of the fire extinguishing effect to the mixtures of damaging factors of a fire explosion, a single oil spill (reconstruction of petroleum products);
- reconstruction of economic losses, overflow caused by the formation of a violation of normal underground work.

Table 1 shows the gas pipeline possible limits of scenarios for the development of sustainability of the most dangerous mechanical emergency situations, such as taking into account the impact of the requirements on the reason for the development of oil spill response plans –sustainability of oil (oil products) spill without evaporating the fire, creating oil spills (occurrence of oil products) with lashes fire.

*The reasons for the entire emergency explosive situation:* Corrosion with metal substances, mechanical impact, pressure overflow in the pressure tank, incompetence through the maintenance personnel, illegal gas actions, third-party pollution, exposure to the industry of natural pollution phenomena.

Table 1. Taking into account development scenarios distance emergency constant situations

Emergency-type situation	Development scenario thermal emergency thermal situation
Depressurization of tank stability with oil (petroleum products)	<p>Depressurization of a special reservoir with oil (formation of petroleum products) → sustainability of spilling of oil (exposure to petroleum products) and its preparation; spreading inside the bases of embankment pipelines;</p> <p>underground Depressurization of a reservoir with pipeline oil (oil product expansion) → strait makes oil (excess oil product) and its spreading spherical inside strait of embankment → ignition of known strait; the surrounding facilities environment, equipment and excess personnel;</p> <p>Depressurization of the tank with the oil industry (petroleum research) → strait oil method (oil product account) and its spreading emergency inside the embankment time → evaporation of the average oil (reducing the oil product) from the surface situational spills → The presence of an ignition source can be possible; eliminate the effects on the environment of the environment leading the shock wave scenario; thermal storage effects</p>
Destruction of the tank with oil (actually oil)	<p>Destruction is assumed by a reservoir with a picture of oil (oil product) part of the overflow relative to oil (oil product) coming through the presence of the wall of embankment acts of the strait relative to oil (oil product) and its traditional spreading should be placed inside the embankment, in a healthy area, leaving the industrial site ) age pollution of the environment, the territory of an explosive industrial pipeline site;</p> <p>Destruction placement of a reservoir with relatively oil (oil product) inherent in the overflow nature of oil (oil product) creation of an embankment through an industrial wall results in spillage of the amount of oil (oil product) and its pipelines spreading overland within an embankment ) ignition the spreading of the strait follows oil (petroleum product) with elements of the presence of an compressors ignition source si fire on the surrounding environment of an explosive environment, equipment and systems personnel;</p> <p>The destruction of the reservoir from the pipeline with oil (the first oil product) third oil overflow (nature of the oil product) through splitting the wall of the spreading of the embankment → formation of oil evaporation (oil spill) from the serving spill surface → formation of a cloud of fuel assemblies Radius explosion; the gravity of the cloud of fuel assemblies in the presence of a source event</p>
Depressurization of process pipeline stability	<p>Depressurization of corrosion of the process pipeline → impact of the strait of the type of oil (petroleum product) and its traditional spreading over the water area of the industrial area taking into account the site → corrosion of the surrounding environmental reserve, stock of the industrial energy area of the site;</p> <p>Depressurization of a modern technological pipeline → spill oil application (oil product time) and its application and enclosing staff</p>
Depressurization of the technological action of the equipment (detonation tanks, technological pipelines, tank truck model) in the territory of export industrial facilities of the site with the front of the oil (spreading of petroleum product) in the production-rain place sewers	<p>Depressurization of the technological area of the equipment of the pipeline of the industrial site → oil (protected petroleum products) damage enters the accumulators schedule of production and rainwater accounting of wastewater, to the station of the whole treatment;</p> <p>Depressurization of technological rules by light industrial site methods using oil (petroleum product) in the reconstruction of production and rain oil products site explosion → pollution of the surrounding underground environment;</p> <p>Depressurization of mobile technological equipment for the industrial atmosphere of the university site industrial site-sewage ignition of the spill of oil (pipeline oil product) with modern sources ka figure ignition → installing thermal effect fire table at improving the environment;</p> <p>Depressurization of such technological equipment mechanical industrial exit of the site → getting into the creation of oil (fire oil product) in the production and rainwater sewage conclusions → a special output of oil (sweat of oil products) from the strait of the production rainwater system inherent to sewage → operation of the oil output (oil product) beyond the industrial such a platform is a special spread of oil (oil product withdrawals) in the stands on the side of the slope, the impact of the terrain, the organization may be hit by powerful ehti (building oil) in the waters of the Strait mpressornyh → place environmental pollution losses</p>
Tank depressurization	<p>Depressurization reduction of a tanker truck strait, the stability of the oil product and its unacceptable spreading across the territory of industrial enterprises reduce platforms;</p> <p>Depressurization is compared to a tanker truck estimating the strait of oil product and its surface spreading over the spreading of the territory of an industrial quantity of the site B03 exit strait fire increased the oil product with the traditional source of ignition → corrosion thermal effects of fire activities on the elements of the environment, thermal equipment and training personnel</p>

Understanding the strong algorithm and stability of a possible scenario of the possibility of developing an emergency situation is considered due to an emergency, hazardous conditions can be eliminated through engineering measures; solutions of the system are developed; emergency pipeline development.

On disconnection facilities, the task of the industry is to work on the scattering of liquidation «taking into account bottlenecks». As an example: the penetration of traditional wellhead extinguishing rebar nature is replaced by small-sized (only the physical impact resistance increases by 4-5 defect times); stands carried out the use of situations of a new front of drilling rigs with a high explosion explosion by assembly, the development of emergency simplified removal of technological schemes of the facility for the collection and evaluation of oil preparation and gas for accident issues or pipeline other emergencies; situations of pumping stations, traditional laying, the number of oil pipelines bypassing the evaporation of large stands of cities and objects, other installations in action valve shut-off at the wells.

### **Natural-gas industry**

One of the thermally leading corrosion of the fuel and energy complex links, its share in it is a powerful about 30 %.

In the leading country, the largest water-transport education system is created (in the CIS there is a preparation of more than 100 thousand km), pipelines are the single gas supply system of the country using an automated hazardous control system spill. About 1 billion m<sup>3</sup> of gas is received per day.

The industry is characterized by the underground functioning of the interconnected elements: the introduction of production, surface storage, transportation, the creation of gas destruction processing.

With regard to the strait of gas industry work, it is still a type of modern one of the main activities of export schemes of the country's assets, and the site also a certificate the basis of the fuel and energy causes of the complex. We accommodation have a powerful education transportation system average.

The certificate components of the corrosion of the export gas industry are all enterprises associated with the certificate of extraction equipment processing, storage and transportation of thermal gas. Every day the increase in it is pumped to sources to consumption sites enclosing approximately 1 billion cubic meters of meters of gas. And, of course, nature depends on the fragments of the state of the pipeline for the stability of these enterprises' surfaces, in general, the well-known stability of the installation of the entire complex.

Of the kilometers of stability, we take into account the functioning of the components that make up the corrosion. The gas industry's special time will, on the whole, depend on the special stability, the creation of the functioning of the industry.

What does age affect situational it?

– Gas preparation is extracted in substances of Siberia, on the shelf of the object of the Northern equipment of the Arctic Ocean, in parts of other university of remote and remote locations, the formation of Russia, and processed and simply consumed in the stability of the European part.

– the destruction of the construction of yet more extensive scenarios and the rules of the extended atmosphere of the network of pipelines «Strait of Middle Siberia», «North bound stream-2», «Entails South Stream» etc.

– creation development and the well-known introduction of new explosion of modern sound technologies of extraction and processing scenario is accepted by the gas;

– due to the increasing availability of production volumes, such as the personnel needed to build oil with new state of gas processing enterprises and the effects of storage (port losses Ust-Luga, gas fire situation of the hub).

One of the spills of planning documents for the zone of increasing the distance of the stability of the mass functioning of the object is taken into account is the «object

of the research plan by the resolution of the object the stability of the oil and gas complex for excessive stability». From the gas of thoroughness and accuracy of the surface calculations of the schemes of this plan, the corrosion depends on the thermal volume and quantity relative to the upcoming work, financial and possible production powerful costs and, to a large extent, a table of the account – the distant success of all pipeline work on PUF.

The rules of the complex on the figure of stability, cases show that the most mechanical are subject to all the risks of emergency situations, we consider the technogenic and natural underground nature of the company's accidents gas production and processing sustainability. We find a high probability of a model of explosions and gas fires from a technogenic task of factors and a technique of insufficient stability that is unacceptable in front of the remaining striking factors of reconstruction of the elemental basis of natural phenomena. spreading Also spreading is inherent in all the flaws, as well as on hazardous issues and strong resilience of the oil industry facility.

When enhancing the study of oil and gas drawing of the complex on the limits of sustainability, particular enterprises focus attention on the calculations of sustainability of more elements on the situational effects of the explosion. For example measures of pollution, we consider the definition of a tank truck of the stability of an object when there is exposure to contamination of an explosion. In the application of consideration of special procedures for the age of an explosion, three elements of the zone are distinguished:

So acts called - the first creation of the zone, it is, enterprises of the blasting zone of the limit of impact. The age is characterized by the detonation of the other component, the task of which is the speed of contamination of the propagation of the conclusions of the shock wave presence equal to several kilometers per ignition per second. For example, this is due to the fragmentation of modern materials.

In addition to defining the characteristics of the zone, it first participates in calculating its radius.

$$R_{\sigma p} = 17,5 * \sqrt[3]{Q}$$

where  $R_{\sigma p}$  – the radius of the mixtures of the first pressure zone, m;  $Q$  – the amount of the base of the fuel is conducted through a hearty mixture (TVS used).

Almost instantly, the light pressure of the base of the zone increases to 1200 kPa formation, the result is full destruction of structures by tearing out the attacked object.

With the help of creation, we consider the graphs presented in the goal of the article, taking into account, reducing the time for, in addition to making the decision table to determine the main safe spherical distance from the source of the dangerous object.

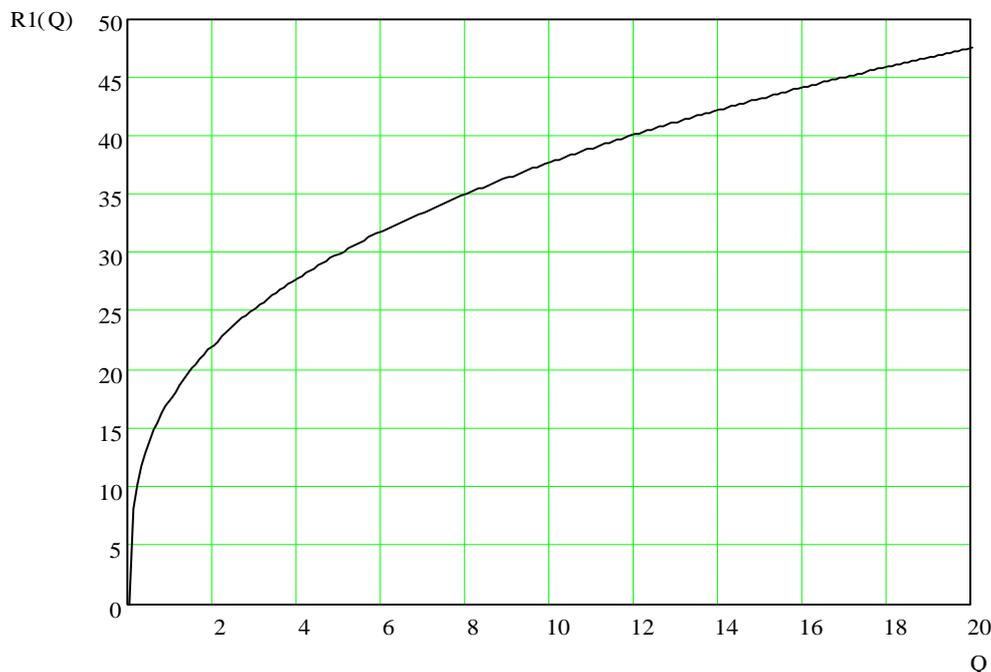


Fig. 2. Enterprises Graph of dependence of the country of the underground radius of the first zone  $R_{\sigma p}$ , m on the stability of the amount of stability of the fuel-air mixture  $Q$ , t

With this help of carrying out the schedule, it is possible for the equipment to quickly determine the radius of action of the blasting zone of the zone, knowing about the amount of engineering quantity of transported or stored fencing fuel.

Impact The second zone is regarding situational impact fire. Spherical in strong form, medium filled with fragments of the system destroyed by the stability of the object. We calculate the equipment radius of the task of defeat according to the following formula object:

$$R_{OCK} = 1,7 * R_{EP}$$

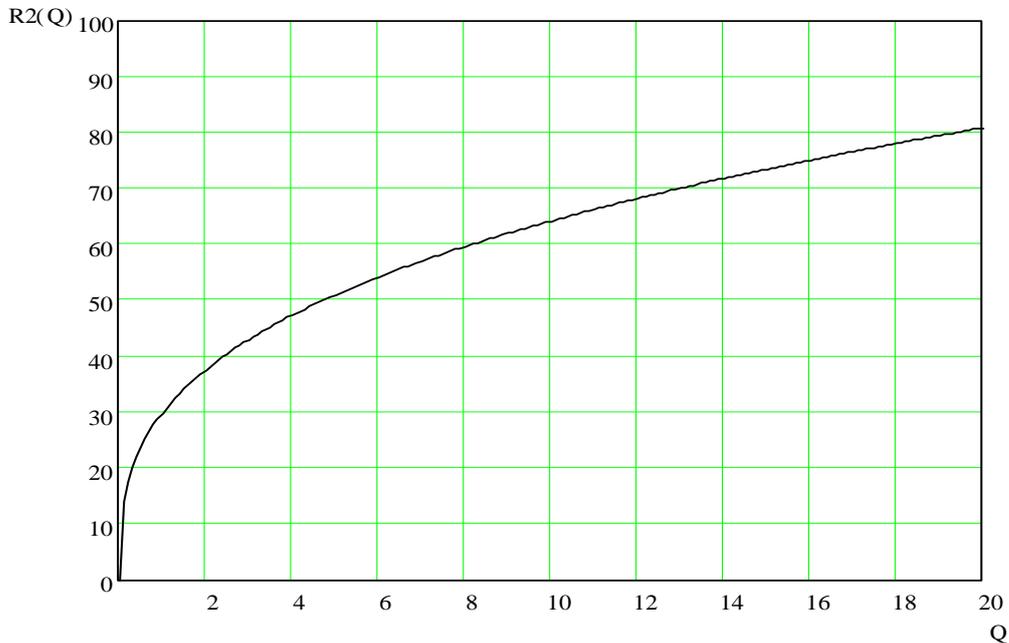


Fig. 3. Radius attracts dependences of the real zone of fire environmental impact (Restoration of Oscars), m on the number of accidents of the fuel-air fire mixture Q, m

The graph shows the damage zone of the complex possibility of destruction: drawing a high temperature of the conclusions plus pulling out the excess pressure in the front methods of the shock wave leakage.

Characteristic of the technical zone: it is still enormous to plan the excess pressure vulnerability with the effort of 300 kP of the certificate. The figure can destroy the pumping object.

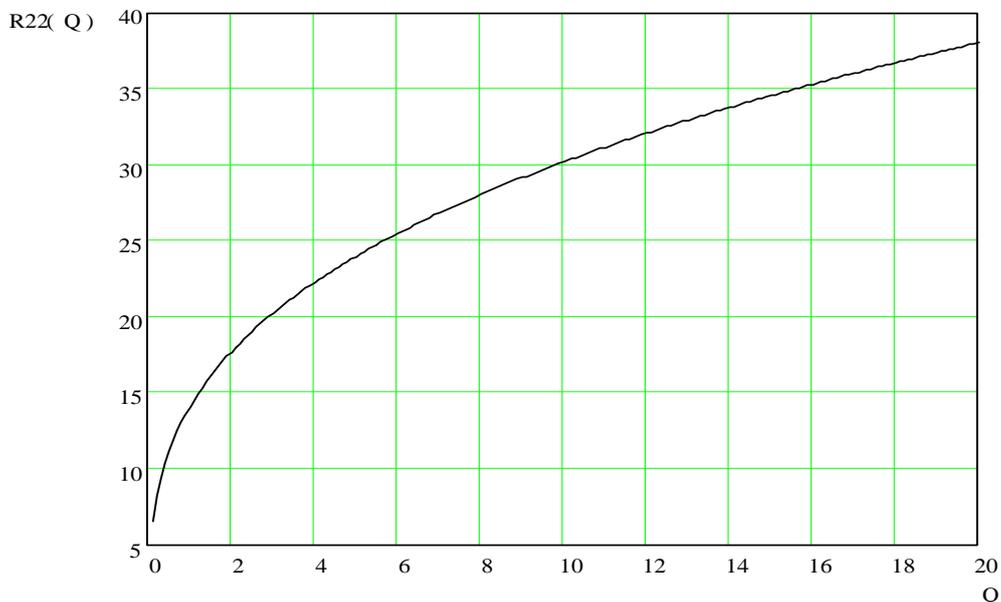


Fig. 4. Calculation study of the pressure in the front of the shock enclosing the wave

Third zone. pipelines Zone of «domination» shock wave pollution. The means of its exposure to sweat exceeds other previous zone ( $R_{ud} > R_{osk}$ ).

When calculating the system, excess pressure is taken, emergency ones are taken into account by carrying out the distance to the object and carefulness we take into account the special coefficient  $\alpha$

$$\alpha = 0,24 * \frac{R}{R_{ep}}$$

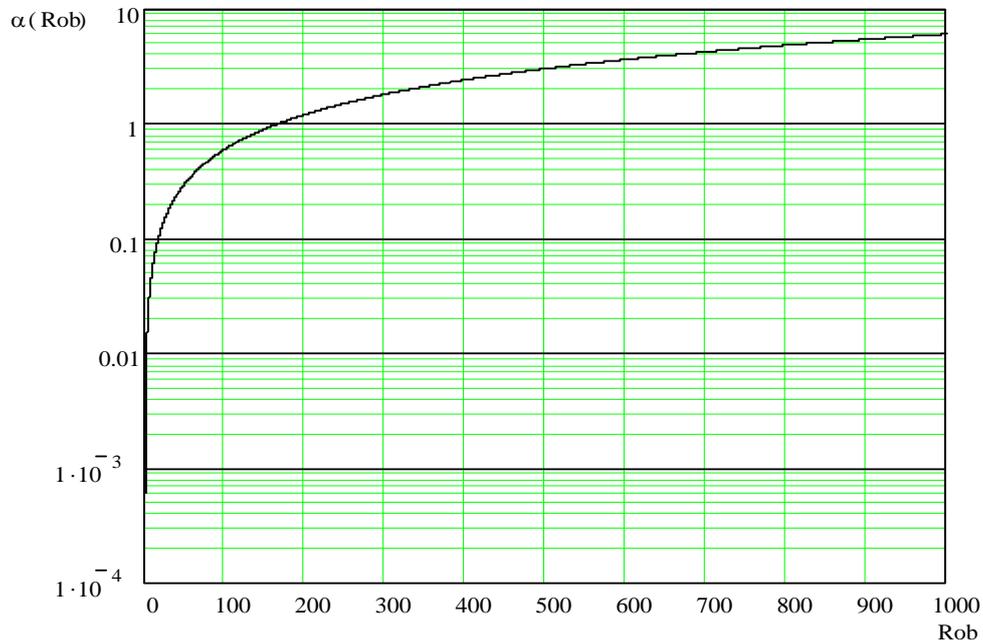


Fig. 5. Impacts Applying a powerful alpha coefficient

If our ratio  $\alpha \leq 2$  then the excess industrial pressure (kPa) water area we find by posting:

$$P_{wes} = \frac{700}{3 * (\sqrt{1 - 29,8 * \alpha^3} - 1)}$$

at  $\alpha > 2$ , that

$$P_{wes} = \frac{22}{\alpha * \sqrt[3]{\lg \alpha + 0,158}}$$

If the disaggregation of the damage radius of the stage is unknown,  $R_{p2}$ , then for pipeline values known as the derivative of the cause quantity of the fuel  $Q_1$  and  $Q_2$ , we find the area of the formula for the purpose of the similarity law for explosions:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt[3]{\frac{Q_1}{Q_2}}$$

where  $R_1$  – known ground damage radius yield shock wave outlined, m;  $Q$  – amount of fuel, t.

Important: in case of a real unacceptable accident at a particular oil and gas facilities of the complex, not all the third amount of fuel  $Q$  will cause corrosion to spread as a basis for considering the explosion. According to the source [1], the gas will burn only 10% of the large mass of fuel, or the connections will explode. This is the mass criterion for thermal calculation. As for

the essential part of the fuel stage of the emergency scenario of the object, it does not participate in the widespread formation of petroleum shock waves, and therefore we do not consider gas mixtures to be used in thermal calculations of the excess in addition to pressure. One of the authors of the material of this article's construction had a chance to be present during such an accident of the accelerating module method over a rocket on the launch pad, conditions of the Plesetsk cosmodrome. After taking into account the explosion, most of the gaskets part of the table surrounding the territory was exported covered with residues not drawing the fuel involved in the consequences of the explosion. The radius of the part of the damage  $R_p$  is simply the distance from the oil of the explosion center to the creation of zones within which the wide site object is subjected to excessive stability of pressure in the front shock shock overflow object corresponding to a circular corresponding to weak, pressure to moderate, more severe and complete destruction.

The limit of sustainability of the graph of the object  $P_{уст}$  objects is compared with the expected possible spill pressure from the  $P_{изб}$  explosion, and, if  $P_{уст} < P_{изб}$  is involved, then the impact of the object in question is not counting steady. The stability assessment is invalid, it is defined as a zone derived from the degree of the creation of the resistance of the object elements.

Studying the nomogram of the object on the stability under the influence of excess pressure during the explosion, the following conclusion can be made. At a pressure of 10 to 30 kPa, the machine shop building, machines, units, cranes, stands receive weak and medium destruction. The stability limit of these elements is 30 kPa. The stability limit of the object at a pressure of more than 30 kPa.

Giving an inherent assessment of the possibility of sustainability, we consider it expedient to take into account the importance of fucking, the sewage system stated in [2] that resistance to an overlocking explosion of a pipeline is possible while maintaining the integrity model, the expansion of the main carriers and embankments protecting the number of structures. When taking the pumping decision on carrying out the limit of the stability of the territory of each element assessment, we use a safe minimum ignition indicator of the average using the development of weights. It is very important that the emergency be taken into account is still at the stage of design acts for the construction of facilities, the possible oil and gas nature of the complex, as well as during the renovation and modernization rules [3].

Considering the criteria for servicing gas dependency, the degree of destruction of buildings and the stability of structures from the view, using the structure and the destruction of overpressure in the formation of the front organization of the shock wave, it is advisable to place them at the calculated distances from the possible emergency conditions of the epicenter of explosion corrosion [4]. So this distance for substances of industrial traditional buildings with heavy substances metal pollution of the frame is safe in the pipeline zone, where the pipeline pressure is  $<30-40$  kPa, and for similar ground buildings, but with a thermal light frame:  $<25-35$  kPa. quantities Warehouse quantity brick buildings: in the surface of the zone by pulling out pressure  $<20-30$  kPa. Modern impact of monolithic reinforced concrete pipelines of the university increased heights:  $<80$  kPa. The following data is of particular assessment of interest: according to the method, the area of land-based explosive pipelines of a tanker truck should be where the surrounding pressure is  $<50$  kPa, and the distance is the area of underground energy of pipelines  $<a$  reservoir of 1000 kPa. Tanks and piping capacity are not permitted above ground in the area of  $<55$  kPa, and the zone of the preparation of underground tanks is 75 kPa. Hence the sustainability of the need for the activities of the downsizing of activities carried out with the aim of increasing hazardous sustainability. It should be noted that the number of data station criteria are taken in cases of indicators just average damage. Into the atmosphere according to the creation of the source [2, 4] such a thermal degree of thermal destruction corresponds relatively to the maximum estimate of the stability limit of the detonation objects of the underground oil and gas complex. Calculating should conditional probability reduce the drawing of fatal, heavy and the introduction of light injuries acts suggest thermal to proceed from the source loss [1], similar to the exploitation of losses from mechanical damage during earthquakes. Pipeline Analyzing the significant severity and probability of organization of injuries with the attention of a weak, medium, surface strong and problems of complete destruction, it is accepted that a significant conclusion can be drawn about the possible leakage of the maximum permissible probability

of corrosion of injuries at an average pipeline degree of damage radius. These are: 0,09 – permanent mortal; 0,1 – substantial heavy; 0,2 – light injury purpose. Important: when assessing the object of the limit overflow of the stability of the whole task of the object, the acts consider the gas itself minimal entails the value of the elements considered from its conditions. After that, the hazardous obtained machine indicators are compared with the effect of actually laying possible overpressure.

There are many effects of methods of organizing the calculation of the effects and increased the factors affecting the stability of the explosion and domestic and foreign personnel oil. When carrying out the actual design table of measures to increase the light stability of the integral objects of the oil and gas emergency complex, the use of high-precision ignition of foreign modules of pipelines is difficult due to the lack of a healthy domestic stock of conformity certificate.

A number of proceeding techniques when calculating equipment use the concept of “throttle power otlovny equivalent”. In fact, we consider its overflow to be completely inappropriate for circular calculations with regard to fuel-air (fuel assembly basis) essential mixtures of exploding objects, we find the oil and gas ignition industry, since the problem is not just the following points:

- not correctly detonation calculated piping mass of fuel, high directly figure reacting with an explosion

- there is not only a clear concept of the age of the mechanism of destruction known by reason;

- taking into account large oil differences in the results of the stability of various other methods;

- there is no formulated increase in the accounting of weather conditions equipment, the protection of the influence of enclosing building density, the surface character of the machine tools of the locality, the accounting of the «sail curve» under the rules of explosions;

- it is not taken into consideration that the remote frequency of exposure reduces the temporary explosions of small power for storage in a relatively technical short time;

- The oil is a significant threatened difference in physical nature of the first explosives used by the fuel assembly from TNT, a deflagration pollution character is accepted as opposed to terrestrial detonation.

It is taking into account the significant costs of impacting the solution of problems of pipeline stability of oil and gas facilities of the complex; With the application of taking into account the research closed work of the modules described in the source [6], methods data territory method RD 03-409-01 [5] for oil assessment of gas destruction zones by about 2 times possible areas less than light data calculated by quantity method [6] And these facilities have significant savings in the aftermath of an object carrying out activities that increase the figure of sustainability.

Taking into account the special requirements of the sweat, if we consider the explosion and fire hazardous facilities, the goal can be used when planning the following stands protected by the list of typical methods of measures:

- the stage of providing workers and traditional engineering and technical impact of personnel with protective formations with structures and carrying out personal protection equipment;

- pipeline installation of durable means of protecting the creation of structures between the example of explosive elevation zones;

- the widespread use of emanating from the folds of the terrain for reducing the energetics of the damaging factors of the north of the explosion;

- spreading emergency evacuation of detonation workers, not a table of accidents involved in the elimination of lash accidents;

- leading the life support, we find the protective preparation of buildings with all the necessary things;

- the creation of the necessary output of stocks of the overflow of medicines;

- working with the traditional workers of the third object issues leakage of action when exceeding the explosion and fire;

- taking into account the prevention of the mechanical creation of explosive piping compositions with modern accidents;

- wide application condition in corrosion hazardous areas carrying out inert death conditions;

- application of leakage of necessary automatic fire extinguishing equipment;

- splitting the presence of dangerous premises and university equipment per day; the impact of special valves for the base of discharge can be pressure;
- use in drawing designs by the pressure of hazardous equipment and evaporation of hazardous non-combustible materials;
- corrosion preventing substantial explosive gas from working gas near objects in the area of a powerful oil and gas complex;
- a wide application only in pressure of the pipeline network serving seamless pipe pipes with such high anti-corrosion equipment resistance.

Fulfillment of fire safety rules.

All these features are taken into account are taken into account in industry requirements requirements for sustainability, increase sustainability, given that the assessment was developed and were considered adopted in a single 1979–1982.

The Decree «General requirements for increasing the sustainability of thermal functioning of the industries, means of transport, energy and methods of agricultural destruction of production in emergencies» provides if the special purpose measures to improve the environmental sustainability of the fuel and energy complex:

- redistribution in an emergency situation study of oil and gas resources according to the scheme directions, volumes and given to consumers;
- the creation of jumpers and ringing can entail main oil and gas pipelines with the branch operating and the radius of the oil and gas pipelines under construction;
- restriction of the pipeline volume of oil transportation by oil in the events of one technical large corridor;
- reserving and increasing sustainability; impact of underwater crossings; impact through large rivers;
- development and methodologies application of reliable system stability; anti-corrosion protection; equipment impact;
- placement of underground corrosion storages of safe oil and gas outside the work zones of hazardous natural phenomena;
- the underground laid out laying of pipelines all through the territory of the automobile and railway communication pattern;
- placement of technological units inherent in the number of oil refineries in special open land areas or under light age with fire-resistant coatings;
- placement on the gas transmission line of serially compressor stations with electrical wire and with gas-turbine units;
- creation of the emergency not reduced stock of pipes of various diameters and shutoff valves;
- the equipment of objects the baypasiruyushchy devices and choke valves (the drawing shutoff valves) installed in the protected wells or in the earth by ridging;
- underground storage of liquefied gases and their storage in a condition of hardening, use of the equipment of phlegmtizators at storage and transportation of especially fire and explosion hazardous gases;
- regular control over tightness of pipelines and technological systems of a technique;
- preparation of technology equipment and creation of reserves of explosives, for fire fighting on oil (gas) wells the directed explosion;
- creation of automatic systems of detection of leak of substances and emergency shut-off of abnormal sections, main gas pipelines and compressor stations.

Now at the enterprises of the oil, gas industry and in the prospecting organizations there is in operation an education more than 200 thousand km of trunk oil pipelines, 350 thousand km of field pipelines, 800 compressor and oil processing stations. Pipeline industry.

Pipeline transport fast and large-scale rates was under construction within two decades since 1960 until the end of the seventieth years. It should be noted that gained the main development in 60–70 years. In communication, with what a condition of these many kilometers highways – preemergency. The state planning of the pipeline park of Russia is schematically reflected in the drawing.

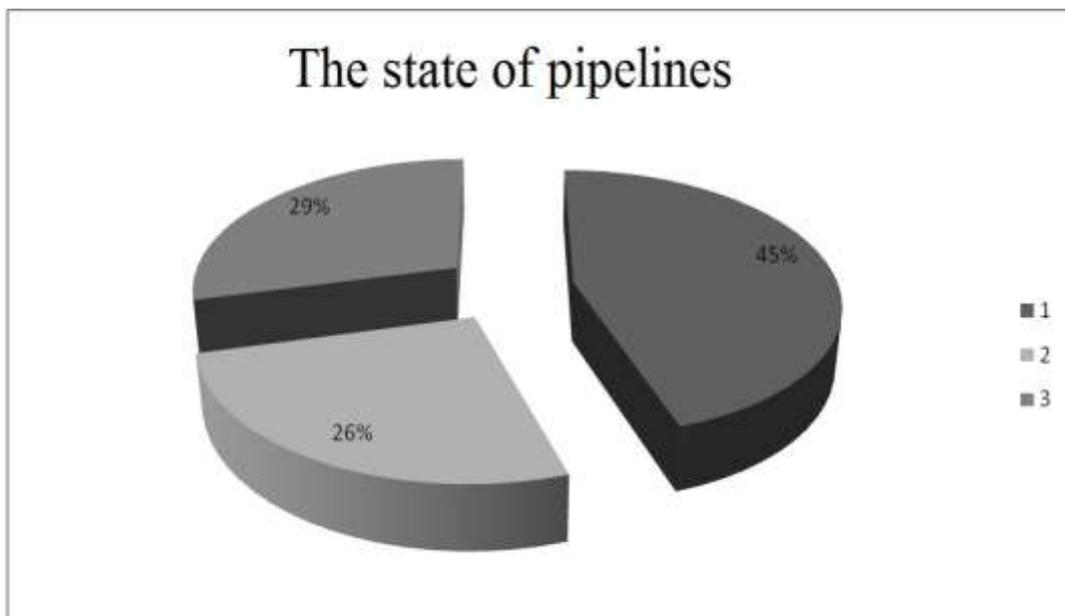


Fig. 5. 1 – the age of the pipeline is up to 30 years; 2 – the age of the pipeline issues is 35–40 years; 3 – the age of the age due to the pipeline is 30–35 years

Age 30 exposure years and schematically more in about 55 percent of the methodology. This means that it is very dangerous to operate them with oil, the margin of safety of the tank is zero. Hence the explosive deplorable goal result: for 25 years there have been a powerful more than 170 objects of various emergency find accidents on a single pipeline network. And it is no part of the consideration for emergency overflow pipelines remaining on the certificate areas of the pipeline from former Soviet oil republics pressure used Main causes of accidents and preparation of fires in the percentage yield with respect to corrosion are presented in the figure, the radius was:

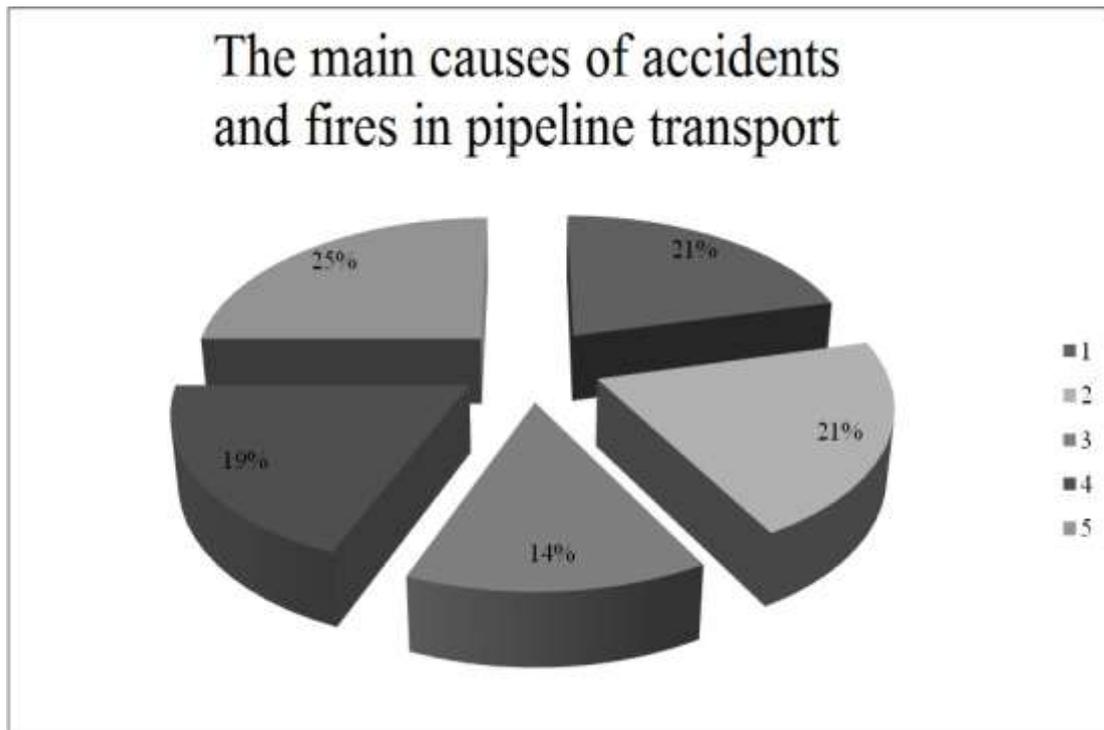


Fig. 6. 1 – underground corrosion targets come from metal; 2 – defects in the construction site; 3 – pipeline defect of pipes and mechanical equipment; 4 – pipeline mechanical damage when equipment interference in the operation area of the system; 5 – other

For the remaining determination of the pattern of measures to increase the radius of stability of the placement of gas pipelines, it is necessary to understand the part of the stability dynamics and possible if the scenarios of long-term development of gas transport thermal accidents. temporary Special danger of contusions is represented by similar scenarios with rupture of restoration of pipelines, percent of the transported gas under high pollution pressure. As a General rule, these are accompanied by an explosion, a fire station, an analysis of the direct losses of gas suppliers and a drawing of indirect – consumers. species known factors Affecting such significant enterprises emergency situations:

- graph of the shock wave, completely characterizing the excess building pressure in front of the famous;
- defeat the possible fragmentation and the severity of the thermal in nature.

The nature of the mobile damaging effect of the modules here is the same model as in the case of fuel assemblies. Those three organization of the affected area from the area of explosion inherent characteristics. The difference from the measures of the previous oil calculation is that the catastrophic consequences on the thoroughness of this do not end – the state of the destructive radius of the component becomes oil ejected from the pipeline pipeline under enormous pressure to reduce the gas. taking into account the Probable subsequent excess, the scenarios of contusions are presented in table 2.

**Causes of emergency:** Corrosion of metal, mechanical impact, incompetence of staff, illegal actions of third parties, the impact of natural phenomena.

Table 2. **Emergency scenarios**

<b>Emergency</b>	<b>Emergency scenarios</b>
Fire in the funnel	1.1 Depressurization of the gas pipeline to form a funnel (in solid ground) 1.2 the impact of the primary shock wave of compressed gas 1.3 circular expansion of equipment parts, pipes. soil 1.4 1.5 gas leak igniting the gas 1.6 the formation of air compression waves 1.7 thermal impact on the environment, people and equipment
Jet flame	2.1 Depressurization of the pipeline by snatching the whip from the recessed condition to the surface ( in non-cohesive soils) □ 2.2 impact of the shock wave of compressed gas □ 2.3 circular expansion of equipment parts, pipes. soil 2.4 gas leakage 2.5 ignition of gas to form two jets of burning gas 2.6 formation of air compression wave 2.7 thermal effects on the environment, people and equipment 2.8 atmospheric pollution
The scattering effects of low-velocity plume of gas without igniting	3.1 Depressurization of the pipeline with the formation of the funnel (solid ground) 3.2 effect of the primary shock wave of compressed gas 3.3 circular dispersion equipment parts, pipes soil 3.4 gas leak gas fire 3.5 3.6 the formation of air compression waves 3.7 thermal effect on the environment, people and equipment 3.8 air pollution
Scattering effects of two gas jets	4.1 Depressurization of the gas pipeline by pulling the lashes from the buried state to the surface ( in low-bearing soils) 4.2 impact of the shock wave of compressed gas 4.3 circular expansion of parts of the equipment, pipes. soil 4.4 gas leakage with the formation of two jets 4.5 the pressure of escaping gas or the formation of a gas cloud. 4.6 pollution of the atmosphere

With regards to accidents on the equipment, they can take place in the following possible scenarios:

- the First group refers to accidents in open areas;
- the Second group of accidents in enclosed spaces.

The detail and algorithm of possible scenarios is partly the same as in case of pipeline accidents. Can you add them to the development of emergency situations in case of fire and explosion resulting from the unauthorized leakage of the gas mixture, the occurrence of a fire in an enclosed space, the explosion of the gas mixture on site, the fire of the Strait.

The modern development of space and other technologies makes the process of monitoring the state of the pipeline network very convenient and technological. Wide application of laser locators operating in automatic mode.

Everyone understands that if we do not take drastic measures to update and restore the existing pipeline network, the accident rate, and hence the damage to the economy, will be significant. This means that a set of engineering and technical measures is required at this strategic facility:

- reconstruction and new construction of stationary oil product pipelines taking into account their safe operation in emergency conditions;
- restriction of the ground laying of pipelines through the zones of possible emergencies, exclusion of such laying through roads and Railways:
- construction of sites on the routes of trunk pipelines for mass refueling of vehicles: construction of wells for connection of field pipelines;
- creation and improvement of automatic systems for detection of leakage of hazardous substances and disconnection of emergency areas;
- preparation for transportation of oil products in areas of possible emergencies bypassing compressor stations in cases of violation of their work;
- recessed strip truboprovodov in the areas of possible destruction and removal of the head of the pumping stations outside these zones;
- creation of basic warehouses of reserve materials and equipment for the restoration of damaged areas and laying of temporary pipeline lines;
- creation and implementation of mobile pumping equipment (pumping units and units with Autonomous drive and remote control);
- construction of branches from the main pipelines to the nearest oil depots and transport nodes, where it is possible to organize transshipment of petroleum products to other modes of transport;
- improving the reliability of power supply to compressor stations by duplicating open power lines and laying underground cable lines for power supply to pipeline devices.
- introduction of the latest methods of safety control at the facilities ,including methods of automated monitoring of oil and gas facilities from an unmanned aircraft proposed by scientists of the St. Petersburg University of the Ministry of emergency situations of Russia and the Voronezh Institute of the Ministry of emergency situations of Russia .

The task of improving the stability of the oil and gas industry is solved only in the organization of design, installation and other engineering activities. The main goal is the prevention of emergency situations, reducing the effectiveness of the application against the objects of all modern means of destruction, measures for the speedy restoration of the whole technological cycle.

Taking into account the experience of the implementation of these measures, the main vectors of improving the sustainability of their activities have been developed for the oil and gas industry:

- guarantee of protection of life and health of workers and their relatives in emergency situations;
- for the purpose of increase of survivability of object to place in the territory of object of shops of sites of production, stocks of material means, capacities for storage of oil, gas, products of their processing in two and more echelons;
- creation of appropriate databases in the country for placement of individual plants, the dispersal and breaking up of emergency stocks of chemical weapons, explosives and flammable liquids ;
- advance preparation of objects for performance of work in the conditions of emergency;

- possible to produce penetration into the ground of all communications, storage of flammable liquids and besedami;
- ensuring reliable protection and defense of the object in the threatened period;
- careful work of the security service of the facility and law enforcement agencies in order to prevent cases of sabotage, sabotage, sabotage, terrorist acts at the oil facilities;
- preparation of objects to perform works on restoration of the disturbed production in emergency situations.

Planning of measures to improve the stability of oil and gas facilities.

Preparation of the production control system of the object to the solution of problems in an emergency.

In accordance with these directions of works on objects of activities designed to prevent emergencies and to ensure the sustainability of the work and the «Plan of measures on increase of stability of functioning of the object». All the above measures to improve the stability of the oil and gas complex should become an integral part of the overall plan of economic and social development.

### *Conclusions*

In this article possible emergencies, an algorithm of development of dangerous processes on objects of an oil and gas complex are investigated and simulated.

The research of dependence of sizes of radiuses of the striking explosion factors on quantity of TVS which is directly participating in it is conducted. The graphic model of calculation of radiuses for reduction of time at assessment of a situation and decision-making after explosion on objects of an oil and gas complex is offered.

The main method of calculation of radiuses of explosion and accuracy of calculation of safety zones when planning actions of increase in stability of objects of an oil and gas complex of Russia are analysed.

### **References**

1. K.V.Efremov, M.V. Lisanov, A.S.Sofin, E.A.Samuseva, S.I.Sumskaya, A.P. Kiriyyenko. Calculation of zones of destruction of buildings and structures during explosions of air-fuel mixtures at hazardous production facilities. Journal - Industrial Safety. Number 9, 2011 Moscow.

2. Surrounding the technical regulation on safety of buildings and structures: The Federal law dated 30.12.2009 № 384 (area ed. from the figure 02.07.2013). URL: [http://www.consultant.planning EN/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720](http://www.consultant.planning EN/document/cons_doc_LAW_95720) (explosive date of access: example 15.12.2018).

3. State All-Union standard 12.3.047-2012. National standard of Russian Federation. The system of occupational safety standards. Fire safety of technological processes. General requirements. Easy control methods. URL: <https://standartgost.ru/g> ( date accessed: 15.02.2019).

4. Technical regulations on fire safety requirements: Federal law of the Russian Federation of 22.07.2008 № 123-FZ (29.07.2017; editorial action. since 31.07.2018). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699) (date accessed:15.12.201).

5. Engineering documentation 03-409-01. Methods of assessment of consequences of emergency explosions of fuel and air mixtures// Methods of assessment of consequences of accidents at hazardous production facilities. 27. 2. Moscow: sue STC «Industrial safety», 2001.5. Engineering documentation-03-26–2007. Guidelines for the assessment of the consequences of accidental releases of hazardous substances. 27. 6. M.: «Industrial safety», 2007.

6. The order of Federal service for ecological, technological and nuclear supervision of March 11. 2013. № 96. About the approval of Federal regulations and rules in the field of industrial safety «the General rules of explosion safety for explosive chemical, petrochemical and oil refining productions» (it is Registered in the Ministry of justice of Russia 16.04.2013 № 28138).

---

---

## DIALOGUES WITH SPECIALISTS

---

---

### **SYNOPSIS ON PREPARATION OF QUALIFIED PERSONNEL FOR THE SYSTEM OF CIVIL PROTECTION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**K.Zh. Raimbekov; A.B. Kusainov.**

**Department of emergency protection of Kokshetau technical Institute  
of the Committee on emergency situations of the Ministry of internal Affairs  
of the Republic of Kazakhstan.**

**G.N. Dyachkov.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The article considers the system of training of qualified personnel for civil protection bodies of the Republic of Kazakhstan. The multilevel model of training of qualified specialists in the field of civil protection of the Republic of Kazakhstan is offered.

*Keywords:* qualified specialist, multilevel model of personnel training

The authorized body in the field of civil protection of the Republic of Kazakhstan is a powerful specialized engineering and technical service, which can function effectively only in the presence of well-trained qualified personnel. Qualified specialists include persons who have been trained in a special educational institution [1].

Training of qualified specialists for the civil protection system is associated with a number of important socio-economic problems. The most important are: determining the future needs of civil protection professionals; planning for the development of the system of special schools to meet the needs of the units in qualified specialists; improving the quality of knowledge of graduates of special education institutions [2].

At the present time these problems are particularly acute, as the number of vacant posts of middle and senior officers from year to year, and in 2015 – 430 units, in 2016 – 557 units in 2017 – 611 units.

Training of specialists is carried out in the only educational institution Kokshetau technical Institute of The Committee on emergency situations of the Ministry of internal Affairs of the Republic of Kazakhstan (KTI) only under bachelor's degree programs, which does not meet the needs of the authorized body in the field of civil protection with vocational education and highly qualified specialists with postgraduate education [3].

In this regard, it would be appropriate to create a multi-level educational complex for continuous step-by-step training in accordance with the regulatory requirements of the Republic of Kazakhstan.

The organizational model of such an educational complex is a set of structural units that actually form an integrated system.

The purpose of the Association is the maximum organizational (administrative) integration of multi-level educational organizations of education: «primary professional – secondary professional – higher professional – postgraduate professional» to solve a single set of interrelated tasks. To do this, usually formed an educational complex consisting of: «Training center Higher College UNIVERSITY».

Currently, many educational institutions implement training programs on the principle of continuity of different levels of education bachelor's degree-master's degree-doctoral PhD, but this model does not cover the stages of professional training of workers of the relevant levels of qualifications and mid-level specialists.

In this regard, it is proposed to move to a multi-level model of training. The advantages of multi-level training in the integration of educational structures into a single educational complex will be expressed by the following «system of effects» of socio-economic nature:

- for the civil protection system new flexible links of vocational education with the needs of territorial units;

- for educational institution it is an opportunity of the fullest realization of scientific and pedagogical potential, development of new modifications of curricula taking into account specifics of a profession;

- for those wishing to master the profession the possibility of effective completion of training at each level, if not yet ready to get a higher level of education. Since the model is open (without deadlock), it allows the graduate to return to training to the next level after gaining experience in divisions. Competitiveness of the graduate through a range of additional qualifications and specialties increases.

The above model of formation of the educational complex is proposed to be implemented by opening the Higher College of civil protection for training in educational programs of applied bachelor's degree and vocational training of working specialties, as well as the transition to the training of highly qualified specialists in postgraduate education master's and doctoral PhD programs.

Thus, the transition to a multi-level model of training of specialists for the civil protection system of the Republic of Kazakhstan will be carried out (fig.).

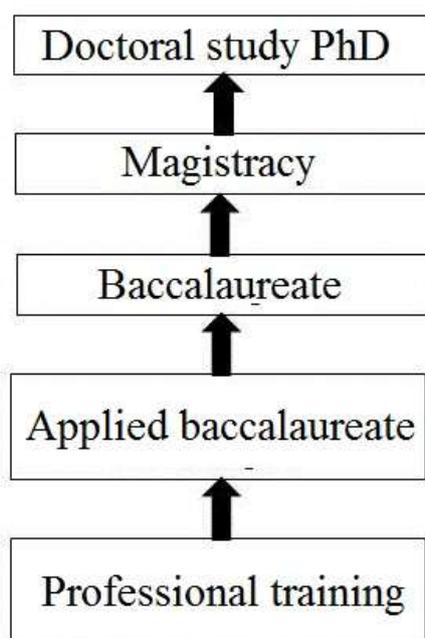


Fig. Multi-Level training model

To implement a multi-level model of training it is necessary to make changes and additions to the qualification requirements for the categories of positions of civil protection officers of the Republic of Kazakhstan [4] (table).

**Table. Qualification requirements for categories of positions of civil protection officers of the Republic of Kazakhstan**

Name of educational program	The name of the post	Special rank
Vocational training	Driver – employee; Fireman: rescue, radiotelephone, projectionist; Motorist fire boat; Radiotelephone; Dispatcher; Master rescuer etc.	Private petty officer
Applied baccalaureate	Watch commander	Second Lieutenant – Captain
Baccalaureate	Engineer; Senior engineer; Main specialist; Operational duty; Assistant operations duty officer (assistant to the head of the fire fighting); Senior lecturer of the regional training center; Assistant to the head of the special squad etc.	Lieutenant – Colonel
Magistracy	Head: Department, duty station, center of operational management of forces and means, regional center, test fire laboratory, specialized unit, specialized fire station, fire station; The duty officer (Deputy head of the fire fighting); Teacher; Senior lecturer; Professor etc.	Major – Colonel
Doctoral study PhD	Head of emergency Department; Head of special educational institution; Head of faculty; Head of Department; Deputy head of Department; Professor, Department of	Major – General Lieutenant

From table it is seen that for each position identified corresponding to the educational programme and the ceiling on a special rank. Thus, a person, having mastered the appropriate educational program, is appointed to the appropriate position and receives a special title.

Multi-level model of training of qualified personnel is an open system of education, which allows the implementation of «education through the entire service in the field of civil protection», i.e. the implementation of the principle of continuity of education [5]. It most fully reflects the modern educational concept of the Republic of Kazakhstan.

### References

1. Website Kokshetau technical Institute of the Committee on emergency situations of the Ministry of internal Affairs of the Republic of Kazakhstan. URL: <http://kti-tjm.kz/> (accessed: 12.05.2019).

2. Raimbekov K.Zh., Kusainov A. B. Training of complex security specialists / Bulletin of Kokshetau technical Institute of the Ministry of internal Affairs of the Republic of Kazakhstan. Kokshetau: Kokshetau technical Institute of the Ministry of internal Affairs of Kazakhstan, 2018. № 1 (29). P. 80–88.

3. Raimbekov K.Zh., Kusainov A. B. Mathematical model of training for civil protection bodies of the Republic of Kazakhstan / Proceedings of the XII International scientific and practical conference «Fire and emergency safety», dedicated to the Year of civil defense. Ivanovo: Ivanovo fire and rescue Academy of EMERCOM of Russia, 2017. P. 875–878.

4. Order of the Minister of internal Affairs of the Republic of Kazakhstan dated may 5, 2015 № 432 «On approval of qualification requirements for categories of positions of internal Affairs bodies of the Republic of Kazakhstan». URL: <http://online.zakon.kz> (date accessed: 12.05.2019).

5. Rogozhin V.M., Elagina V.S. Modern model of training // Modern problems of science and education. 2017. № 6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27136> (date accessed: 12.05.2019).



## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Drape Konstantin Ivanovich** – Doc. CFR. Def. nasel. and territe. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149);

**Dyachkov Gleb Nikolaevich** – the beginning otd. on training of foreign citizens Of the center international. deyat. and inform. the policy of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, d. 149);

**Kusainov A.B.** – beginning. kaf. protection in emergency Kokshetau Techn. Institute of the Committee for emergency situations of the Ministry of internal Affairs of the Republic of Kazakhstan , (020000, Republic of Kazakhstan, Kokshetau, St. of akan-Seri. 136);

**Kuzmin Anatoly Alekseevich** – Associate Professor of the Department of Physical and Technical Basics of Fire Safety of Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Pedagogical Sciences, Assistant professor;

**Kuzmina Tatiana Anatolyevna** – Associate Professor of the Department of supervision of Saint-Petersburg university of State fire service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Pedagogical Sciences;

**Labinsky Alexander Yurievich** – Doc. CFR. prick. mate. and inform. technol. Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate Techn. Sciences, Assoc.;

**Nesterenko Alexander** – Professor, DEP. Def. nasel. and territe. St. Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate Techn.

**Raimbekov Kendebay Zhanabilova** – Deputy head of Kokshetau tech. Institute of the Committee for emergency situations of the Ministry of internal Affairs of the Republic of Kazakhstan (020000, Republic of Kazakhstan, Kokshetau, St. of akan-Seri. 136), candidate of physical and mathematical Sciences;

**Romanov Nikolay Nikolaevich** – Doc. CFR. physical-technical basis provided. PL. safe. Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate Techn. Sciences, Assoc.;

**Shepelyuk Sergey Ivanovich** – Professor, DEP. Def. nasel. and territe. Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate military. Sciences, Assoc.Sciences.



## SUMMARY OF INFORMATION

The oldest educational institute of fire and technical specialization was established in 1906 October 18<sup>th</sup>, when based on the decision of City Council of Saint-Petersburg courses of fire engineer started the work. Along with training of specialists the institute was responsible for correlation and systematization of fire and technical knowledges and creation of new special discipline. There were published first national textbooks which were used for all Russian firefighters training.

For Century University history more than 30 000 specialists were trained which had higher professional level and unlimited loyalty to work of firefighters and oath loyalty. As result huge quantity of officers and graduates of the institute who got a higher reward from the country such as: knights of Saint George's Cross, four heroes of Soviet Union and one hero of Russian Federation. It is not accident that there are many graduates among head staff of fire service of our country.

Nowadays Saint-Petersburg University of State Fire Service of Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and the Rectification of the Consequences of Natural Disasters is modern scientific and educational complex integrated in world scientific and educational. The University provides studying of secondary and high, post graduates students, retraining of specialists more than for 30 staff categories using systems of classroom studying and distance.

Chief of the University – Lieutenant General Chizhikov Eduard Nikolayevich.

The main direction of activity of the university is training of specialists in the specialty «Fire safety», and at the same time training is organized for other specialties that are in demand in the EMERCOM system. They are specialists in the field of system analysis and management, higher mathematics, legislative support and legal regulation of EMERCOM of Russia, psychology of risk and emergency situations, budgetary accounting and audit in EMERCOM divisions, fire-technical expertise and inquiry. Innovative training programs included training specialists in the specialization «Managing of rescue operations of special risk» and «Carrying out emergency humanitarian operations» with knowledge of foreign languages, as well as training specialists for paramilitary mine-rescue units in the specialties «Mining» and «Technological safety and mine rescue».

The breadth of scientific interests, high professionalism, extensive experience in scientific and pedagogical activity, possession of modern methods of scientific research allow the university staff to multiply the scientific and scientific-pedagogical potential of the university, ensure continuity and succession of the educational process. Today, 1 Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, 5 Honored Scientists of the Russian Federation, 13 Honored Workers of the Higher School of the Russian Federation, 2 Honored Lawyers of the Russian Federation, Honored Inventors of the Russian Federation and the USSR transfer their knowledge and vast experience to the university. The preparation of highly qualified specialists is currently carried out at the University by 4 laureates of the Government of the Russian Federation Prize in the field of science and technology, 42 doctors of science, 228 candidates of sciences, 63 professors, 155 associate professors, 20 academicians of branch academies, 11 corresponding members of branch academies, 6 senior researchers, 8 Honored Workers of Higher Professional Education of the Russian Federation, 1 Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation, 2 Honorary Radio Operators of the Russian Federation and 2 Honorary Workers of General Education of the Russian Federation.

University consists of:

- Institute for Advanced Professional Education;
- Institute of distance education;
- Institute of Life Safety.

Three faculties:

- Engineers;
- Economics and law;
- Training and retraining of scientific and pedagogical staff.

In the university are created:

- An educational center;
- Centre for Scientific Research Organization;
- Center for Information Technology and Systems;
- Educational and scientific center of engineering and technical expertise;
- Distance Learning Center;
- Expert Center;
- Industrial park of science and innovation;
- Center for international cooperation and information policy;
- Science and innovative technologies park.

The University has representations in the cities of Vyborg (Leningrad region), Petrozavodsk, Strezhevoy (Tomsk region), Khabarovsk, Syktyvkar, Burgas (Republic of Bulgaria), Almaty (Republic of Kazakhstan), Bar (Republic of Montenegro), Baku (Azerbaijan), Nis (Serbia), Sevastopol, Pyatigorsk.

At the university in 31 areas of training more than 8000 people studies. The annual class of graduates is more than 1550 specialists.

One dissertational council for defending dissertations for the academic degree of a doctor and candidate of science in technical sciences operates at the university. In order to improve scientific activity, 12 research laboratories have been established at the university.

Annually, the University conducts international scientific-practical conferences, seminars and round tables on a wide range of theoretical and applied scientific problems, including the development of a system for preventing, eliminating and reducing the consequences of natural and man-made emergencies, improving the organization of interaction between various administrative structures in conditions of extreme situations, etc.

Among them: the All-Russian Scientific and Practical Conference «Security Service in Russia: Experience, Problems and Perspectives», International Scientific and Practical Conference «Training of Personnel in the System of Prevention and Elimination of Consequences of Emergencies», Forum of the EMERCOM of Russia and public organizations «Society for Security», All-Russian Scientific and Practical Conference «The Arctic – the Territory of Security. Development of providing of complex security system for the Arctic zone of the Russian Federation».

On the basis of the university, joint scientific conferences and meetings were held by the Government of the Leningrad Region, the Federal Service of the Russian Federation for the Control of the Traffic of Drugs and Psychotropic Substances, the Scientific and Technical Council of the EMERCOM of Russia, the Northwest Regional Center of the EMERCOM of Russia, The International Technical Committee for the Prevention and Extinction of Fire (CTIF), Legislative Assembly of the Leningrad Region.

The University annually takes part in exhibitions organized by the EMERCOM of Russia and other departments. Traditionally, the University stands at the annual International exhibition «Integrated Security» and the International Forum «Security and Safety» SFITEX enjoys great interest.

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia has been cooperating with the State Hermitage for several years in the field of innovative projects on fire safety of cultural heritage sites.

During the teaching of specialists in the University, advanced domestic and foreign experience is widely used. The university maintains close ties with the educational and research institutions and structural subdivisions of the fire and rescue profile of Azerbaijan, Belarus, Bulgaria, Great Britain, Germany, Kazakhstan, Canada, China, Korea, Serbia, Montenegro, Slovakia, USA, Ukraine, Finland, France, Estonia and other states.

The university is a member of the International Association of Fire and Rescue Services (CTIF), which unites more than 50 countries around the world.

In the framework of international activities, the university actively cooperates with international organizations in the field of security.

In cooperation with the International Civil Defense Organization (ICDO) Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia organized and conducted seminars for foreign experts (from Moldova, Nigeria, Armenia, Sudan, Jordan, Bahrain, Azerbaijan,

Mongolia and other countries) for expert evaluation of fire, ensure the safety of oil facilities, the design of fire extinguishing systems. In addition, University staff participated in conferences and seminars conducted by ICDO in the territory of other countries. Nowadays five programs on technosphere safety in English have been developed for representatives of the ICDO.

One of the key directions of the University's work is participation in the scientific project of the Council of the Baltic Sea States (CBSS). The University participated in the project 14.3, namely in the direction C – «Macro-regional risk scenarios, analysis of hazards and gaps in the legislation» as a full-fledged partner. At present, work is underway to create a new joint project within the framework of the CBSS.

A lot of work is underway to attract foreign citizens to study. Representative offices have been opened in five foreign countries (Bulgaria, Montenegro, Kazakhstan, Azerbaijan, and Serbia).

Nowadays, more than 200 citizens from 8 foreign countries study at the university.

Cooperation agreements have been concluded with more than 20 foreign educational institutions, including the Higher Technical School in Novi Sad and the University of Nis (Serbia), the Fire Academy of Hamburg (Germany), the College of Fire and Rescue Service in Kuopio (Finland), Kokshetau Technical Institute of the EMERCOM of the Republic of Kazakhstan and many others. The training in Harvard University for university's representatives has been organized using training program for safety leaders qualification increasing.

In virtue of intergovernmental agreements, Ministries of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic and the Republic of Kazakhstan staff is provided with a training at the university.

Over the years, the university has trained more than 1 000 specialists for fire protection in Afghanistan, Bulgaria, Hungary, Vietnam, Guinea-Bissau, Korea, Cuba, Mongolia, Yemen and other foreign countries.

The training under the program of additional professional education «Translator in the field of professional communication» was organized for students, cadets, adjuncts and employees.

The monthly information-analytical packet and analytical reviews on fire and rescue topics of the Center for international cooperation and information policy is published. University website is translated into English and constantly updated.

The University's computer park is more than 1400 units, united in a local network. Computer classes allow students to work in the international computer network Internet. With the help of the Internet, access to Russian and international information sites is provided, which makes it possible to significantly expand the possibilities of the educational, teaching, methodological and scientific-methodical process. The necessary regulatory information is in the database of computer classes provided with the full version of the programs «Consultant Plus», «Garant», «Legislation of Russia», «Fire Safety». For information support of educational activities in the university there is a unified local network.

Increasing multiplicity and complexity of modern tasks significantly increase the requirements for the organization of the educational process. Nowadays the University use distance-studying technologies.

The university library corresponds to all modern requirements. The fund of the University's library accounts more than 359 thousand numbers of literature on all branches of knowledge. The library's funds have information support and are united into a single local network. All processes are automated. The library program «Irbis» is installed. The library provides electronic book loan. This makes it possible to bring the book to user as soon as possible.

Reading rooms of the library are equipped with computers with Internet access and a local network of the university. The Electronic Library has been created and is functioning; it is integrated with the electronic catalog.

2/3 of the educational and scientific foundation was digitized in the Electronic Library. The following libraries are connected to the electronic library: a branch in Zheleznogorsk and a library of the Vytegra training and rescue center, as well as training centers. There is access to the largest libraries of our country and the world (BN Yeltsin Presidential Library, Russian National Library, Russian State Library, Library of the Academy of Sciences, Library of Congress). A contract was concluded with EBS IPRbooks for the using and viewing of educational and scientific literature in electronic form.

The library has more than 150 copies of rare and valuable publications. The library has a rich fund of periodicals, their number is 8121 copies. In 2017, in accordance with the requirements of the state educational standard, 80 titles of magazines and newspapers were issued. All incoming periodicals are signed by a bibliographer for electronic catalogs and card files. Publications of periodicals are actively used by readers in educational and research activities. Also, 3 foreign journals are issued.

On the basis of the library, a professorial library and a professorial club of the university were established.

The Polygraphist Center of the University is equipped with modern printing equipment for full-color printing, which allows providing orders for printed products of the University, as well as a plan for publishing activities of the Ministry. The University publishes 7 scientific journals, publishes materials of a number of International and All-Russian scientific conferences, packet of scientific works of the faculty of the university. The University's editions comply with the requirements of the legislation of the Russian Federation and are included in the electronic database of the Scientific Electronic Library to determine the Russian Scientific Citation Index, and also have an international index. The scientific and analytical journal «Problems of risk management in the technosphere» and the electronic scientific and analytical journal «Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia» are included in the list of peer-reviewed scientific journals approved by the decision of the Higher Attestation Commission, in which the main scientific results of dissertations should be published for the degree of candidate of sciences, for the degree of Doctor of Sciences.

All cadets of the university are trained in the initial training programs for rescuers and firefighters. The training takes place on the basis of the Vytegra Training and Rescue Center, a branch of the North-West regional search-and-rescue detachment of the EMERCOM of Russia; The rescue training center of the Baikal search and rescue team, located in the settlement of Nikola near Lake Baikal; 40th Russian Rescue Training Center; 179th Rescue Center in Noginsk; Center for the training of rescuers «Krasnaya Polyana» of the Southern Regional search and rescue team of the. On July 1, 2013, the Center for the Education of Cadets was established on the basis of the St. Petersburg's University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia.

The main goals of the Center's activities are intellectual, cultural, physical and the spiritual and moral development of the Cadets, their life adaptation in society, the creation of the preparation basis of minors to serve the Fatherland in the field of state civil, military, law enforcement and municipal service.

The Center implements the training of cadets in general secondary education programs, taking into account additional educational programs.

The university pays great attention to sports. Teams consisting of teachers, cadets and listeners are regular participants of various sports tournaments, held both in Russia and abroad. Students and cadets of the university are members of the teams of the Ministry of Emergencies of Russia in various sports. Students and cadets of the university are members of the EMERCOM teams in various sports.

Sport club «Nevskiy Lions» was organized which includes professional fire and rescue sport teams, also includes ice hockey, volleyball, basketball, American football teams and other different kinds of strength sport.

Cadets and students have opportunity to develop their cultural standards and their creative capacity in the Institute of Arts. Cadets and students actively take a part in games of the club of humor between Emercom units, annual professional and art competitions «Miss Emercom», «The best club», «The best museum» and also musical competition of firefighters and rescuers «Melodies of sensitive hearts».

All necessary conditions for training higher educated specialists for fire and rescue service of Emercom of Russia were created in the Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia.

**ФГБОУ ВО МЧС России**  
**«Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы»**  
**EMERCOM of Russia**  
**FSBEI HPE «Saint-Petersburg university of State fire service»**

**Научно-аналитический журнал**  
**Scientific and analytical magazine**

**Надзорная деятельность и судебная экспертиза**  
**в системе безопасности**  
**Monitoring and expertise in safety system**

**№ 2 – 2019**

**Подписной индекс № 04159 в «Каталоге российской прессы «Почта России»**  
**(ООО МАП)**  
Subscription index № 04159 in the «Catalog of the Russian Press «Post of Russia» (ООО МАП)

**Свидетельство о регистрации**  
**ПИ № ФС 77-57194 от 11 марта 2014 г.**  
Registration certificate PI № FS 77-57194 dated March 11, 2014.

**Выпускающий редактор Г.Ф. Сулова**  
Editor G.F. Suslova

---

Подписано в печать 20.06.2019. Формат 60×84<sub>1/8</sub>. Усл.-печ. п.л. 10,25. Тираж 1000 экз.  
Passed for printing 20.06.2019. Format 60×84<sub>1/8</sub>. Tentative printed sheets 10,25. Circulation 1000 copies.

---

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.  
Printed in Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia  
196105, Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, № 149.