МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Рецензент,_____

_____/_____/

«____»_____2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой БЖД

_____ / А.И. Сидоров /

«_____» _____2019 г.

Совершенствование методики расчёта пожарного риска для производственных объектов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)
ЮУрГУ – 20.04.01.2019.246 ВКР МД

Научный руководитель, доцент

_____/А.Б.Тряпицын/

«____»_____2019 г.

Автор диссертации
студент группы П-267

_____/Д.А. Смагин/

«____»_____2019 г.

Нормоконтролер, доцент

_____ /Г.А. Полунин/

«____»_____ 2019 г.

Челябинск 2019

# РЕФЕРАТ

Смагин Д.А. Совершенствование методики расчёта пожарного риска для зданий и сооружений Ф5 – Челябинск: ЮУрГУ, П-267, 2019. – 61 с., 13 ил., 12 табл., библиогр. список – 31 наим.

В ходе работы была проанализирована ситуация с оценкой и расчётом пожарного риска в нашей стране. Были учтены особенности расчёта пожарного риска времён СССР, а так же проанализирован и изучен заграничный опыт. Поскольку за последнее время ситуация с пожарами и взрывами на производстве не уменьшается, то необходимость изучения данного вопроса стоит особо остро. Была рассмотрена предложенная методика по расчёту пожарного риска, а так же внесены корректировки, с учётом использования такого показателя как вероятность гибели человека. На основе рассмотренных изменений в действующую методику, была предложена новая формула расчёта пожарного риска и, в качестве примера, был произведён расчёт пожарного риска при помощи программного обеспечения «FireCategories».

SYNOPSIS

Smagin D. A. Improvement of fire risk calculation methods for buildings and structures F5 – Chelyabinsk: SUSU, P-267, 2019. – 61 p., 13 silt., 12 table., Bibliogr. list – 30

During the work, the situation with the assessment and calculation of fire risk in our country was analyzed. Features of calculation of fire risk of times of the USSR were considered, and also the foreign experience is analysed and studied. Since the situation with fires and explosions in the workplace has not been reduced recently, the need to study this issue is particularly acute. The proposed methodology for the calculation of fire risk was considered, and adjustments were made, taking into account the use of such an indicator as the probability of death. On the basis of the considered changes in the current methodology, a new formula for calculating fire risk was proposed and, as an example, fire risk was calculated using the software «FireCategories».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 5

1 АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОДХОДАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ В СССР И РФ ..... 7

1.1 Ситуация с оценкой пожарного риска в СССР ..... 9

1.2 Причины возникновения пожара ..... 17

2 АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ПОЖАРНОГО РИСКА НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ..... 27

2.1 Разновидность особенностей отечественной методики ..... 29

2.2. Особенности зарубежных методик оценки пожарного риска ..... 33

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ПОЖАРНОГО РИСКА ..... 38

3.1 Разновидность расчётных коэффициентов ..... 39

4 РАСЧЁТ ПОЖАРНОГО РИСКА НА КОНКРЕТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ С УЧЁТОМ ПРЕДЛАГАЕМЫХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЙ МЕТОДИК РАСЧЁТА ПОЖАРНОГО РИСКА ..... 46

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ..... 55

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ..... 56

ПРИЛОЖЕНИЕ А ..... 59

ПРИЛОЖЕНИЕ Б ..... 59

ПРИЛОЖЕНИЕ В ..... 60

# ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы**: диссертация обуславливается большим количеством административно-бытовых корпусов (АБК), которые располагаются на территории предприятий. Методика оценки пожарного риска зачастую не учитывает наличие помещений, в которых содержится взрывоопасная нагрузка.

**Цель работы**: разработать мероприятия по совершенствованию методики расчёта пожарного риска в административных зданиях производственных площадок.

**Реализация цели требует постановки и решения следующих основных задач исследования:**

1. рассмотреть актуальные методики расчёта пожарного риска для административно-бытовых корпусов.
2. проанализировать особенности расчёта пожарного риска в административно-бытовых корпусах.
3. сформировать меры по совершенствованию методик расчёта пожарного риска в административно-бытовых корпусах.

**Объект исследования** – помещения с взрывопожарной нагрузкой в зданиях в производственных зданиях.

**Предмет исследования** – зависимость индивидуального пожарного риска в здании АБК от наличия на территории АБК помещений с взрывоопасной нагрузкой.

**Научная новизна работы** заключается в предложениях по совершенствованию методики расчёта пожарного риска в административно-бытовых зданиях.

Научное и прикладное значение заключается в том, что существующие системы управления пожарными рисками в РФ могут иметь недостаточно совершенные алгоритмы и данные, что может влиять на результаты расчетов.

**Апробация результатов исследования:** результаты работы представлены на LVII Международной научно-практической конференции «Достижения науки – агропромышленному комплексу, ЧГАА, г. Челябинск (февраль 2018 г.), результаты работы представлены на работа представлена на X Международной научно-практической конференции «Advances in science and technology» в октябре 2017 года и представлена на XI Международной научно–практической конференции «Advances in science and technology» в ноябре 2017 года.

**Публикации:** по материалам диссертации опубликовано три статьи.

**Диссертация** состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка.

**Объем работы:** содержит 61 страницу машинописного текста, 12 таблиц, 13 рисунков. Библиографический список включает 31 источник.

# 1 АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОДХОДАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ В СССР И РФ

Самым частым проявлением аварийной ситуации на производстве и в быту является пожар. В связи с высокой смертностью от возгораний международное сообщество с 1900 года организовало Международную ассоциацию пожарных и спасательных служб (международное сокращение – КТИФ) в Париже в состав которой входило 5 стран. Наша страна может гордиться тем, что первым Президентом такого уважаемого сообщества, как ТИФ являлся представитель России, а именно граф Комаровский П.Е. На данный момент в составе этой организации на 2019 год состоит более 50 стран Европы, Азии, Америки и Африки. Сама же организация существует порядка 119 лет [22]. Одной из задач данного сообщества является ведение статистики количества пожаров, а так же количества жертв на этих пожарах. На 2016 год ситуация в Мире, согласно данным отчёта КТИФ, представлена на рисунке 1.

| № | Country | Population thous.inh. | Number of fires ... | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | structure fires | in % | vehicles | in % | forests | in % | grass, brush | in % | rubbish | in % | other | in % |
| | Страна | Население, тыс. чел. | Число пожаров ... | | | | | | | | | | | |
| | | | в зданиях | в % | не транс-порте | в % | в лесах | в % | травы, кустов | в % | мусора, свалок | в % | другие | в % |
| | Staat | Einwohner in 1000 | Anzahl der Brände ... | | | | | | | | | | | |
| | | | in Ge-bäuden | in % | Transport | in % | im Wald | in % | Gras usw. | in % | Abfall, Müll | in % | Sonstige | in % |
| 1 | USA | 323 128 | 475 500 | 35.4 | 204 000 | 15.2 | - | - | 298 500 | 22.2 | 172 000 | **12.8** | 192 000 | 14.3 |
| 2 | Russia | 146 270 | 107 205 | 71.3 | 19 299 | 12.8 | 11 025 | 7.3 | - | - | - | - | 12 821 | 8.5 |
| 3 | France | 66 628 | 86 407 | 30.2 | 52 701 | 18.4 | 51 941 | 18.2 | 2 952 | 1.0 | - | - | 91 660 | 32.1 |
| 4 | Ukraine | 42 673 | 31 521 | 41.7 | 4 019 | 5.3 | 1 279 | 1.7 | 36 463 | 48.3 | - | - | 2 218 | 2.9 |
| 5 | Romania | 20 121 | 2 976 | 10.7 | 1 955 | 7.0 | 133 | 0.5 | 8 304 | 29.9 | 2 861 | 10.3 | 11 573 | 41.6 |
| 6 | Czech Republic | 10 579 | 4 637 | 28.5 | 1 988 | 12.2 | 892 | 5.5 | 507 | 3.1 | 4 438 | 27.3 | 3 791 | 23.3 |
| 7 | Hungary | 9 830 | 8 670 | 49.4 | 775 | 4.4 | - | - | 2 677 | 15.3 | 1 043 | 5.9 | 4 369 | 24.9 |
| 8 | Belarus | 9 505 | 4 895 | 81.6 | 465 | 7.8 | 319 | 5.3 | - | - | - | - | 320 | 5.3 |
| 9 | Austria | 8 740 | 20258 | 44.5 | 226 | 0.5 | 438 | 1.0 | 1875 | 4.1 | - | - | 22722 | 49.9 |
| 10 | Israel | 8 300 | 15 000 | 31.9 | 3 000 | 6.4 | - | - | 29 000 | 61.7 | - | - | - | - |
| 11 | Bulgaria | 7 245 | 182 | 0.5 | 2 294 | 6.1 | 511 | 1.4 | 16 539 | 44.3 | 6 672 | 17.9 | 11 164 | 29.9 |
| 12 | Singapore | 5 800 | 2 818 | 81.5 | 236 | 5.7 | - | - | 405 | 9.8 | 96 | 2.3 | 559 | 13.6 |
| 13 | Denmark | 5 710 | - | - | 1 148 | 8.7 | - | - | 2000 | 15.2 | - | - | 9994 | 76.0 |
| 14 | Finland | 5 463 | 5 520 | 45.8 | 2 262 | 18.8 | 936 | | 930 | 7.7 | 715 | 5.9 | 1 700 | 14.1 |
| 15 | New Zealand | 4 596 | 5 384 | 7.2 | - | - | 4 930 | 6.6 | - | - | - | - | 64 565 | 86.2 |
| 16 | Croatia | 4 290 | 3 467 | 31.1 | 719 | 6.5 | 151 | 1.4 | 3 825 | 34.3 | 1 929 | 17.3 | 1 052 | 9.4 |
| 17 | Lithuania | 2 889 | 734 | 7.3 | 1 153 | 11.5 | 163 | 1.6 | 2 184 | 21.8 | 2211 | 22.0 | 3596 | 35.8 |
| 18 | Latvia | 1 969 | 921 | 9.3 | 610 | 6.1 | 641 | 6.5 | 3 228 | 32.5 | 1 099 | 11.1 | 3 430 | 34.5 |
| 19 | Estonia | 1 315 | 1 537 | 30.3 | 421 | 8.3 | 85 | 1.7 | 1 129 | 22.3 | 1 600 | 31.6 | 293 | 5.8 |
| 20 | Malta | 421 | 162 | 40.6 | 234 | 58.6 | | - | 1 303 | - | 634 | - | 3 | 0.8 |

Рисунок 1 – Статистика пожаров

Как видно из таблицы, Россия занимает второе место в рейтинге по количеству пожаров. Кроме того, на рисунке 2 представлены данные по динамике развития ситуации с пожарами в период с 2012 года по 2016 год.

| № | Country | Population, thous. inh. | Number of fires | | | | | Average | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | per year | per 1000 inh. a year |
| | Страна | Население, тыс. чел. | Число пожаров | | | | | Среднее | |
| | | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | в год | на 1000 чел.в год |
| | Staat | Einwohner in 1.000 | Gesamtanzahl der Brände | | | | | Mittelwert | |
| | | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | je Jahr | je Jahr und 1.000 Einw. |
| 1 | USA | 323 128 | 1 375 000 | 1 240 000 | 1 298 000 | 1 345 500 | 1 342 000 | 1 320 100 | 4.09 |
| 2 | Bangladesh | 154 331 | 17 504 | 17 912 | 17 830 | 17 488 | - | 17 684 | 0.11 |
| 3 | Russia | 146 270 | 162 900 | 152 959 | 150 437 | 145 900 | 139 500 | 150 339 | 1.03 |
| 4 | Japan | 128 130 | 44 101 | 48 095 | 43 741 | 39 111 | - | 43 762 | 0.34 |
| 5 | Vietnam | 93 000 | 1 900 | 2 540 | 2 375 | 2 451 | 3 006 | 2 454 | 0.03 |
| 6 | Germany | 82 218 | - | - | 175 354 | 192 078 | - | 183 716 | 2.23 |
| 7 | France | 66 628 | 306 871 | 281 908 | 270 900 | 300 667 | 285 700 | 289 209 | 4.34 |
| 8 | Great Britain | 63 786 | 272 800 | 192 700 | 212 500 | 191 647 | 201 009 | 214 131 | 3.36 |
| 9 | Italy | 61 000 | 241 232 | 196 196 | 189 375 | 234 675 | 245 727 | 221 441 | 3.63 |
| 10 | Myanmar | 51 486 | 1 219 | 1 673 | 1 629 | - | - | 1 507 | 0.03 |
| 11 | Spain | 47 079 | 142 500 | 135 000 | 128 000 | 137 000 | 122 828 | 133 066 | 2.83 |
| 12 | Ukraine | 42 673 | 71 443 | 61 144 | 68 879 | 79 640 | 74 221 | 71 065 | 1.67 |
| 13 | Poland | 38 454 | 183 888 | 125 425 | 145 237 | 184 847 | 126 228 | 153 125 | 3.98 |
| 14 | Canada | 35 544 | 45 005 | 37 194 | 36 445 | - | - | 39 548 | 1.11 |
| 15 | Malasyia | 31 800 | 29 874 | 33 640 | 54 540 | 40 865 | 49 875 | 41 759 | 1.31 |
| 16 | Peru | 30 741 | 11 329 | 11 264 | 9 430 | 9 473 | 12 648 | 10 829 | 0.35 |
| 17 | Nepal | 30 430 | - | 1 021 | 958 | - | - | 990 | 0.03 |
| 18 | Taiwan | 23 069 | 1 574 | 1 451 | 1 417 | 1 704 | 1 856 | 1 600 | 0.07 |
| 19 | Romania | 20 121 | 38 077 | - | - | 26 247 | 27 804 | 30 709 | 1.53 |
| 20 | Kazachstan | 17 500 | 16 145 | 13 621 | 14 477 | 14 452 | 13 952 | 14 529 | 0.83 |

Рисунок 2 – Динамика числа пожаров в 2012–2016г.

К сожалению, несмотря на такой длительный период контроля ситуации с пожарами, количество жертв в них остаётся ужасающим. На рисунке 3 представлены данные о количестве погибших при пожаре, в зависимости от места их возникновения [27].

Большая цифра, характеризующая количество погибших при пожаре, говорит о том, что нормы пожарной безопасности во всём Мире далеки до идеала. Расположение России на второй строчке этого рейтинга, заставляет нас ещё раз внимательно проследить этап формирования данных пожарных норм.

| № | Country / Страна / Staat | Population thous.inh. / Население, тыс. чел. / Einwohner in 1 000 | Number of structure and vehicle fires / Число пожаров в зданиях и на транспорте / Anzahl der Gebäude- und Transportbrände | Part of all fires, % / Доля от общего числа пожаров, % / Anteil von der Gesamt-brandzahl, % | Number of fire deaths* / Число погибших при этих пожарах* / Anzahl der Brandtoten dieser Brände* | Number of structure and vehicle fires per 1.000 inh. / Число пожаров в зданиях и на транс-порте на 1.000 чел. / Anzahl der Gebäude- und Transportbrände je 1.000 Einwohner | Number of fire deaths per 100.000 inh. / Число погибших в таких пожарах на 100.000 чел. / Anzahl der Brand-toten dieser Brände je 100.000 Einw. | Number of fire deaths per 100 fires / Число погибших на 100 пожаров / Anzahl der Brandtoten je 100 Brände |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | USA | 323 128 | 679 500 | 50.6 | 3 221 | 2.1 | 1.0 | 0.5 |
| 2 | Russia | 146 270 | 126 554 | 84.1 | 8 204 | 0.9 | 5.6 | 6.5 |
| 3 | France | 66 628 | 139 108 | 48.9 | 259 | 2.1 | 0.4 | 0.2 |
| 4 | Ukraine | 42 673 | 35 540 | 47.9 | 1 778 | 0.8 | 4.2 | 5.0 |
| 5 | Romania | 20 121 | 4 931 | 17.7 | 245 | 0.2 | 1.2 | 5.0 |
| 6 | Czech Republic | 10 579 | 6 625 | 40.8 | 118 | 0.6 | 1.1 | 1.8 |
| 7 | Hungary | 9 830 | 8 445 | 53.8 | 108 | 0.9 | 1.1 | 1.3 |
| 8 | Austria | 8 740 | 22 524 | 47.4 | - | 2.6 | - | - |
| 9 | Israel | 8 300 | 18 000 | 38.3 | 18 | 2.2 | 0.2 | 0.1 |
| 10 | Bulgaria | 7 245 | 2 476 | 6.6 | 123 | 0.3 | 1.7 | 5.0 |
| 11 | Finland | 5 463 | 7 782 | 64.5 | 78 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |
| 12 | Croatia | 4 290 | 4 186 | 37.6 | 20 | 1.0 | 0.5 | 0.5 |
| 13 | Lithuania | 2 889 | 1887 | 18.8 | 95 | 0.7 | 3.3 | 5.0 |
| 14 | Latvia | 1 969 | 1 531 | 15.4 | 90 | 0.8 | 4.6 | 5.9 |
| 15 | Estonia | 1 315 | 1 958 | 38.6 | 37 | 1.5 | 2.8 | 1.9 |
| 16 | Malta | 421 | 395 | 22.6 | - | 0.9 | - | - |

Рисунок 3 – Распределение количества погибших на пожарах

## 1.1 Ситуация с оценкой пожарного риска в СССР

До вступления в силу ФЗ «О техническом регулировании» [2] в РФ нормы пожарной безопасности были заимствованы из СССР.

Несмотря на ответственный подход лиц, которые обеспечивали пожарную безопасность на производстве, и на серьёзный регламент в области пожарной безопасности, пожары в СССР на производстве случались.

При анализе ситуации с пожарными рисками в нашей стране, необходимо так же и учитывать статистику пожарных рисков и последствий которым уделялось внимание в СССР. Здесь данные разнятся: в одних источниках, которые опираются государственные доклады, говорится о более чем 169 тыс. случаев, а по данным МВД СССР, в ведении которого находилась противопожарная служба, их было порядка 470 тыс. случаев, как видно, разница почти в 3 раза. Кроме пожаров на производственных площадках и в жилых секторах случались пожары и около домовых территорий. К таким возгораниям стоит относить поджоги сухостоев, которые вызывали большие по

площадям пожары травы. Аварийно-спасательные службы не могли игнорировать подобного рода возгорания, и, разумеется, так же выезжали на их ликвидацию согласно требованиям. Однако надо сказать, что подобные частые случаи не подвергались статистическому учёту ни в Советском Союзе, ни в Российской Федерации на данный момент. На ликвидацию подобного рода возгорания тратилось куда больше ресурсов, чем на тушение пожаров, которые простые обыватели привыкли видеть в новостных сводках.

Если проанализировать всю собранную информацию по статистике пожаров в Советском Союзе, как официальной, так и экспертную, то можно убедиться, что к началу распада большой страны, в ней насчитывалось порядка полумиллиона пожаров. От такого огромного количества не был застрахован ни один из регионов, а так же каждый из жителей многомиллионной страны [12].

Таким образом, проанализировав всю информацию, можно сказать, что количество пожаров, которое приходилось на одного гражданина СССР в последний год существования Советского Союза можно вычислить по формуле (1)

$$R_1^{1990} = \frac{N_п}{N_{нас}} = \frac{493882}{290 \cdot 10^6} = 1{,}70 \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

где $N_п$ – число пожаров, происшедших в течение года;

$N_{нас}$ – численность населения, чел.

Если использовать официальные данные, то значение риска будет таким:

$$R_i^{1990} = \frac{168738}{290 \cdot 10^6} = 5{,}82 \cdot 10^{-4} \quad (2)$$

Данные расчёты показывают, что ситуация вокруг пожарной опасности в Советском Союзе была серьёзной. По результатам формулы 1 можно сказать, что на каждого гражданина огромной страны приходилось четь менее двух

пожаров в год. Надо отметить, что данный показатель был рассчитаны организациями, которые были не подведомственны руководству страны, а значит можно говорить об их объективности.

Официальная, субъективная статистика, приводила другие цифры. По данным этой статистики один пожар приходился на более чем 1500 советских граждан. Это явно отличалось от прочих статистических данных. Данный факт положительно влиял на имидж коммунистической идеологии [13].

С каждым днём вопросы в области обеспечения пожарной безопасности становятся всё актуальнее. События, произошедшие за последние пару лет, говорят о том, что ситуация в области обеспечения пожарной безопасности всё ещё трудно решаемы.

После принятия технического регламента «О требованиях: пожарной безопасности» в 2009 году пожарный риск установлен самым важным показателем [3]. Он употребляется и рассчитывается при определении уровня защищённости объектов от пожаров.

Само понятие риска уже имеет свою формулировку, которая представлена в Федеральном Законе РФ «О техническом урегулировании». В данной трактовке риск есть вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу как государственному, так и муниципальному. Так же нанесение вреда имуществу физических и юридических лиц. Помимо этого включён урон окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений.

Само понятие и изучение термина «пожарный риск» возникло в конце 20 века. В этот же период формируется ещё одно понятие – пожар. В этот период оно существенно отличалось от общепринятых и узаконенных определений пожара [16].

Пожар – это неуправляемый процесс горения, который приносит вред обществу и окружающей среде [17].

Понятие риска непрерывно связано с другим понятием, которое оно характеризует, частично. Таким понятием является опасность. С помощью

вероятности и показателя риска, можно дать характеристику различным опасностям и различным гранями опасности. В области изучения пожарного риска дело состоит точно так же.

Стоит отметить, что существует сложность отказа от самого понятия как риск. Можно даже сказать, что отойти от использования данного понятия в данном вопросе невозможно. Именно по этой причине необходимо двигаться к уменьшению значения данного показателя до тех пор, когда общество в целом сможет принять данный показатель. В завершении можно сказать, что такое понятие как «абсолютная» безопасность не существует, по крайней мере, на данном этапе технического развития истории человека.

Безусловно, в современных условиях возможно достичь наивысшего уровня безопасности объекта защиты. Это можно достичь, если реализовывать различные мероприятия по управлению рисками. Через такое управление рисками имеется возможность достижения уменьшения степени опасности объекта защиты. Подводя итог можно сказать, что само понятие «безопасность» имеет следующую трактовку: «состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков, присущих этому объекту, не превышают их допустимых уровней.

Делая вывод из всего выше перечисленного, можно сказать, что состояние объекта, при котором значения всевозможных рисков, присущих именно этому объекту, не превышают значения допустимых уровней, называется безопасностью.

В научной литературе зачастую встречаются три похожих, но в то же время абсолютно разных понятия. Они в сущности отличаются не сильно, но всё же особенности у каждого понятия свои. Это такие термины как угроза, опасность и вызов.

У каждого из этих понятий свой набор рисков, который присущ только им. Если уменьшать значения этих наборов рисков, то можно, в конечном итоге, достичь допустимого уровня безопасности конкретного объекта защиты.

К таким можно отнести личность, общество, государство или любой социальной, экономической и технической системы.

Схематично это представлено на рисунке 4. Но стоит отметить, что данная схема является лишь обобщённым видением данной ситуации.

Рисунок 4 – Последовательность работы с рисками

Классический подход к формированию безопасности объекта основывается на концепции, так называемой «абсолютной безопасности». Вся суть этого направления сводится к стремлению обезопасить всю технику и саму техносферу абсолютно. Внедрение этой концепции предполагает внедрение всех мер защиты, которые вполне возможно реализовать. На данный момент общество пришло к выводу, что достижение абсолютной безопасности невозможно или настолько затруднительно и неоправданно в финансовом отношении.

Возведение концепции приемлемого риска подкупает общество не только своей гуманностью, но оборачивается трагедией для человечества, так как в реальных условиях достичь абсолютной безопасности невозможно и

общество, как и каждый человек в отдельности, должен быть ориентирован на возможность возникновения опасной ситуации.

Исходя из анализа такой ситуации, в промышленных странах конца 70–х годов и начала 80–х годов двадцатого века начинается переход сначала в исследованиях, а затем в реализации с концепции абсолютной безопасности к концепции приемлемого риска. К настоящему моменту сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска. Приемлемым риском называется такой уровень опасности, представленный на рисунке 5, с которым на данном этапе развития общества можно смириться [21]. Это такой низкий уровень смертности, травматизма или инвалидности людей, который не влияет на показатели безопасности предприятия, отрасли экономики или государства.

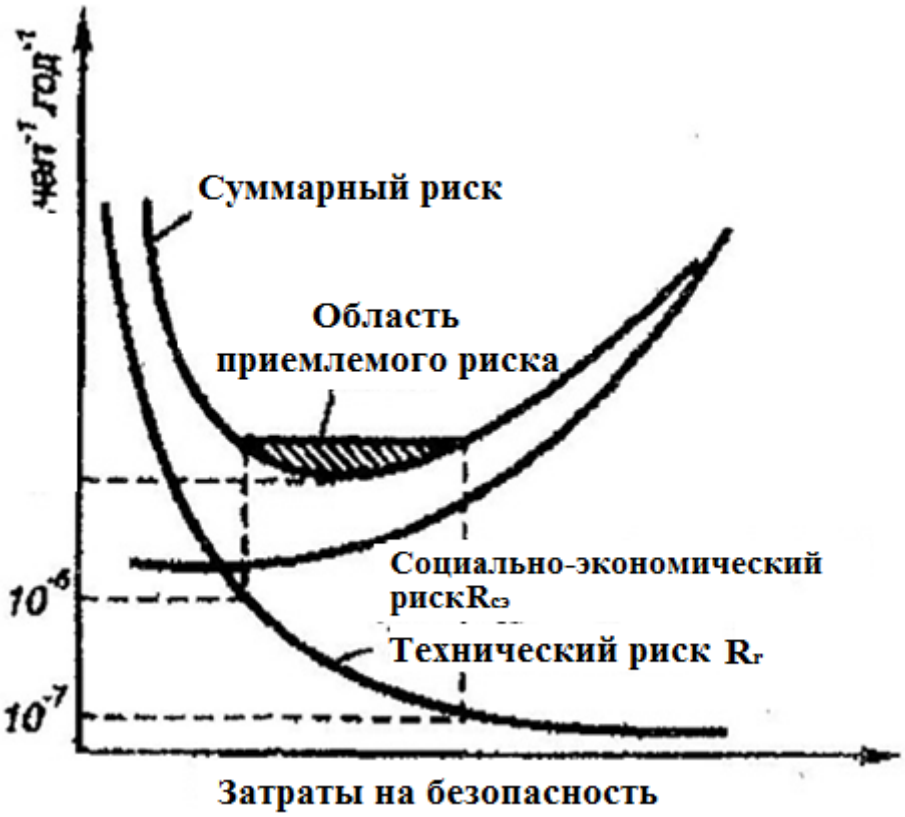



Рисунок 5 – График риска

Прежде чем рассматривать тематику пожарного риска и далее, необходимо обратиться к статистике индекса пожарного риска по регионам Российской Федерации. Данные за 2014 год представлены в таблице 1 ниже.

Таблица 1 – Данные пожарного индекса по регионам

| Регион | Риск |
|---|---|
| Приморский край | 2,75 |
| Хабаровский край | 2,65 |
| Магаданская область | 2,22 |
| Республика Карелия | 2,09 |
| Камчатский край | 1,94 |
| Новгородская область | 1,93 |
| Еврейская автономная область | 1,90 |
| Амурская область | 1,84 |
| Ленинградская область | 1,82 |
| Сахалинская область | 1,70 |
| Архангельская область | 1,67 |
| Республика Тыва | 1,63 |
| Красноярский край | 1,59 |
| Курганская область | 1,58 |
| Забайкальский край | 1,57 |
| Республика Алтай | 1,53 |
| Брянская область | 1,51 |
| Псковская область | 1,50 |
| Калининградская область | 1,46 |
| Алтайский край | 1,41 |
| Иркутская область | 1,39 |
| Республика Хакасия | 1,38 |
| Ярославская область | 1,37 |
| Республика Марий Эл | 1,37 |
| Кировская область | 1,36 |
| Республика Бурятия | 1,35 |
| Тюменская область | 1,33 |
| Мурманская область | 1,32 |
| Смоленская область | 1,30 |
| Индекс риска пожара | 1,66 |

По результатам выборки, собранной в таблице выше, можно сделать вывод, что несмотря на все усилия государства и общества, в регионах существует достаточная вероятность возникновения пожаров. Кроме того, по результатам сбора данных, можно определить в каких секторах экономики возгорания происходят наиболее часто.

Таблица 2 – Распределение вероятности образования пожара, в зависимости от сектора

| Объекты, подверженные пожару | Количество пожаров, % | Число погибших в пожарах,% | Материальный ущерб, % |
|---|---|---|---|
| Жилые здания | 73 | 90 | 58 |
| Производственные здания | 5 | 3,3 | 6,9 |
| Торговые здания | 3,2 | 0,5 | 10,7 |
| Здания сельскохозяйственного назначения | 1,3 | 0,4 | 3,5 |
| Здания, вышедшие из эксплуатации | 1,4 | 0,5 | 0,4 |
| Здания административные | 1,2 | 0,4 | 2,1 |
| Образовательные здания | 0,4 | 0,2 | 0,9 |
| Здания на стадии постройки | 0,6 | 0,2 | 0,6 |
| Здания культурно-массовых развлечений | 0,4 | 0,2 | 1,8 |

Окончание таблицы 2

| Объекты, подверженные пожару | Количество пожаров, % | Число погибших в пожарах,% | Материальный ущерб, % |
|---|---|---|---|
| Здания детских учреждений | 0,0 | 0,2 | 0,2 |
| Транспортные объекты | 7,5 | 1,2 | 11,6 |
| Места хранения открытого материала | 3,6 | 0,5 | 1,8 |
| Прочие | 2,2 | 2,6 | 0,7 |
| Итого | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

## 1.2 Причины возникновения пожара

Разумеется, пожары не происходят сами по себе. Даже природный пожар является низким показателем возможности прогнозирования пожароопасной ситуации [23].

Поскольку пожары случаются и происходят повсеместно, то причин этих возгораний, на первый взгляд, может быть бесконечно много. Однако невозможно в различных источниках вводить определённую классификацию причин возгораний. По этой причине было принято решение ввести общепринятую классификацию. Кроме того, была построена диаграмма на рисунке 6, которая характеризует соотношение причины пожара на частоту реализации.

К природным причинам, как следствие, относят излучения солнца, различные небесные тела.

К причинам техногенным следует относить различные технические инциденты, связанные как с электрооборудованием, так и с теплоносителями, которые в случаях аварии повлекут за собой аварию и последствия [8].

Социальные причины включают в себя всё то, что связано с действиями человека. Будь то небрежность при курении, умышленные поджоги или же неосторожность с огнём. Зачастую ошибки при обращении с огнём вызывают пожары, как в быту, так и на производстве.

Рисунок 6 – Распределение причин пожара по факторам

В рамках данной работы будут рассматриваться лишь техногенные факторы, вызванные нарушением технологического процесса, а так же социальный фактор, который является следствием нарушений, которые совершил человек.

Для более подробного анализа ситуации, необходимо обратиться к статистике возникновения пожаров на производственных площадках. Подробный отчёт МЧС России представлен на таблице 3. Данный отчёт сформирован по

соответственно равным временным промежуткам, что говорит о его легитимности.

Таблица 3 – Распределение пожаров в городах Российской Федерации

| Объект пожара | 3 месяца 2017 г. | | 3 месяца 2018 г. | |
|---|---|---|---|---|
| | кол-во пожаров, ед. | прямой ущерб, млн. руб. | кол-во пожаров, ед. | прямой ущерб, млн. руб. |
| Здания производственного назначения | 761 | 318901 | 745 | 261409 |
| Складские здания, сооружения | 306 | 1054879 | 294 | 212802 |
| Здания, помещения сервисного обслуживания населения | 259 | 62736 | 247 | 14989 |
| Сооружения, установки промышленного назначения | 199 | 46907 | 134 | 58366 |

У самого понятия «риск» существует много терминов и определений. Каждый автор старается по-своему описать данное явление. Так, например, учёный Н.Н. Брушлинский считает, что реализация конкретной опасности, или даже возможность реализации этой опасности и есть риск [11].

Понятие «риск» у экспертов и у специалистов всегда ассоциируется с потерей ценностей. К таким ценностям относятся материальная (порча имущества, или уничтожения) или же более глобальных, таких как здоровье, жизнь, иногда даже и репутацию. Так, например, многие владельцы крупных объектов массового пребывания людей уже не могут справиться с преследующей их репутацией.

Риск, который поддаётся измерению, принято называть «количественным». Если же данный риск не поддаётся измерению, то он классифицируется как «качественный».

У каждой опасности, как говорилось выше, имеется свой специфичный набор рисков, большие значения которых приведут к реализации данной опасности. Данные риски оценивают различные параметры определяемой опасности.

Если обратиться к примерам, то разные риски могут определять как частоту реализации опасности, так и характер последствий и параметры этих последствий искомой опасности.

При изменении различных обстоятельств любой риск менять свои показатели и значения, а значит, он подвергается динамическому изменению.

Из вышесказанного становится очевидно, что при возможности влияния на ряд обстоятельств, которые характеризуют динамику изменения риска, можно в целом управлять этими рисками, а значит управлять вероятностью реализации различных опасностей.

Однако, очевидно, что принципиально невозможно все риски, связанные с тем или иным объектом защиты, свести к нулю. Это объясняется как перманентной неполнотой и относительностью научных представлений об опасностях и рисках, так и ограниченными инженерно–техническими и экономическими возможностями общества.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» утверждены «Правила проведения расчетов по оценке пожарного риска».

Согласно указанным правилам расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными ФЗ № 123 [3].

При проведении расчета по оценке социального пожарного риска учитывается степень опасности для группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара, ведущих к гибели 10 человек и более.

Определение расчетных величин пожарного риска проводится по методикам, утверждаемым МЧС России [23].

В Постановлении приведены требования к порядку определения расчетных величин пожарного риска, а также к оформлению отчета.

В настоящее время утверждены приказами МЧС:

«Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (приказ МЧС от 30.06.2009 № 382, зарегистрировано в Минюсте от 06.08.2009 № 14486);

«Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (приказ МЧС от 10.07.2009 № 404, зарегистрировано в Минюсте от 17.08.2009 № 14541).

Документ «Методика определения расчетных величин пожарного риска для производственных объектов» разработан на основе:

ГОСТ 12.1 004 – 91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [5];

ГОСТ Р 12.3 047– 98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» [6];

«Руководства по оценке пожарного риска для промышленных предприятий»;

РД 03 – 418–01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов»;

РД 03–409–01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей».

В общих чертах алгоритм обеспечения пожарной безопасности любого объекта защиты можно сформулировать в виде схемы, представленной на рисунке 7.

Эта общая схема может быть детализирована в каждом своем этапе. Например, для определения пожарных рисков специалисты предлагают использовать метод построения «дерева событий».

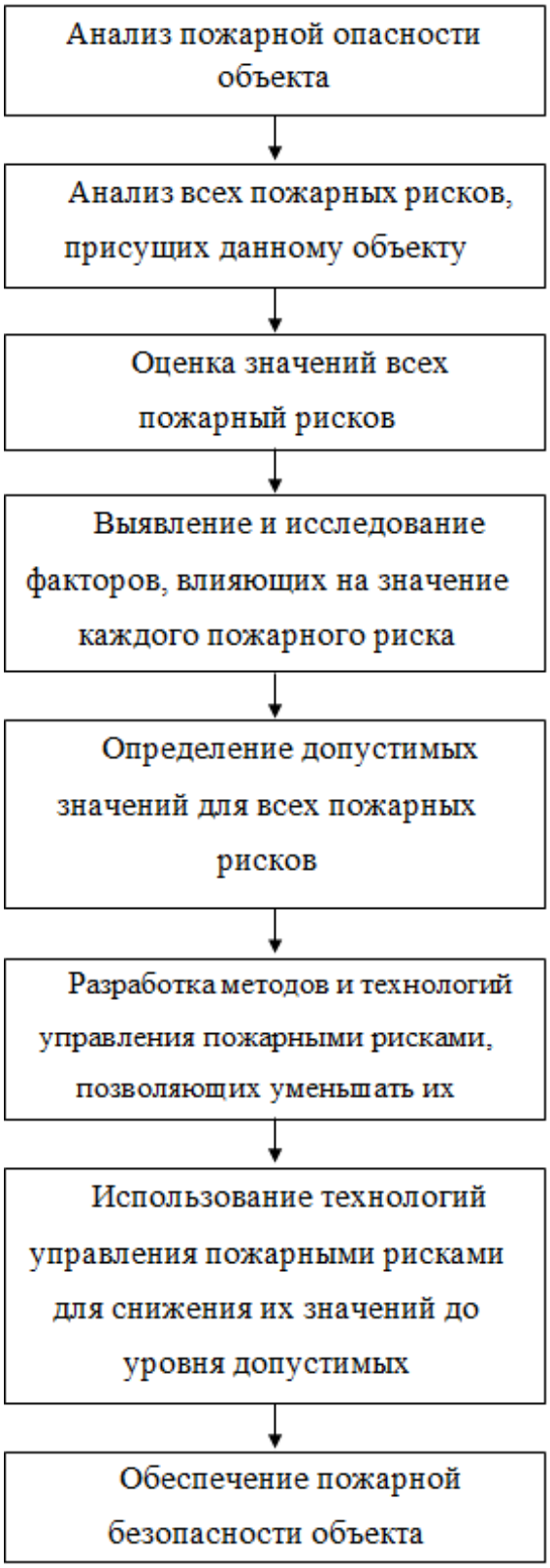



Рисунок 7 – Алгоритм обеспечения пожарной безопасности

Если проанализировать всё то, что представлено на рисунке 7, то можно сделать вывод о том, что анализ пожарной опасности заключается в первую очередь в оценке рисков и их анализе. В дальнейшем есть необходимость оценки полученных текущих значений. После анализа определить допустимые уровни значений для этих рисков.

Если обратиться к практической реализации теоретического подхода, то для начала следует определиться с методикой и технологиями для управления каждого из рисков. Однако, если же не существует на данном этапе времени необходимой методики и технологии, то тогда необходимо для начала разработать теоретическую базу, с помощью которой осуществить практический подход.

Эта общая схема может быть детализирована в каждом своем этапе.

Например, для определения пожарных рисков специалисты предлагают использовать метод построения «дерева событий» [16].

Согласно статье 94 [3] и Правилам проведения расчетов по оценке пожарного риска оценка пожарного риска включает следующие этапы:

1) анализ ситуации с обеспечение пожарной защиты на производстве;

2) определение количества аварийных ситуаций к единице времени;

3) построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

4) расчёт последствий воздействия опасных факторов пожара на персонал для различных сценариев его развития;

5) анализ систем обеспечения пожарной безопасности.

При расчёте рисков и опасности возникновения пожарной опасности, приянто использовать методологию оценки времени как блокирования путей эвакуации, так и расчётного времени эвакуации, которые описываются в различных подходах к расчёту значений риска пожара. Эти подходы установлены органами обеспечения пожарной безопасности и утверждены Правительством РФ.

Расчет пожарных рисков для общественных, административных и жилых зданий производится в соответствии с Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденной приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009 (регистрационный № 14486 от 06.08.2009 в Минюсте РФ).

Расчет пожарных рисков для производственных объектов производится в соответствии с Методикой определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России № 404 от 10.07.2009 (регистрационный № 14541 от 17.08.2009 в Минюсте РФ).

Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения и строения точке. (ФЗ № 123 от 22.07.2008 , ст.79)

Разработка, а так же применение во множестве случаев такого документа, как Технический регламент о требованиях пожарной безопасности, наряду с внедрением методики расчёта пожарного риска в практическую разработку системы противопожарной защиты различных объектов защиты, безусловно, необходимо считать новейшим и важнейшим этапом в области противопожарного нормирования.

Оценка пожарного риска всегда сопровождалась с большим количеством проблем в расчётах, а так же в трудностях с определением ряда параметров. В связи с принятием новых нормативных документов в области оценки пожарного риска на производстве данные сложности должны были исчезнуть. Однако при применении существующей методологии расчета индивидуального риска, потребляемого на производственных объектах, многие вопросы остаются без ответа.

Существующие проблемы, которые могут прямо или косвенно повлиять на важность расчета пожарного риска, часто приводят к низкому уровню

обеспечения противопожарной защиты объекта и, как следствие, к большим человеческим потерям.

Таким образом, можно говорить о том, что модернизация утверждённых методик определения расчётных величин пожарного риска крайне актуальна. Но не стоит забывать и о разновидностях взрывов. В настоящее время в промышленности используются различные технологические методы, которые, как последствие, могут обладать и различными взрывами. Так, например, существует классификация взрывов:

- физический взрыв – такой взрыв происходит, когда физическое состояние вещества резко меняется. Подобного рода взрывы сопровождаются превращением вещества в газ с высоким давлением и температурой;
- химический взрыв – при химическом взрыве происходит быстрое превращение вещества. При таком превращении вещества его потенциальная энергия переходит в тепловую и кинетическую энергию продуктов взрыва, которые расширяются. В основе лежат взрывчатые вещества, процесс происходит с выделением энергии химических исходных веществ;
- ядерный взрыв – один из самых страшных и необузданных видов взрыва. Такой мощный взрыв происходит при высвобожденной ядерной энергии, либо при цепной реакции деления тяжёлых ядер, либо при термоядерной реакции создания ядер гелия из более лёгких;
- аварийный взрыв – один из самых популярных видов взрывов, который происходит зачастую на производстве и связано с комплексом ошибок как человека. Так и при определённых стечениях обстоятельство при работе оборудования;
- взрыв пылевоздушной смеси – первоначальный инициирующий импульс способствует возмущению пыли или газа, что приводит к последующему мощному взрыву;
- взрыв сосуда под высоким давлением – данный взрыв случается если сосуд, котоырй в рабочем состоянии содержит в себе сжатые газы вод высоким

давлением, резко разгерметизируется, кроме того, если происходит внешний нагрев, то движение атомов газа ускоряется, что так же приводит к мощному взрыву;

- объёмный взрыв – детонационный или дефлаграционный взрыв газовоздушных, пылевоздушных и пылегазовых облаков;
- природный взрыв – взрыв, происходящий при грозе, извержении вулкана, падении небесных тел [17].

Вывод по первой главе: хоть вопрос об обеспечении пожарной безопасности был актуален уже во времена СССР, он не решён в полном объёме до сих пор. Многочисленные причины возникновения пожара говорят о не решённых проблемах в действующих нормативных документах в отношении расчета пожарного риска. Не спадающая статистика пожаров и взрывов на производстве говорит о необходимости совершенствования методики оценки пожарного риска, с целью снижения риска гибели человека.

## 2 АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ПОЖАРНОГО РИСКА НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Необходимость оценки пожарного риска всегда была очевидна. Если обратиться к данным, которые приведены в таблице 4, то отчётливо видно, что на всех континентах Мира остро стоят вопросы обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 4 – Статистика пожаров и последствий по континентам.

| Части света и континенты | Население, тыс. чел. | Кол-во пожаров в год млн. | Число жертв пожаров в год, тыс. чел. | Кол-во пожаров в год на 1 тыс. чел. | Число жертв в год на 1 тыс. чел. | Число жертв в год на 1 млн. чел |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Европа | 721 | 2,3 | 25,0 | 3,2 | 11,4 | 34,7 |
| Азия | 3662 | 1,1 | 30,5 | 0,3 | 30,5 | 8,3 |
| Северная Америка | 470 | 2,4 | 6,0 | 4,8 | 2,8 | 13,8 |
| Южная Америка | 341 | 0,8 | 2,5 | 1,5 | 5,1 | 7,5 |
| Африка | 780 | 0,8 | 5,5 | 1,0 | 6,3 | 6,5 |
| Австралия | 40 | 0,2 | 0,3 | 3,4 | 3,1 | 10,1 |
| Всего | 6000 | 6,9 | 69,4 | 1,3 | 10,1 | 11,7 |

Оценка пожарного риска всегда сопровождалась большим количеством проблем в расчетах, а также трудностями с определением ряда параметров. Было предположение, что после принятия локально-нормативных актов, а так же новой базы нормативной документации ситуация с оценкой пожарного риска на производстве  должна была улучшиться, а именно все проблемы и трудности должны бил исчезнуть. Но на практике, при использовании действующей методики оценки пожарного риска, многие вопросы остаются без ответа.

Страшное в этом то, что если есть вопросы, которые не решает действующая методика, то значит и общая пожарная безопасность объекта будет неполной и заниженной. Таким образом, общий уровень пожарной защиты объекта и повышенная вероятность наличия человеческих жертв будет рассчитан неверно.

Таким образом, можно говорить о том, что совершенствование утверждённых методик определения расчётных величин пожарного риска крайне актуально.

Для дальнейшего изучения проблематики необходимо сделать сводный анализ одной из методик, по которой определяется пожарный риск производственного объекта. Методика, на основе документа, утверждённого на самом высшем федеральном уровне закреплена в приказе МЧС России от 10.07.2009 № 404. На первом этапе расчёта необходимо определить величину пожарного риска в определённой точке. Искомая точка выбирается не случайным способом, и не в единственном числе. Расчётная точка должна быть выбрана как на территории объекта, так в селитебной зоне, вблизи зоны объекта. Для того, чтобы определить такой риск, как потенциальный, то установлен такой параметр как параметр вероятности поражения человека. Определение условной вероятности поражения тем или иным опасным фактором предполагается находить по величинам «пробит–функций». В дальнейшем проводится определение величины риска для персонала исследуемого объекта, при условии нахождении работника на территории объекта.

Чтобы упростить этот метод, используются полные табличные данные, которые необходимо использовать для получения вероятностной оценки основных событий. Эти табличные значения объединяются с основным текстом методологии. При расчете индивидуального риска необходимо учитывать вероятность того, что работник окажется в зоне воздействия повреждающих факторов.

Все опасные производственные объекты, которые потенциально опасны с точки зрения пожарной безопасности, часто взаимно отделены друг от друга.

Подобное размещение на значительном удалении друг от друга зачастую связано с размещением складов, резервуаров, наружных установок, резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями. Значительное удаление друг от друга позволяет одним повреждающим факторам не воздействовать на другой объект защиты. Такая особенность размещения позволяет обслуживающему персоналу одного объекта защиты не подвергаться опасностям и рискам другого объекта защиты, на котором произошёл инцидент. Даже такой подход к обеспечению безопасности на объекте, как для персонала, так и для оборудования не позволяет полностью убрать потенциальную опасность.

Во всех расчётах всегда есть стремление учесть все факторы, которые будут влиять на общий уровень риска объекта, который подвергается защите. Эти факторы стремятся учитывать на ранней стадии, а именно даже при построении «дерева событий». Однако такое стремление учесть все нюансы при расчётах, путём перемножения вероятностей, ведёт к неточности итоговых результатов. В итоге, можно сказать, что явным недостатком существующих методов является неточность конечных итоговых результатов, связанных с объёмной базой данных, которые используют при расчётах.

Применение сводных данных из таблиц частоты разгерметизации оборудования непосредственно приводит к неправильной оценке итоговых значений, так как таблица данных частоты разгерметизации имеется среднестатистический характер и не учитывают реальные особенность анализируемого объекта.

## 2.1 Разновидность особенностей отечественной методики

На ряду с этим, переходя к практическому применению методики, нельзя не подчеркнуть, что при её использовании выявлен следующий ряд недостатков:

- Отсутствие метода расчета теплового излучения от пожаров твёрдых горючих материалов.
- Нехватка ряда формул, отвечающих за установление зависимости эффективного диаметра пожарной нагрузки (d) в зависимости от анализируемой геометрии пожара при горении твёрдых горючих материалов.
- Невыполнение расчетов пожарного риска зданий непроизводственного назначения на производственной территории. К подобным зданиям относят: складские здания, открытые склады, столовые, буфеты, здания заводоуправления, заводские здравпункты, административно–бытовые корпуса.
- При воздействии теплового излучения, отсутствует рекомендация по прогнозированию и графическому построению полей опасных факторов пожара.
- Отсутствие выполнения верного расчёта для социального пожарного риска. При данном расчёте учитывается гибель группы людей от десяти и более человек. Данная группа людей должна находиться на территории предприятия, в зоне отдыха, на проходящих дорогах, которые не входят в селитебную зону. Приемлемое значение вероятности гибели 10, 50, 100 человек одинаковое.
- Нехватка метода, который позволит определить показатель степени, учитывающего изменения массы материала, который выгорает, во времени, в зависимости от характера распространения пламени.
- Отсутствие методики расчёта индивидуального пожарного риска при взрывах внутри помещения.

Стоит отметить, что имеющиеся на данный момент времени методики разделяют на три категории:

- качественные,
- полуколичественные,
- количественные.

Если кратко пройти по описанию данных критериев, то можно сказать, что качественные методы, как вероятность, так и последствия событий выражают на уровне описания. Обычно данный метод сопровождается заполнением ряда документов, такие как чек–листы, проверочные листы, в основе которых стоит вопрос «Что будет если…?», помимо этого они сопровождаются, как уже было сказано выше, составлением матрицы риска. Матрицы риска представляют из себя различного рода таблицы, столбцы которых соответствуют различной тяжести последствий [18]. Уровень таких последствий расположен в границах от «незначительных» до «катастрофических». А строки — соответствуют вероятности событий, от очень малой до высокой, при соответствующей классификации ячеек таблицы по уровню риска от низкого до высокого. В качественные методы также включается и анализ логических деревьев событий, если результат анализа будет сформулирован на описательном уровне (уровень риска высокий или низкий, незначительный риск и т. д.).

Переходя к описанию количественных методов оценки риска, стоит сказать, что они включают в себя расчёт обеих составляющих риска, как вероятности, так и последствий. Сам риск рассчитывают как вероятность проявления определённых опасных факторов и последствий пожара, гибель группы людей и нанесение материального ущерба, экономические потери за единицу времени, которой, обычно, является год. В связи со всем выше изложенным, можно сделать вывод, что совместно с термином «вероятность» стоит употреблять такое понятие как «частота реализации». Такое количественное определение риска в настоящее время является общепринятым. Оно широко используется при проведении анализа различных опасностей, имеющих техногенный характер.

Анализируя всё, о чём говорилось выше, можно говорить о существовании ряда проблем в области оценки пожарного риска. Поскольку качественные методы на раннем этапе первичного анализа пожарного риска дают возможность выделить объекты или целые системы ,которые для объекта в

целом представляют собой наибольшую опасность, только через критерии и оценки, которые и формируются на качественном уровне и зависят, в большинстве своём, от субъективность экспертных оценок.

Переходя к анализу недостатка количественного метода мы не найдём проблем с субъективностью оценки, поскольку количественные методы обеспечивают высокую объективность оценки, однако данная категория сопровождается с высокой трудоёмкостью процесса. Количественные методы требуют, чтобы эксперты могли проводить сложный математический анализ, чтобы рассчитать возможное развитие пожара, предсказать распространение дыма и оценить связанные с этим повреждающие факторы. Помимо прочего, в процессе расчетов необходимо использовать специализированное программное обеспечение, а также высокие аналитические способности специалистов, способных анализировать результаты и прогнозы с учетом ограничений, которые были заложены в модель. Использование количественных методов ограничено отсутствием или неадекватным качеством предоставленных статистических данных, которые используются для оценки вероятности отдельных событий. К сожалению, из-за высокой трудоемкости метода, полноценный анализ чувствительности возможен только в самых простых случаях, поскольку он требует выполнения многочисленных расчетов при изменении каждого определяющего параметра. Возвращаясь к категориям методик по расчётам величин пожарного риска, стоит отметить, что в США как раз и используются количественные и полуколичественные методы расчёта величины пожарного риска. Данная методика предполагает проведение анализа таких параметров как неустойчивость, неопределённость, использование различных техник. Последовательность построения расчёта, в основе которого лежат точные данные, позволяет экспертам получать достоверные результаты. Специалисты, проводящие расчёт могут составить прогнозы по ущербу, который может быть потенциально нанесён, вероятности возникновения пожара, степени опасности помещения. Кроме того, эксперт может дать

профессиональные рекомендации по снижению показателя риска. Количественная модель, в данном виде, представляет собой работу с чётко определённым числовым значением.

Другой не менее важный метод основывается на расчете полуколичественным способом. Как было описано ранее, он основывается на работе не только с конкретными числовыми значениями, но так же и учитывает прочие факторы. Данный способ используется при построении дерева событий, проведении страхового анализа [19].

Они актуальны при оценке сложного проекта, предполагающего разработку специальных разделов или технических условий. В этом случае техника позволяет учесть специфику сооружения, организовать защиту от негативного влияния каждого фактора.

Работа с количественными моделями эффективна при необходимости получения точных данных следующего типа:

- вероятность возникновения вспышки;
- размер потенциально возможного ущерба;
- риск смерти людей, находящихся на различных этажах здания;
- диаграммы ущерба, летального исхода;
- оценка индивидуального риска;
- прогноз прекращения деятельности, нанесения вреда окружающей среде и прочее.

## 2.2. Особенности зарубежных методик оценки пожарного риска

Японская методика учитывает вероятность распространения огня с этажа на этаж вверх по внешней стороне здания наряду с вероятностью распространения огня на соседние здания, а также вероятность обрушения здания из-за тепловой нагрузки.

Австралийская методика с помощью специальной таблицы позволяет учитывать такие факторы, как качество строительства, частоту и надежность

испытаний и технического обслуживания, обучение обслуживающего персонала.

В других странах Европы оценка пожарного риска отличается как по сути, так и по содержанию. Немецкие специалисты в области аудита пожарнйо безопасности анализируют данные и проводят расчёты только на начальной стадии проектирования объекта. Итоговый результат по расчётам и после подготовки отчётной документации в области проектной деятельности принимает владелец объекта. В этом пакете документов так же учитываются и утверждение пожарной команды. Интервал рассмотрения пакета документов варьируются в пределах 3–х месяцев. Помимо этого на данных расчётах аудиторы неплохо зарабатывают, так как предлагают свои услуги так же и на платной основе. Однако размер этой платы контролируется государством.

Другая страна Европы, а именно Люксембург, имеет другой подход к обеспечению пожарной безопасности. Эти вопросы небольшом государстве находится в ведении Высокого комиссариата национальной защиты. Данный государственный орган выполняет координационные функции и наделяется особыми полномочиями в случае возникновения подобных ситуаций.

В Российской Федерации значения пожарного риска используются в таком документе, как декларация пожарной безопасности. Декларация пожарной безопасности – форма оценки соответствия, содержащая информацию о мерах пожарной безопасности, направленных на обеспечение на объекте защиты нормативного значения пожарного риска.

Кроме этого, данный документ описывает систему обеспечения пожарной безопасности объекта защиты, которая в обязательном порядке должна содержать комплекс мероприятий, который исключают возможность превышения значений допустимого пожарного риска, значения которого установлен в Федеральном Законе № 123 [3].

Согласно данным центра пожарной статистики Международной ассоциации пожарных и спасательных служб приведена статистика по количеству пожаров

в приложении А, а так же по количеству погибших при этих пожарах приложение Б. Это в очередной раз показывает насколько наши страны и отличаются в методах подхода к оценке пожарного риска, но и в то же время как странам Мира необходима эта работа.

Помимо всех перечисленных показателей и характеристик, а так же различий среди методов и подходов к оценке пожарного риска, стоит заострить внимание на показателе частоты реализации взрывоопасной ситуации внутри здания. За интервал оценки доли пожаров и взрывов в общем количестве аварий на промышленных предприятиях брался период с 1999 по 2009 года. Данные по статистике приведены в таблице 5. Как видно из таблицы 5 взрывы имеют внушительный процент в общем количестве аварийных ситуаций на производстве.

Таблица 5 – Доля пожаров и взрывов в общем количестве аварий

| Год | Количество аварий | | | Доля аварий связанных с пожарами и взрывами, % |
|---|---|---|---|---|
| | Общее | Пожары | Взрывы | |
| 1999 | 583 | 237 | 146 | 65,7 |
| 2000 | 376 | 150 | 91 | 64,1 |
| 2001 | 439 | 177 | 122 | 68,1 |
| 2002 | 592 | 218 | 178 | 66,8 |
| 2003 | 493 | 194 | 170 | 73,9 |
| 2004 | 757 | 327 | 203 | 70,1 |
| 2005 | 950 | 316 | 281 | 63,3 |
| 2006 | 891 | 313 | 247 | 62,8 |
| 2007 | 1934 | 908 | 411 | 65,9 |
| 2008 | 2163 | 1084 | 282 | 67,8 |
| 2009 | 1748 | 842 | 414 | 71,9 |

Кроме того была проведена работа по анализу и выявлению отраслей промышленности, в которых произошло наибольшее количество аварийных ситуаций. Данные были сведены в таблицу 6. Большое значение количества аварийных ситуаций в нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей отраслях вполне логично и понятно. Именно на эти отрасли в данный период времени направлены усилия для уменьшения аварийных ситуаций. Стоит сказать о том, что пожары в этой отрасли не всегда возникают на площади каких-либо зданий. Зачастую это пожары, которые вспыхивают в резервуарах и хранилищах энергоносителей. Однако часть этих пожаров являются косвенной причиной возникновения, как взрывов, так и возгораний в производственных помещениях на территории нефтебаз.

Таблица 6 – Разделение по видам отраслей

| Год | Химическая, нефтегазовая промышленность | Металлургия | Производство товаров общего потребления | Машиностроение | Деревообрабатывающая промышленность | Электростанции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1999 | 87 | 30 | 143 | 6 | 5 | 22 |
| 2000 | 64 | 13 | 214 | 0 | 5 | 8 |
| 2001 | 95 | 24 | 95 | 4 | 3 | 19 |
| 2002 | 168 | 33 | 112 | 2 | 6 | 25 |
| 2003 | 140 | 14 | 38 | 4 | 6 | 5 |
| 2004 | 232 | 29 | 63 | 14 | 30 | 13 |
| 2005 | 297 | 36 | 64 | 9 | 22 | 20 |

И вновь такие отрасли, как нефтеперерабатывающая и нефтедобывающая лидируют в статистике по наибольшему количеству аварийных ситуаций.

Вывод по второй главе: большое количество различных методов и подходов к оценке пожарного риска говорит о реальной возможности модернизировать существующую методику под современные реалии. Однако стоит отметить, что большое количество возможностей говорит о сложности в формировании универсальности подхода. В зарубежной литературе встречаются различные методы оценки, которые приняты рядом зарубежных стран, однако они невозможны в условиях нашей страны.

# 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ПОЖАРНОГО РИСКА

На данном этапе анализа существующих методик расчёта величин пожарного риска, можно сделать окончательный вывод о том, что оценка аварий сопровождаемых взрывами, которые происходят внутри зданий и помещений, невозможно. В связи с этим было принято решение рассмотреть возможный вариант исправления данной ситуации путём предложения определения зависимости величины пожарного риска от взрыва внутри помещения.

На данном этапе рассмотрения проблемы отсутствия методики расчёта пожарного риска с учётом пожаровзрывоопасного помещения, была проанализирована различная литература, среди которых такие работы как [14] и [29]. Одной из предложенных формул для расчёта пожарного риска при взрыве внутри помещения была представлена следующая формула:

$$Q_{i=}Q_j \cdot (1 - К_{лск}) \cdot Р_{пр} \cdot (0{,}01 + К_{гиб}) \cdot (1 - К_{пвз}) \quad (3)$$

где $Q_j$ – частота возникновения взрыва в здании в течение года.

Данный параметр определяется путём анализа статистических данных, которые представлены в таблице 7. Стоит отметить, что в таблице 5 представлены только объекты промышленности. Необходимо учитывать, при использовании данной формулы при расчётах общественных зданий и помещений, что в Приказе МЧС РФ от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» в приложении №1 имеются показатели $Q_i$ для различных помещений. В случаях, когда данной статистической информации нет, допускается принимать значение $Q_j=2 \cdot 10^{-3}$ для каждого здания. Данной

формулой описывается подсчёт среднеарифметического значения частот, которые приведены в таблице 7. Как видно из формулы, $Q_j$ является основным показателем, который характеризует величину риска, путём описания возможности возникновения различной аварийной ситуации на рассматриваемом объекте защиты. Если сравнивать данный коэффициент с аналогичным, то можно заметить что он имеет меньшее численное значение. Данный факт связан с тем, что вероятность взрыва существенно меньше в сравнении со значением вероятности возникновения пожара.

Таблица 7 – Частота реализации взрывоопасной ситуации внутри здания (помещения)

| Тип объекта | Частота реализации взрывоопасной ситуации ($Q_i$), год$^{-1}$ |
|---|---|
| Объекты добычи углеродного сырья | $2{,}9 \cdot 10^{-3}$ |
| Каменноугольные шахты | $2{,}8 \cdot 10^{-3}$ |
| Производство по переработки растительного материала | $2{,}35 \cdot 10^{-4}$ |

3.1 Разновидность расчётных коэффициентов

Перейдём к рассмотрению такого показателя как $К_{лск}$. Данный параметр учитывает соответствие легкосбрасываемых конструкций (ЛСК) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Если здание или сооружение оборудовано легкосбрасываемыми конструкциями, в соответствии со всеми требованиями нормативной документации, то необходимо принимать данный параметр $К_{лск}$ равный 0,9. Если рассматриваемые конструкции не удовлетворяют требованиям пожарной безопасности, то параметр $К_{лск}$ принимается равный нулю. Сама сущность параметра $К_{лск}$ сравнима с аналогичным параметром $К_{ап}$. Рассматриваемые легкосбрасываемые конструкции позволяют снизить из объёма помещения избыточное давление

ΔP, которое сформировалось в момент взрыва, чем сокращают причиняемый ущерб от аварии.

Так же, в силу того, что производственные объекты не могут не иметь производственный персонал, необходимо учитывать время которое человек находится вблизи с потенциальной опасностью.

$$P_{\text{пр}}=\frac{t_{\text{функц}}}{24} \quad (4)$$

где $P_{пр}$ – вероятность присутствия людей в здании;

$t_{функц}$ – Время нахождения людей в здании в часах.

Вероятность присутствия людей в здании оценивает возможность попадания человека под воздействие опасных факторов аварии в зависимости от вероятности его пребывания в месте возникновения аварии. Зачастую принимают время равное продолжительности одной смены. Продолжительность одной рабочей смены в среднем составляет 8 часов. Однако на производствах, помимо восьмичасового рабочего дня, используются смены продолжительностью по 12 и 24 часа. Такие профессии зачастую выступают в роли дежурного персонала или при потоковом производстве. Данный фактор так же необходимо учитывать при проведении подсчётов.

Далее рассмотрим параметр $К_{гиб}$. Данный показатель отвечает за вероятность гибели группы людей от значения избыточного давления взрыва, который упоминался ранее ΔP. Если взрыв происходит в здании или помещении, то показатель рассчитывается согласно СП 12.13130.2009. Показатель $К_{гиб}$ напрямую показывает возможную величину причиняемого ущерба в зависимости от количества взрывоопасной нагрузки. Взрывоопасная нагрузка может из себя представлять различные вещества и материалы, которые в одно и то же время могут находиться разных агрегатных состояниях.

Если сравнивать коэффициент $К_{гиб}$, который зависит от одного опасного фактора аварии, а именно избыточного давления взрыва, с параметром $Р_э$, который учитывает эффективность успешной эвакуации, можно обнаружить, что первый коэффициент имеет большее численное значение. Переводя всё на формульные показатели, можно получить следующее:

$$K_{\text{ГИБ}} = \begin{cases} \frac{\Delta P}{100} \text{ при } 7 < \Delta P < 100; \\ 0{,}99 \text{ при } \Delta P \geq 100; \\ 0 \text{ при } \Delta P \leq 7 \end{cases} \quad (5)$$

где $К_{ГИБ}$ – вероятность гибели людей от значения давления взрыва ΔР

ΔР – избыточное давление взрыва.

Однако существующая шкала размещения показателя $\Delta P$ не верна, так как категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности начинается с показателя 5 кПа. Что касается второй численной границы показателя избыточного давления, то и он выбран не случайно, так как в зависимости от мощности взрыва, а значит и величины избыточного давления, человек получает травмы различной тяжести.

Если человек располагается вне укрытия, а ударная волна взрыва обладает избыточным давлением 10 кПа и менее, то она является для него более менее безопасным. Если же волна обладает избыточным давлением в районе 20-40 кПа, то такой взрыв может вызвать у человека лёгкие повреждения. Они выражаются весьма кратковременными нарушениями функций организма (звоном в ушах, головокружением, головной болью). Возможны вывихи и мелкие ушибы.

Если избыточное давление превышает границу в 40–60 кПа, то это уже травмы средней тяжести. При таких повреждения, обычно, происходит повреждение органов слуха, контузия головного мозга. Всё это сопровождается кровотечением из носа и ушей. Если избыточное давление взрыва составляет

60–100 кПа, то это выражается контузией всего организма, обильным кровотечением из носа, ушей и переломами костей. Высока вероятность повреждения всех внутренних органов.

Если же избыточное давление взрыва превышает установленную границу в 100 кПа, то травмы, вязанные воздействие взрывной волны, скорее всего приведёт к летальному исходу или крайне тяжёлым последствиям. Именно по такому параметру крайней границей расчёта $K_{\text{ГИБ}}$ выбраны именно 100 кПа. Подведя итог всех корректировок, можно расписать расчёт $K_{\text{ГИБ}}$ следующим образом:

$$K_{\text{ГИБ}} = \begin{cases} \frac{\Delta P}{100} \text{ при } 5 < \Delta P < 100; \\ 0{,}99 \text{ при } \Delta P \geq 100; \\ 0 \text{ при } \Delta P \leq 5. \end{cases} \quad (6)$$

Теперь они соответствуют Федеральному закону от 22.07.2008 № 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», Раздел I, глава 8, статья 27 «Определение категории зданий, сооружений, строений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности». При расчёте вероятности поражения человека с помощью приложения Г в СП 12.13130.2009 [7], в расчёте учитывается ещё и импульс взрыва, который так же нужно рассчитывать с помощью дополнительных формулу, что влияет на точность и расчёта. Таким образом, имеется возможность замены коэффициента $К_{гиб}$ на показатель значения пробит-функции, который рассчитывается по формуле:

$$\text{Pr} = 5 - 0{,}26\ln(\text{V}) \quad (7)$$

где

$$V = \left(\frac{17500}{\Delta P}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9,3} \quad (8)$$

Завершая расчёты показателя отвечающего за избыточное давление, необходимо в первоначальной формуле учитывать параметр $К_{пвз.}$ Данный коэффициент учитывает соответствие системы противовзрывной защиты, которая направлена на обеспечение пожаровзрывобезопасности технологического режима. Искомый параметр рассчитывается по следующей формуле:

$$К_{пвз}=1-(1-К_{гс}\cdot К_{сб})\cdot(1-К_{а}\cdot К_{сб}) \quad (9)$$

где $К_{гс}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы газоанализаторов-сигнализаторов требованиям нормативных документов.

Значение параметра $К_{гс}$ принимается равным $К_{гс}$ = 0,9, если выполняется следующее условие: здание оборудовано системой газоанализаторов-сигнализаторов взрывоопасных концентраций, соответствующей требованиям нормативных документов. В остальных случаях $К_{гс}$ принимается равным нулю. Здесь необходимо упомянуть о том, что изначально в предложенной методике использовалось значение $К_{гс}$ равное 0,8, однако в дальнейшем были сделаны поправки, в силу того, что возросла эффективность средств системы противовзрывной защиты, направленной на обеспечение безопасности технологического режима.

Температура и давление необходимо учитывать при уравновешивании технологического режима. За подобного рода соответствие системы отчистки воздуха от взрывоопасных смесей отвечает параметр $К_{СБ}$.

Значение параметра $К_{СБ}$ принимается равным $К_{СБ}$ = 0,95, если выполняется следующее условие: здание оборудовано системой очистки воздуха от взрывоопасных смесей и отвечающей за уравновешивание параметров (температура, давление) нормального технологического режима, соответствующей требованиям нормативных документов. В остальных случаях $К_{СБ}$ принимается равным нулю.

Любое производство оснащено различными средствами автоматики. В вопросах обеспечения пожарной безопасности автоматика играет одну из важнейших ролей. При расчётах значений пожарного риска необходимо оценивать соответствие промышленной автоматики нормативным значениям и документации. Для данной задачи внедрён коэффициент $K_A$.

Значение данного параметра принимается равным $K_A = 0,9$, если выполняется следующее условие: здание оборудовано системой промышленной автоматики (наличие датчиков температуры, давления и т.д.), соответствующей требованиям нормативных документов.

В случаях, когда это не выполняется, то коэффициент $K_A$ принимается равный нулю.

Коэффициент $K_A$ отвечает за наличие в системе противовзрывной защиты средств и систем по контролю за основными параметрами технологического режима.

В случае если расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение, в здании следует предусмотреть дополнительные противовзрывные мероприятия, направленные на снижение величины пожарного риска.

Поскольку превышение нормативного значения индивидуального пожарного риска влечёт за собой дополнительные противовзрывные мероприятия, то необходимо рассмотреть, что относится к этим мероприятиям:

- необходимость применения дополнительных объёмно-планировочных решений и средств, которые бы обеспечивали уменьшение распространения ударной взрывной волны.
- установку системы газоанализаторов-сигнализаторов с целью выявления взрывоопасных концентраций.
- устройство легкосбрасываемых конструкций.
- размещение системы очистки воздуха от взрывоопасных смесей. Так же данная система отвечает за уравновешение параметров нормального

технологического режима. К таким параметрам относятся температура и давление.

- снижение количество хранимой в здании взрывоопасной нагрузки.
- устройство системы промышленной автоматики.

Таким образом, с учётом изменения показателей $K_A$, $K_{ГС}$, $K_{СБ}$, в связи с развитием системы газоанализаторов–сигнализаторов, систем очистки воздуха от взрывоопасных смесей и противовзрывной защиты средств и систем по контролю за основными параметрами технологического режима, а так же с включением показателя пробит–функции, отвечающего за вероятность гибели человека, полученная формула имеет следующий вид:

$$Q_i = Q_j \cdot (1 - K_{лск}) \cdot P_{пр} \cdot P_r \cdot (1 - K_{пвз}) \quad (10)$$

Вывод по третьей главе: на данном этапе рассмотрения вопроса о модернизации существующей методики оценки пожарного риска, предложены изменения в подход к оценке пожарного риска в зданиях, в которых имеется помещение с пожаровзрывоопасной нагрузкой. Так же приняты во внимания изменения и модернизация систем пожарной защиты, изменены соответствующие коэффициенты, однако основа предложенных изменений всё так же базируется на принятых федеральных нормах и правилах обеспечения пожарной безопасности.

# 4 РАСЧЁТ ПОЖАРНОГО РИСКА НА КОНКРЕТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ С УЧЁТОМ ПРЕДЛАГАЕМЫХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЙ МЕТОДИК РАСЧЁТА ПОЖАРНОГО РИСКА

Благодаря развитию современного общества и, соответственно, развитию цифровизации, расчёт пожарного риска можно производить с помощью различного программного обеспечения. В данной диссертационной работе было выбрано программное обеспечение «FireCategories».

Выбранная программа FireCategories была выбрана не случайно. Данное программное обеспечение обладает рядом преимуществ, которые позволяют именно ему быть лучшим среди прочих программ расчёта. К такому роду преимуществам можно отнести:

- удобство интерфейса;
- обширная база веществ и материалов;
- полная детализация всех этапов расчёта;
- возможность генерации в отдельный документ результаты расчётов.

Разумеется, как и у любого продукта, помимо плюсов есть и минусы. К ним относится цена, порядка 70 тысяч рублей за неограниченное использование, а так же, чтобы произвести расчёты необходимо внести определённые исходные данные.

Программа FireCategories предназначена для определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 № 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и сводом правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», и определения пожароопасных и взрывоопасных зон согласно ПУЭ и ФЗ.

Классификация зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и

обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае его возникновения.

По предложенной методике расчёта пожарного риска при взрыве внутри помещения будет произведён расчёт с помощью программы FireCategoties.

Помещение, на основе которого будут производиться дальнейшие расчёты, находится в здании административного бытового корпуса производственного цеха, который располагается на территории крупного производства, расположенного в черте города. Само здание представляет собой шестиэтажное здание с рабочими кабинетами, а так же комнатами отдыха производственного персонала. Поскольку персонал работает по сменам, а значит и находится в этих помещениях в среднем по 12 часов, таким образом показатель $t_{функц}$ будет приниматься равным 12.

Для проведения расчётов необходимо внести параметры помещения производственного здания. Само здание имеет площадь в 3000 м$^2$. Помещение представляет собой небольшою комнату для хранения баллонов с газами. Длина данного помещения составляет 10 метров, а ширина 20 метров. Таким образом площадь всего помещения 200 м$^2$. Помимо этого необходимо внести такой параметр как высота помещения. Общая высота помещения составляет 3 метра. Внесение параметров помещения более подробно и наглядно представлено на рисунке 8.

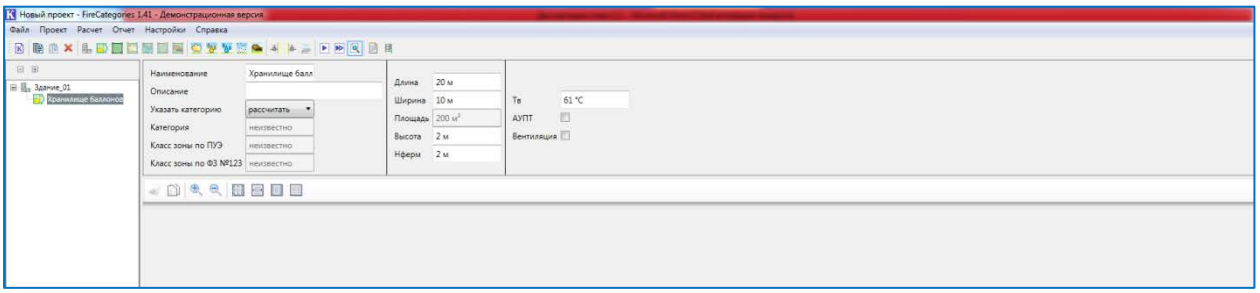



Рисунок 8 – Ввод параметров помещения

В таблице 8 представлена форма отчёта, в которой формируется ввод параметров помещения.

Таблица 8 – Ввод параметров помещения

| Имя | Значение |
|---|---|
| Описание | Помещение хранения баллонов |
| Длина | 10 м |
| Ширина | 20 м |
| Площадь | 200 м² |
| Высота | 3 м |
| Уровень нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия) | 3 м |
| Расчетная температура воздуха | 61 °С |
| Имеется автоматическое пожаротушение | Нет |
| Имеется аварийная вентиляция | Нет |
| Категория | А |
| Класс зоны по ПУЭ | В-I |
| Класс зоны по ФЗ №123 | 1 |

После того, как параметры помещения внесены в программу, необходимо выделить пожаровзрывоопасный участок. В рассматриваемом помещении хранятся, с нарушениями требований федерального законодательства, баллоны с различными газами. На площади 40 м$^2$ и с высотой баллона 2 м располагаются различные баллоны с газами. Эти данные вводятся в программу. Ввод данных представлен на рисунке 9.

Рисунок 9 – Ввод данных участка

В отчёте так же формируется таблица 9 , в которой отображаются вводимые значения параметров.

Таблица 9 – Ввод данных участка

| Имя | Значение |
|---|---|
| Описание | Участок хранения баллонов |
| Площадь | 40 м² |
| Высота | 2 м |

На следующем этапе вводятся параметры пожаровзрывоопасной нагрузки, которая присутствует на участке. Поскольку в помещении хранятся газовые баллоны с тремя видами газов, а именно метан, ацетилен и пропан, то необходимо ввести параметры баллонов с данными газами. Каждый баллон с газом имеет объём 50 литров. Ввод параметров представлен на рисунке 10.

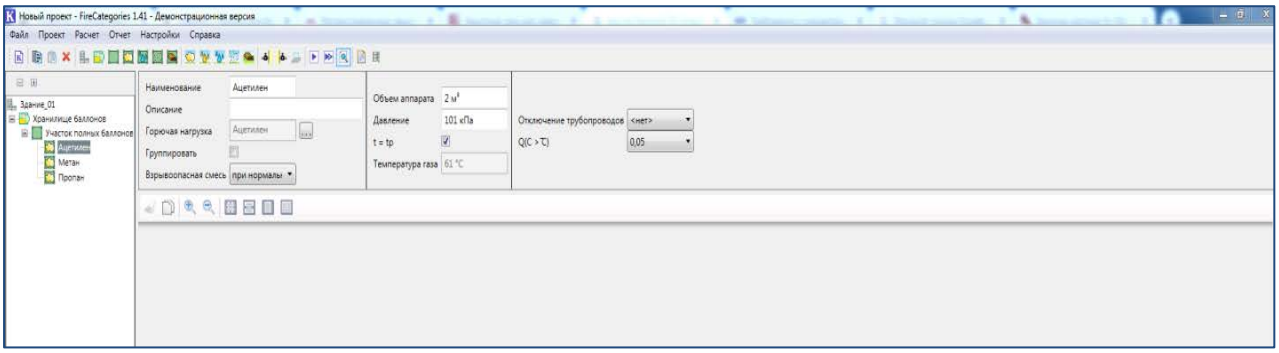



Рисунок 10 – Ввод параметров газа

Поскольку каждый из видов газа имеет свои индивидуальные особенности, то и отчёт формируется для каждого из видов газа. В таблице 8 представлены параметры газа метан. Стоит отметить, что метан является одним из самых часто используемых на производстве. Именно поэтому важность анализа подобного рода газов необходим и важен.

Таблица 10 – Параметры газовой нагрузки, представленной метаном.

| Имя | Значение |
|---|---|
| Наименование | Метан |
| Описание | CH4 |
| Теплота сгорания | 50 МДж/кг |
| Молярная масса | 16 кг/кмоль |
| Нижний концентрационный предел распространения пламени | 5,28 % об. |
| Максимальное давление взрыва | 706 кПа |
| Стехиометрическая концентрация | 9,36 % об. |
| Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания | 2 |

Таблица 11 – Параметры газовой нагрузки представленной ацетиленом.

| Имя | Значение |
|---|---|
| Наименование | Ацетилен |
| Описание | C2H2 |
| Теплота сгорания | 49,97 МДж/кг |
| Молярная масса | 26 кг/кмоль |
| Нижний концентрационный предел распространения пламени | 2,5 % об. |
| Максимальное давление взрыва | 900 кПа |
| Стехиометрическая концентрация | 7,63 % об. |
| Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания | 2,5 |

Таблица 12 – Параметры газовой нагрузки, представленной пропаном.

| Имя | Значение |
|---|---|
| Наименование | Пропан |
| Описание | C3H8 |
| Теплота сгорания | 46,35 МДж/кг |
| Молярная масса | 44,1 кг/кмоль |
| Нижний концентрационный предел распространения пламени | 2,3 % об. |
| Максимальное давление взрыва | 843 кПа |
| Стехиометрическая концентрация | 3,97 % об. |
| Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания | 5 |

Помимо заполнения параметров каждого газа индивидуально, в отчёте формируется так же и режим работы и условия эксплуатации. Они заполняются в таблицу 13.

Таблица 13 – Свойства горючей нагрузки

| Имя | Значение |
|---|---|
| Суммировать расчетное избыточное давление взрыва от различных веществ на участке | Нет |
| Возможность образования взрывоопасной смеси | при нормальных режимах работы |
| Объем аппарата | 2 м³ |
| Давление | 101 кПа |
| Температура газа | 61 °C |
| Уровень значимости (табл. Д.1 СП 12) | 0,05 |

По окончании ввода параметров пожаровзровоопасной нагрузки необходимо произвести расчёт. Произведённый расчёт компилируется в документ расширения .doc. Пример отчёт представлен на рисунке 11.

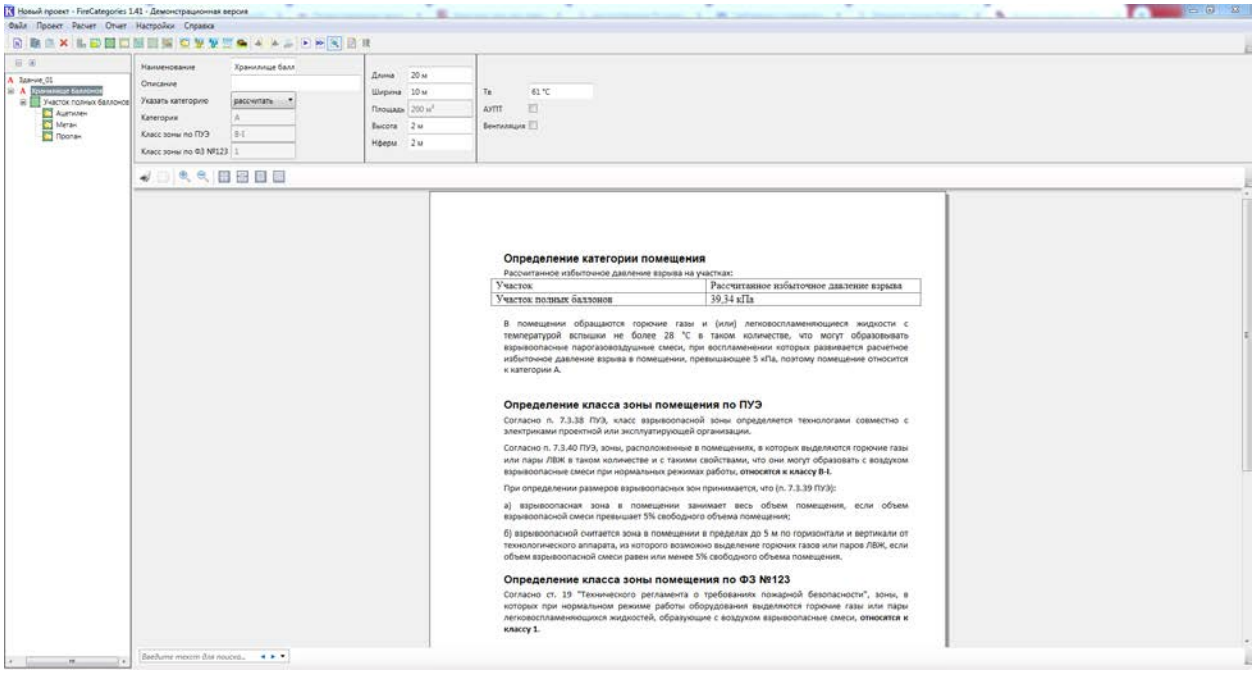



Рисунок 11 – Вид отчёта по расчёту

Согласно введённым параметрам, а так же проведённому расчёту в программе FireCategories полученное значение ΔP будет внесено в расчёт пробит функции, согласно приложения Г СП 12.13130.2009 [7].

По результатам расчёта, выполненного в программе FireCategories, получились следующие показатели $\Delta P$ для газов:

для метана $\Delta P =$ 12,72 кПа.

для ацетилена $\Delta P =$ 22,02 кПа.

для пропана $\Delta P =$ 39,34 кПа.

Подставляя значения ΔP = 39,34 кПа в формулу (8) мы получим значение пробит функции равное Pr = 6,75. Данному значению, согласно таблице 14 значения условной вероятности поражения человека в зависимости от величины пробит-функции соответствует вероятность 90,6 %.

Таблица 14 – Зависимость вероятности гибели от значения пробит-функции

| Условная вероятность поражения, % | Величина пробит-функции | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | - | 2,67 | 2,95 | 3,12 | 3,25 | 3,36 | 3,45 | 3,52 | 3,59 | 3,66 |
| 10 | 3,72 | 3,77 | 3,82 | 3,87 | 3,92 | 3,96 | 4,01 | 4,05 | 4,08 | 4,12 |
| 20 | 4,16 | 4,19 | 4,23 | 4,26 | 4,29 | 4,33 | 4,36 | 4,39 | 4,42 | 4,45 |
| 30 | 4,48 | 4,50 | 4,53 | 4,56 | 4,59 | 4,61 | 4,64 | 4,67 | 4,69 | 4,72 |
| 40 | 4,75 | 4,77 | 4,80 | 4,82 | 4,85 | 4,87 | 4,90 | 4,92 | 4,95 | 4,97 |
| 50 | 5,00 | 5,03 | 5,05 | 5,08 | 5,10 | 5,13 | 5,15 | 5,18 | 5,20 | 5,23 |
| 60 | 5,25 | 5,28 | 5,31 | 5,33 | 5,36 | 5,39 | 5,41 | 5,44 | 5,47 | 5,50 |
| 70 | 5,52 | 5,55 | 5,58 | 5,61 | 5,64 | 5,67 | 5,71 | 5,74 | 5,77 | 5,81 |
| 80 | 5,84 | 5,88 | 5,92 | 5,95 | 5,99 | 6,04 | 6,08 | 6,13 | 6,18 | 6,23 |
| 90 | 6,28 | 6,34 | 6,41 | 6,48 | 6,55 | 6,64 | 6,75 | 6,88 | 7,05 | 7,33 |
| - | 0,00 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 |
| 99 | 7,33 | 7,37 | 7,41 | 7,46 | 7,51 | 7,58 | 7,65 | 7,75 | 7,88 | 8,09 |

Произведя расчёты по формуле (6), по предложенной новой методике, с учётом вероятности поражения человека, посчитанного через пробит-функцию полученное значение пожарного риска составит $Q_i = 1 \cdot 10^{-6}$

Для того, чтобы удостовериться в работоспособности предложенной методики, было проведено измерение пожарного риска согласно формуле (3), которую предлагают другие авторы. Для получения значения, показатель, который всё так же был рассчитан в программе FireCategories, $\Delta P$ был подставлен в формулу (5). Все остальные коэффициенты были точно такими же, как в проводимом мной первоначальном расчёте. Стоит отметить, что даже дополнительные коэффициенты $K_A$, $K_{ГС}$, $K_{СБ}$ были взяты с учётом современных технологий в обеспечении пожарной безопасности. По завершению подсчётов, получилось, что пожарный риск равен $Q_i = 0{,}32 \cdot 10^{-6}$.

Отличие значений пожарного риска путём расчёта предложенным методом, говорит о том, что пусть уровень пожарного риска и остаётся в нормируемых значениях, однако всё же близится к границам, из которых, при определённых условиях может выйти.

Это свидетельствует о том, что при расчёте пожарного риска с помощью методики, которая предложена в данной работе, необходимо учитывать вероятность гибели человека через расчёт пробит-функции. Как показывает результат, руководству зданий и помещений, в которых показатель пожарного риска стремится покинуть нормируемое значение, необходимо принять меры для обеспечения большей пожарной безопасности.

Всё здание, на площади которого находится исследуемое помещение, согласно декларации пожарной безопасности, представленного в приложении В, имеет пожарный индивидуальный риск равный $Q_i=0{,}47\cdot 10^{-6}$. Различие в полученных значениях риска, показывают субъективную оценку обеспечения пожарной защиты объектов, что недопустимо в создании единого подхода оценки пожарного риска и обеспечении пожарной безопасности для человека и материальных ценностей.

Вывод по четвёртой главе: была проделана работа по внесению параметров взрывопожароопасной нагрузки, а так же необходимых параметров самого помещения. Полученные значения пожарного риска говорят о том, что в зависимости от того, какой метод использовать, показатели конечные будут различными. Однако стоит понимать, что чем ближе значение полученного пожарного риска к крайним граница, тем больше мероприятий нужно для обеспечения противопожарной защиты объекта. Такие мероприятия только положительным образом будут воздействовать на человека и на его защищённость.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы была проанализирована ситуация с оценкой пожарного риска в СССР. Анализ вокруг оценки пожарного риска и обеспечение пожарной безопасности показал слабую универсальность и гибкость в подходе к решению данной проблемы. Так же был рассмотрен подход к ведению статистики по пожарам. В дальнейшем был взят период современной России, в которой используют опыт СССР в подходах к обеспечению пожарной безопасности. Были изучены различные зарубежные методы расчёта пожарного риска таких стран как Япония, США, Германия. Были так же изучены методики предлагаемые другими отечественными авторами. На основе изученных материалов были выявлены сильные и слабые стороны подхода к оценке пожарного риска. На основе анализа и выявления преимуществ и недостатков, с учётом практического применения, были сделаны ряд предложений по модернизации одной из альтернативной методики оценки пожарного риска, которая учитывает наличие пожаровзрывоопасного помещения на территории анализируемого объекта.

Была выбрана производственная площадка, на территории которой находится анализируемое здание, содержащее взрывоопасное помещение. Таким помещением является комната хранения огнеопасных баллонов с газами: метан, ацетилен и пропан. Расчёты были проведены с использованием методики расчёта вероятности гибели человека, путём расчёта пробит-функции. По результатам расчёта по альтернативной методике оценки пожарного риска и по предложенной в данной работе, было установлено, что предложенная методика в большем объёме рассматривает вероятность гибели человека и учитывает этот показатель более точно.

Таким образом, на основе проделанной работы можно сказать о целесообразности внедрения данных изменений в действующую методологию оценки пожарного риска зданий, содержащих взрывоопасные помещения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конституция Российской Федерации. – М.: Изд–во «Юридическая литература» Администрации Президента Российской Федерации, 2011. – 31 с.

2. Федеральный закон РФ № 184 от 18.12.2002 – М.: Изд–во АО «Кодекс», 2002. – 303 с.

3. Федеральный закон РФ № 123 от 31.12.2018 – М.: Изд–во АО «Кодекс», 2008. – 202 с.

4. Постановление Правительства РФ от 31.03.2009 № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» – М.: Изд–во АО «Кодекс», 2009. – 2 с.

5. ГОСТ 12.1 004 – 91 Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд–во стандартов, 1991. – 85 с.

6. ГОСТ Р 12.3.047 – 98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – М: Изд–во стандартов, 1998. – 125 с.

7. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1). – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 147 с.

8. НПБ 23 – 2001. Нормы пожарной безопасности. Пожарная опасность технологических сред. Номенклатура показателей. – М.: Изд–во НЦ ЭНАС, 2001. – 4 с.

9. Акимов, В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: Учебное пособие / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 93 с.

10. Баратов, А.Н. Пожарная опасность строительных материалов. / А.Н. Баратов – М.: Стройиздат., 1988. – 25 с.

11. Баратов, А.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное пособие: в 3 т. / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко. – М.: Химия, 1990. – Т. 1. – 384 с., Т. 2. – 496 с.

12. Мировая пожарная статистика/ Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, Д. Холл С.В. Соколов, – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – 126 с.

13. Брушлинский, Н.Н. К вопросу о вычислении рисков / Н.Н. Брушлинский, Клепко Е.А. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНИТИ. –2004, вып.1.

14. Брушлинский Н.Н. О понятии пожарного риска и связанных с ним понятиях // Пожарная безопасность. – 1999, № 3.

15. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы – М.: Стройиздат, 1981. – 96 с.

16. Брушлинский, Н.Н. Оценка рисков пожаров и катастроф / Н.Н. Брушлинский, Глуховенко Ю.М. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНИТИ. – 1992, вып.1 – С.13–39.

17. Брушлинский, Н.Н. Снова о рисках и управлении безопасностью систем // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНИТИ. – 2002, вып.4.

18. Гражданская защита. Понятийно–терминологический словарь / Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Издательство «Флайст», 2001. – 56 с.

19. Демехин, В.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре/ В.Н. Демехин, И.Л. Мосалков, Г.Ф. Плюснина, Б.Б. Серков, А.Ю. Фролов, Е.Т. Шурин – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.

20. Еремина, Т.Ю. Эффективные решения в обеспечении пожарной безопасности зданий и сооружений в Российской Федерации/ Т.Ю. Еремина – 2008. – 49 с.

21. Каргаполова, Е.О. Пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие / Е.О. Каргаполова. – Омск: Изд–во ОмГТУ, 2015. – 100 с

22. Ковалевич, О.М. К вопросу об определении «степени риска»/ О.М. Ковалевич // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНИТИ. – 2004, вып.1

23. Международная организация пожарных. – https://www.ctif.org/

24. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных: приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382; введ. 30.06.2009 – М.; ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009

25. Основные причины пожара. – https://rostpozh.ru/osnovnie-prichiny-pozhara

26. Пожарная безопасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: справочник. / под ред. И.В. Рябова. – М.: Химия, 1970. – 336 с.

27. Решетников, А.В. Оценка поражающих факторов пожара разлития методом ма-тематического моделирования / А.В. Решетников. – М: Изд-во НИТУ «МИСиС», 2003. – 127 с.

28. Собурь, С.В. Пожарная безопасность предприятия/ С.В. Собурь – М.: Пожкнига, 2004. – 78 с.

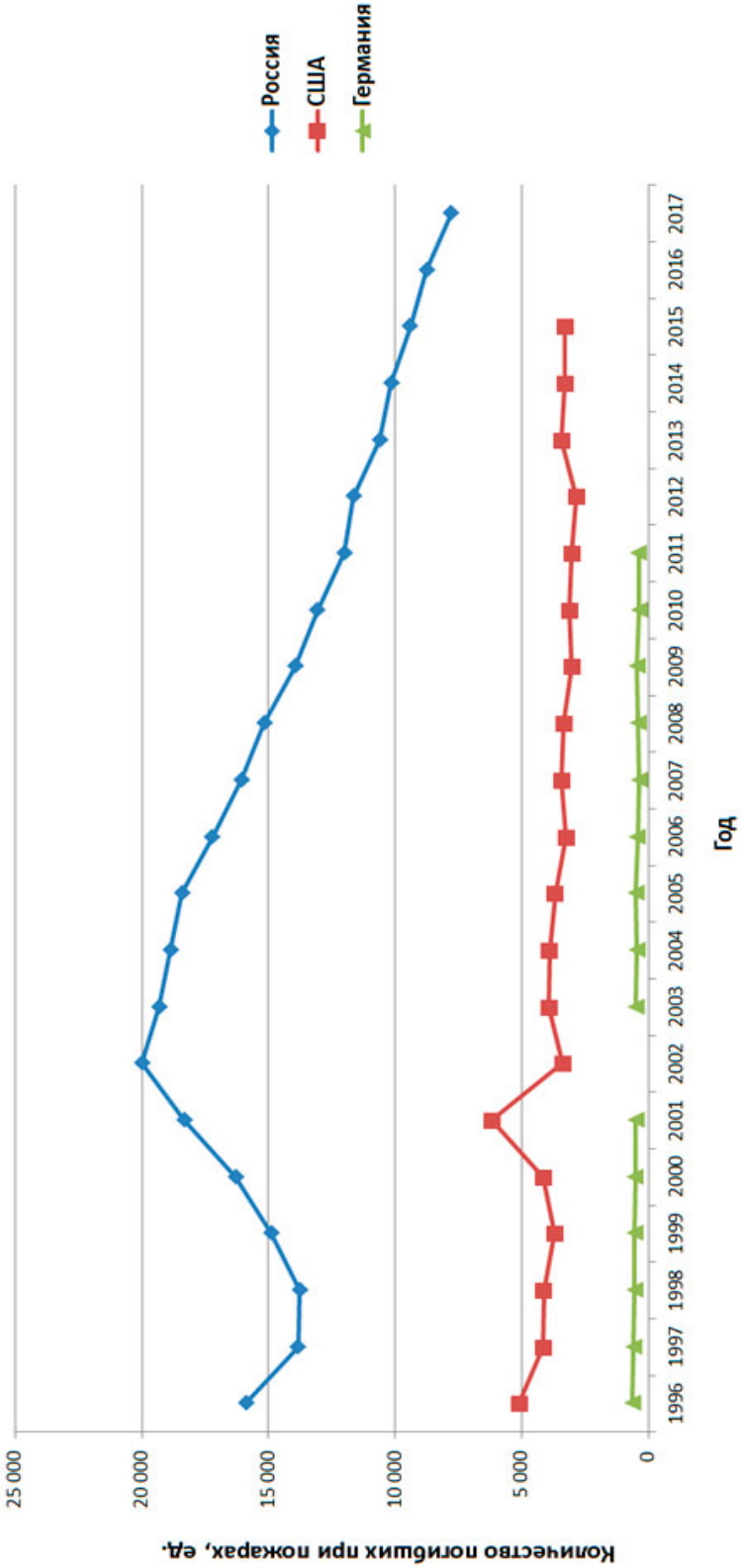
29. Собурь С.В. Пожарная безопасность общественных и жилых зданий/ С.В. Собурь – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 59 с.

30. Статистика пожаров. – https://sites.google.com/site/statistikapozaro/

31. Хафизов Ф.Ш., Краснов А.В., Мухин И.А. Частота реализации взрывоопасной ситуации для оценки риска внутри помещений // Нефтегазовое дело: электрон. науч.-техн. журн. 2015. № 5. С.573-585.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Количество пожаров




ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Количество погибших при пожаре

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Зарегистрирована
Управлением Государственного пожарного
надзора ГУ МЧС России по Челябинской
области

«28» апреля 2010 г.

Регистрационный № 75401168-04047-3352

ДЕКЛАРАЦИЯ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Настоящая декларация составлена в отношении *АБК цеха №1 с теплым переходом из цеха №1 (Нежилое помещение № 8 (трубопрокатного цеха № 1, здание*
(указывается организационно-правовая форма юридического лица,
*административно –бытовых помещений цеха № 1 с тёплым переходом из цеха № 1 )ОАО «Челябинского трубопрокатного завода»*
функциональное назначение, полное и сокращенное наименование (в случае, если имеется), в том числе фирменное наименование объекта защиты)

Основной государственный регистрационный номер записи о государственной регистрации юридического лица *1027402694186*

Идентификационный номер налогоплательщика *744900670*

Место нахождение объекта защиты *Челябинская область, г. Челябинск, ул. Машиностроителей, д.21*
(указывается адрес фактического места нахождения объекта защиты)

Почтовый и электронный адреса, телефон, факс юридического лица и объекта защиты *454129, Челябинская область, г. Челябинск, ул.Машиностроителей, д21, E-mail: emashtakova@chtpz-group.ru, тел.: (351) 253-04-31, 55-71-58, факс (351)253-44-18*
*454129, Челябинская область, город Челябинск, ул. Машиностроителей, д.21*

г. Челябинск 2010

1

Декларация пожарной безопасности