

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Академия Государственной противопожарной службы

Н. Г. Топольский, Д. В. Тараканов, К. А. Михайлов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ
ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ НА ОСНОВЕ
МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ПОЖАРА В ЗДАНИИ

Под общей редакцией
доктора технических наук, профессора
Н. Г. Топольского

Монография

Утверждено редакционно-издательским советом
Академии ГПС МЧС России

Москва
2019

УДК 614.841.45.001.5
ББК 38.960.2
Т58

Р е ц е н з е н т ы:

С.А. Качанов, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, заместитель начальника по научной работе ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий)

А.А. Порошин, доктор технических наук, начальник научно-исследовательского центра организационно-управленческих проблем пожарной безопасности ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России»

Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Михайлов К. А.
Т58 Теоретические основы поддержки управления пожарными подразделениями на основе мониторинга динамики пожара в здании: Монография / Под общей редакцией д-ра техн. наук, профессора Н. Г. Топольского – М. : Академия ГПС МЧС России, 2019. – 320 с.

Монография посвящена решению научной проблемы, состоящей в разрешении противоречия между характером информации, получаемой от систем мониторинга динамики пожара в здании, и существующими формализованными процедурами поддержки принятия управленческих решений при ликвидации пожаров в зданиях. Разработанные в монографии многокритериальные модели и методы в совокупности, составляющие теоретические основы многокритериального моделирования процесса принятия управленческих решений, позволяют исследовать широкий класс задач поддержки управления пожарными подразделениями на основе результатов мониторинга динамики пожара. Практическое применение теоретических результатов в виде интеллектуальной системы поддержки управления позволяет снизить субъективность и повысить оперативность процесса принятия управленческих решений при тушении пожаров в зданиях.

Монография предназначена для преподавателей и научных сотрудников, занимающихся вопросами поддержки управления пожарными подразделениями при тушении пожаров, а также для курсантов, слушателей, магистрантов, аспирантов и адъюнктов.

УДК 614.841.45.001.5
ББК 38.960.2

Издано в авторской редакции

© Топольский Н. Г., Тараканов Д. В.,
Михайлов К. А., 2019

© Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СПЕЦИФИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ	9
1.1. Статистический анализ обстановки с пожарами в зданиях.....	10
1.1.1. Анализ средней площади зданий	10
1.1.2. Анализ количества пожаров в зданиях и ущерба от них.....	14
1.1.3. Количество крупных пожаров в зданиях	17
1.1.4. Классификация зданий по ущербу от крупных пожаров.....	21
1.1.5. Анализ гибели и травмирования пожарных на пожарах в зданиях.....	31
1.1.6. Анализ технической готовности систем мониторинга пожара.....	34
1.2. Теоретические основы управления пожарными подразделениями.....	43
1.2.1. Основные понятия и закономерности управления на пожаре	44
1.2.2. Методы принятия управленческих решений на пожаре.....	46
1.3. Системы поддержки принятия управленческих решений.....	48
1.3.1. Анализ систем поддержки управления.....	48
1.3.2. Подходы к разработке систем поддержки управления.....	56
1.3.3. Основные требования к системам поддержки управления	57
1.4. Модели действий пожарных подразделений в зданиях.....	59
1.4.1. Вероятностные модели.....	60
1.4.2. Детерминированные модели	64
1.5. Адресат поддержки управления при тушении пожаров	69
1.5.1. Потребители информационной поддержки управления.....	70
1.5.2. Исследования специфики поддержки управления.....	71
1.6. Системы мониторинга пожара в здании.....	79
1.6.1. Информационные системы мониторинга пожара	79
1.6.2. Классификация систем мониторинга пожара в здании	80
1.7. Анализ подходов к разработке процедур поддержки управления.....	84
1.7.1. Принцип парето-оптимальности управленческих решений.....	84
1.7.2. Свертка векторного критерия.....	85
1.7.3. Модификация векторного критерия	88
1.7.4. Комбинированные процедуры поддержки управления.....	90
Выводы по главе 1	93
ГЛАВА 2. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ПОЖАРА В ЗДАНИИ	95
2.1. Концепция мониторинга и прогнозирования динамики пожара	96
2.1.1. Функции мониторинга динамики пожара	96
2.1.2. Методы моделирования мониторинга динамики пожара.....	97
2.2. Модель мониторинга пожара на основе теории клеточных автоматов.....	98
2.2.1. Система уравнений динамики параметров мониторинга	101
2.2.2. Аналитические решения системы уравнений.....	104
2.3. Метод моделирования динамики параметров мониторинга пожара.....	107
2.3.1. Структура метода моделирования мониторинга пожара.....	107
2.3.2. Содержание метода моделирования мониторинга пожара	108
2.4. Метод количественной оценки результатов мониторинга пожара.....	112
2.4.1. Структура метода оценки результатов мониторинга пожара	113
2.4.2. Содержание метода оценки результатов мониторинга пожара	114

2.5. Моделирование мониторинга динамики пожара.....	119
2.5.1. Алгоритм моделирования мониторинга динамики пожара.....	119
2.5.2. Расчет мониторинга динамики пожара	121
2.6. Модель оценки состояний пожара по результатам мониторинга.....	125
2.6.1. Исходные положения и утверждения моделирования.....	125
2.6.2. Количественная оценка состояний пожара по мониторингу	129
Выводы по главе 2	132
ГЛАВА 3. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ПОЖАРА	134
3.1. Общая модель многокритериальной поддержки принятия решений.....	135
3.1.1. Формальная задача многокритериального выбора.....	135
3.1.2. Свойства многокритериальной задачи выбора.....	137
3.2. Исследование модели ранжирования управленческих решений.....	140
3.2.1. Многокритериальная постановка задачи ранжирования.....	140
3.2.2. Результаты исследования модели	141
3.3. Исследование модели теоретико-множественного анализа решений.....	146
3.3.1. Многокритериальная постановка задачи	147
3.3.2. Результаты исследования теоретико-множественной модели.....	147
3.4. Разработка метода поддержки принятия управленческих решений	156
3.4.1. Структура метода поддержки принятия управленческих решений	157
3.4.2. Содержание метода поддержки принятия управленческих решений ..	158
Выводы по главе 3	165
ГЛАВА 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ	167
4.1. Формализация задачи управления пожарными подразделениями	168
4.1.1. Системный анализ действий пожарных подразделений.....	170
4.1.2. Критерии выбора управленческих решений.....	172
4.1.3. Варианты управленческих решений.....	178
4.2. Разработка количественных шкал критериев	182
4.2.1. Количественная шкала условий видимости.....	183
4.2.2. Количественная шкала критериев движения	185
4.3. Многокритериальный анализ управленческих решений.....	190
4.3.1. Постановка многокритериальной задачи	190
4.3.2. Методика многокритериального анализа управленческих решений ...	191
4.4. Многоагентное моделирование поддержки управления	194
4.4.1. Элементы и структура многоагентной модели.....	195
4.4.2. Моделирование поддержки принятия управленческих решений.....	196
Выводы по главе 4	201
ГЛАВА 5. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ.....	202
5.1. Архитектура программно-аппаратного комплекса	203
5.1.1. Функциональная структура системы поддержки управления	203
5.1.2. Алгоритмическая структура системы поддержки управления	205
5.2. Система мониторинга и моделирования динамики пожара.....	207
5.2.1. Подсистема сбора и обработки результатов мониторинга.....	207
5.2.2. Подсистема моделирования параметров мониторинга пожара	210
5.3. Система многокритериального анализа управленческих решений.....	212
5.3.1. Структура системы многокритериального анализа	213

5.3.2. Программная реализация процедур многокритериального анализа	214
5.4. Система моделирования поддержки управления	221
5.4.1. Моделирование мониторинга динамики пожара в здании	221
5.4.2. Алгоритм многокритериального выбора вариантов решений	226
5.4.3. Моделирование действий пожарных подразделений	228
5.5. Методические рекомендации по применению системы	234
5.5.1. Способы применения системы поддержки управления	234
5.5.2. Технология применения системы при тушении пожара в здании	236
5.5.3. Технология применения системы на пожарно-тактических учениях ..	237
Выводы по главе 5	238
ГЛАВА 6. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ	
УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ.....	239
6.1. Общие положения оценки эффективности	240
6.2. Исследование эффективности системы поддержки управления	242
6.2.1. Условия экспериментального исследования.....	242
6.2.2. Количественные значения показателей эффективности.....	250
6.3. Эффективность действий пожарных подразделений	257
6.3.1. Показатель эффективности действий пожарных подразделений	257
6.3.2. Эффективность применения системы поддержки управления.....	258
6.4. Оценка противопожарной защиты зданий с применением системы.....	261
6.4.1. Структура метода оценки противопожарной защиты зданий.....	262
6.4.2. Результаты оценки эффективности применения системы.....	263
6.5. Экономическая оценка системы поддержки управления.....	270
6.5.1. Структура метода экономической оценки	270
6.5.1. Расчет экономической оценки.....	272
Выводы по главе 6	278
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	279
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	282
Приложение. Алгоритмическая структура подсистемы многокритериального анализа системы поддержки управления.....	307

ВВЕДЕНИЕ

Обстановка с пожарами в России определяет необходимость постоянного повышения уровня готовности к борьбе с ними. Подавляющее количество пожаров происходит в зданиях. Каждый год прямой ущерб от пожаров в зданиях измеряется десятками миллиардов рублей, а человеческие жертвы превышают десять тысяч человек в год.

Одним из направлений повышения эффективности борьбы с пожарами в зданиях является совершенствование управления пожарными подразделениями. Качество управления напрямую зависит от своевременного получения необходимой для принятия решений информации. Современные системы дистанционного мониторинга пожара способны обеспечить должностных лиц пожарных подразделений объективной информацией о динамике пожара в здании, однако существующие процедуры принятия решений не позволяют использовать данную информацию в процессе управления.

Таким образом, актуальность работы заключается в противоречии между характером информации, получаемой от систем дистанционного мониторинга динамики пожара, и существующими процедурами поддержки принятия управленческих решений по спасанию людей и ликвидации пожаров в зданиях.

В области управления пожарными подразделениями созданы теоретические положения, позволяющие использовать результаты математического моделирования действий пожарных подразделений по тушению пожаров для поддержки принятия решений. Существенный вклад в их разработку внесли отечественные ученые: Н.Г. Топольский, Н.Н. Брушлинский, Ю.В. Прус, С.В. Соколов, А.А. Таранцев, Е.А. Мешалкин, С.А. Качанов, С.В. Агеев, С.Н. Нехорошев, В.В. Терехнев, В.М. Климовцов, А.П. Абрамов, Ф.В. Демехин, А.Н. Членов, А.В. Федоров, Л.Т. Танклевский, И.Г. Малыгин, А.В. Матюшин, Т.А. Буцынская, А.П. Чуприян, А.А. Порошин и зарубежные ученые: P. Dollar, V. Robaud, G. Cottrell, S. Belongie, G. Doretto, R. Fablet, Ye Kim Sung и др.

Однако, теоретические и практические вопросы использования результатов мониторинга динамики пожара при управлении пожарными подразделениями в зданиях остались открытыми. Поэтому научная проблема, решаемая в монографии, заключается в разработке теоретических положений поддержки управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в зданиях, оборудованных системами дистанционного мониторинга динамики пожара. Многопараметрическая структура результатов дистанционного мониторинга динамики пожара и специфика принятия решений при управлении пожарными подразделениями, заключающаяся в одновременном решении нескольких задач пожаротушения, определяют необходимость

разработки теоретических положений поддержки управления на основе методов теории многокритериальной оптимизации.

Цель исследования – повышение эффективности управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в зданиях путем создания и использования многокритериальных моделей и методов поддержки управления на основе дистанционного мониторинга динамики пожара.

Для достижения поставленной цели необходимо решить комплекс задач.

1. Анализ специфики управления пожарными подразделениями с учетом информации о динамике пожара и результатов моделирования действий пожарных подразделений по тушению пожаров в зданиях.

2. Разработка многокритериальной модели динамики параметров пожара в здании на основе информации, получаемой от систем дистанционного мониторинга.

3. Разработка многокритериального метода поддержки принятия решений по управлению пожарными подразделениями с использованием результатов мониторинга динамики пожара в здании.

4. Моделирование задач управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в зданиях с применением разработанных многокритериальных моделей и методов поддержки управления.

5. Разработка системы информационной поддержки управления пожарными подразделениями на основе многокритериальных моделей и методов.

6. Оценка эффективности системы информационной поддержки управления пожарными подразделениями с использованием количественных показателей качества информационного обеспечения действий по тушению пожаров в зданиях и тактических возможностей пожарных подразделений.

Научная новизна монографии заключается в обосновании и создании следующих новых многокритериальных моделей и методов поддержки управления пожарными подразделениями с применением результатов мониторинга пожара в здании:

1. Модель дистанционного мониторинга динамики пожара в виде клеточного автомата, в которой изменение состояний пожара осуществляется на основе аналитических решений совокупности дифференциальных уравнений динамики параметров пожара в зависимости от времени его развития.

2. Метод поддержки принятия управленческих решений, представляющий собой парето-оптимальную процедуру многокритериального анализа вариантов действий пожарных подразделений, оцениваемых с использованием информации от систем дистанционного мониторинга пожара в здании.

3. Модель многокритериального анализа маршрутов движения участников тушения пожара в здании, учитывающая относительную важность

трех критериев: протяженность маршрута; условия видимости; степень воздействия опасных факторов пожара на пожарных.

4. Система поддержки управления пожарными подразделениями, позволяющая в едином комплексе реализовать совокупность разработанных многокритериальных моделей и методов поддержки управления на основе результатов дистанционного мониторинга динамики пожара в здании и многоагентного моделирования действий пожарных подразделений.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке моделей и методов поддержки принятия решений для повышения эффективности управления силами и средствами пожарных подразделений при тушении пожаров в зданиях, оборудованных системой дистанционного мониторинга динамики пожара.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработана система информационной поддержки управления пожарными подразделениями с применением результатов дистанционного мониторинга динамики пожара в здании в совокупности с результатами математического моделирования действий по тушению пожаров.

2. Модернизирована система дистанционного мониторинга динамики пожара в здании за счет разработки и внедрения новых устройств многопараметрического контроля факторов пожара для информационного обеспечения управления пожарными подразделениями.

3. Разработана процедура адаптивного проектирования системы дистанционного мониторинга динамики пожара в здании с учетом моделирования развития опасных факторов пожара на основе теории клеточных автоматов.

4. Разработан комплекс компьютерных обучающих программ для тренажеров по отработке действий при тушении пожаров в зданиях и сооружениях, а также для развития навыков управления пожарными подразделениями должностными лицами пожарно-спасательных гарнизонов.

5. Разработаны методические рекомендации по повышению эффективности действий подразделений пожарной охраны при ликвидации пожаров в зданиях с использованием информации от систем поддержки управления.

При решении научной проблемы использованы методы теории управления и принятия решений, системного анализа и синтеза иерархических структур управления, исследования операций, клеточных автоматов, дифференциального исчисления, многокритериальной оптимизации, теории метрических шкал измерений, а также элементов теории вероятностей и математической статистики, многоагентного моделирования.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СПЕЦИФИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ

Концепция обеспечения безопасности в Российской Федерации [69] (далее – концепция безопасности) определяет перечень угроз общественной безопасности, к одной из которых относятся пожары. Для устойчивого социально-экономического развития страны и минимизации потерь от пожаров осуществляется совершенствование информационного обеспечения служб экстренного реагирования России. Для этого в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации № 2446-р [70] разработана концепция единого информационного пространства в части, касающейся оперативного управления пожарными подразделениями, которая заключается в создании системы поддержки управления.

В действительности пожары относятся к одному из наиболее опасных деструктивных событий, возникающих при жизнедеятельности человечества. Ежегодно прямой материальный ущерб от пожаров в Российской Федерации измеряется миллиардами рублей, более десяти тысяч человек гибнут на пожарах [30, 31].

Стоит отметить, что большинство пожаров происходит в зданиях. Для своевременного обнаружения пожара в здании используются системы активной противопожарной защиты, в том числе пожарная сигнализация, позволяющая на современном этапе развития осуществлять дистанционный мониторинг динамики пожара. Результаты подобного мониторинга имеют особое значение при принятии первых решений руководителем тушения пожара. Важность этих решений определяет возможность ликвидировать пожар на начальной стадии его развития или же является основой для эффективного наращивания дополнительных пожарных подразделений.

Информация, получаемая от систем мониторинга, может существенно повысить эффективность принимаемых управленческих решений [47, 244]. Однако методов, моделей и алгоритмов использования результатов мониторинга динамики пожара в здании в процесс управления в настоящий момент не разработано. Поэтому в качестве гипотезы в монографии выдвинуто предположение, состоящее в том, что разработка моделей, методов и алгоритмов мониторинга динамики пожара в здании в совокупности с моделями действий пожарных подразделений и методами теории многокритериальной оптимизации в виде системы интеллектуальной поддержки управления повысит эффективность действий пожарных подразделений и приведет к снижению прямого материального ущерба и человеческих жертв от пожаров в зданиях.

Для доказательства данной теоретической гипотезы необходимо:

– выполнить анализ обстановки с пожарами в зданиях на территории России, включая показатели геометрических характеристик современных

зданий, количество пожаров в зданиях, в том числе крупных пожаров, а также рассмотреть динамику технической готовности систем пожарной автоматики при пожарах в зданиях;

– рассмотреть существующие направления совершенствования управленческой деятельности при тушении пожаров, уделить особое внимание вопросам создания систем поддержки управления и составляющих их подсистем сбора и обработки информации для принятия решений;

– проанализировать основные подходы к разработке процедур поддержки принятия решений, как основы для создания систем поддержки управления. Сформулировать основные тенденции развития теории поддержки управления и рассмотреть их математическую основу, включая понятия оптимальности по Парето;

– сформулировать задачи исследования, комплексное решение которых позволит решить научную проблему, заключающуюся в противоречии между характером информации о динамике пожара в здании, получаемой от систем пожарного мониторинга, и существующими формализованными процедурами принятия управленческих решений по спасанию людей и ликвидации пожаров в зданиях.

1.1. Статистический анализ обстановки с пожарами в зданиях

В настоящее время решение задачи, состоящей в поиске очага пожара в здании, носит вероятностный характер. Так, в соответствии с общепринятой методикой, опубликованной в работе [128], вероятность обнаружения очага пожара или пострадавшего человека, находящегося без движения, с использованием звеньев газодымозащитной службы пожарно-спасательных подразделений зависит от площади зоны поиска в здании.

1.1.1. Анализ средней площади зданий

Развитие внутренних объемно-планировочных решений современных зданий определяет тенденцию увеличения их общей строительной площади, а также общего строительного объема. В таблице 1.1 представлены данные о реализации строительства зданий и введении их в эксплуатацию в Российской Федерации за период 2001-2015 гг. Общая площадь здания определяется как сумма площадей всех этажей здания (включая технические, мансардные, цокольные и подвальные), измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, а также площадей балконов и лоджий. Площади помещений определяются по их размерам, измеряемым между отделанными поверхностями стен и перегородок в уровне пола.

Динамика абсолютных показателей строительства в Российской Федерации за период 2001-2015 гг.

Параметры	Число зданий														
	Общая строительная площадь, млн. м ²														
год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
введено в действие зданий - всего	124976	130789	132494	132014	141618	159033	209893	224635	233319	216541	227111	241343	258121	304194	306391
	47,6	49,6	53,7	60	66,3	75,6	98,1	102,5	95,1	91,5	98,9	110,1	117,8	138,6	139,4
<i>в том числе:</i>															
Жилого назначения	114358	119727	119759	121346	131043	148721	194612	208888	217253	201758	211182	223002	239086	282956	286129
	38,2	40,5	43,4	49,3	54,8	62,3	74,5	79,2	72,5	70,3	77,2	82	87,1	104,4	106,2
Нежилого назначения	10618	11062	12735	10668	10575	10312	15281	15747	16066	14783	15929	18341	19035	21238	20262
	9,4	9,1	10,3	10,7	11,5	13,3	23,6	23,3	22,6	21,2	21,6	28,1	30,7	34,2	33,2
<i>из них:</i>															
Промышленный	2857	2792	4494	2285	2211	1951	2600	3005	3081	2688	2722	3097	2970	3364	3145
	3	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5	3,7	4,1	4,1	4,3	3,4	4,5	4,2	5,2	4,8
Сельскохозяйственные	1202	974	726	746	666	1094	1668	1939	2253	1811	1928	2828	2127	2337	2494
	1	1	0,8	0,8	0,8	1,5	2,7	3,3	3,7	3,3	3,4	5,1	4,4	4,6	5,1
Коммерческие	2369	2867	3260	3742	3801	3701	5528	5482	5405	5974	6128	7391	8332	9237	8419
	1,1	1,5	2,3	2,9	3,5	3,9	9,4	8	7,7	6,9	7,7	9,7	11,7	14,5	13,7
Административные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800	968	1135	1234	1362	1257
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,7	2,1	2,2	2,5	2,1
Учебные	601	922	503	527	447	544	650	581	585	526	702	662	909	1132	1228
	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	2,1	2	1,8	1,8	2,2	2,9	3,3	3,9	4,5
Системы здравоохранения	652	618	527	621	540	573	706	625	655	698	730	521	667	662	765
	1	1,1	1	1,1	1	1,3	1,2	1,2	1	1,4	1,3	1,1	1,3	0,8	0,9
Другие	2937	2889	3225	2747	2910	2449	4129	4115	4087	3886	3719	3842	4030	4506	4211
	1,9	1,7	2,2	2,1	2,4	2,7	4,5	4,7	4,3	3,5	3,6	4,8	5,8	5,2	4,2

Анализируемые показатели, а именно: число зданий, введенных в эксплуатацию в год, общая строительная площадь всех зданий, введенных в эксплуатацию за год, будем считать абсолютными показателями результатов строительства в Российской Федерации.

Анализ динамики абсолютных показателей строительства за период 2001-2015 гг. представлен на рисунках 1.1 и 1.2.

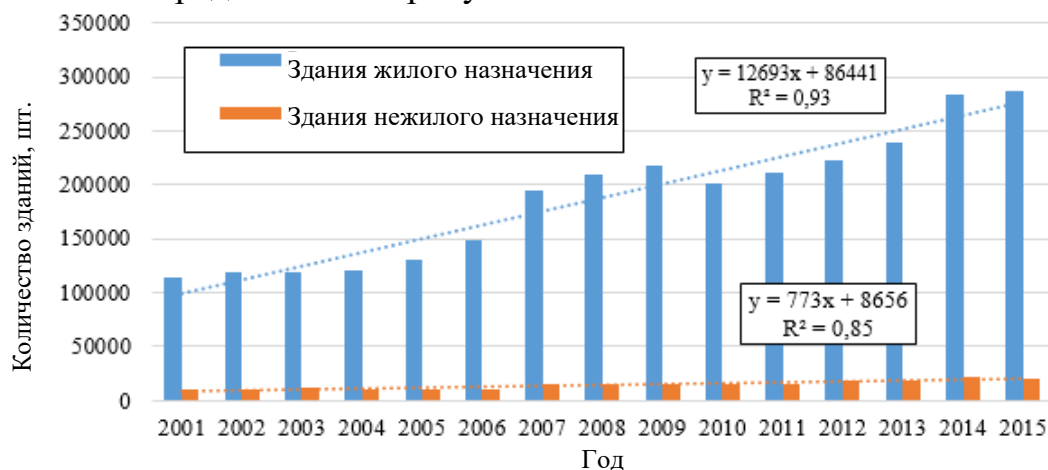


Рис. 1.1. Количество зданий, введенных в эксплуатацию по годам

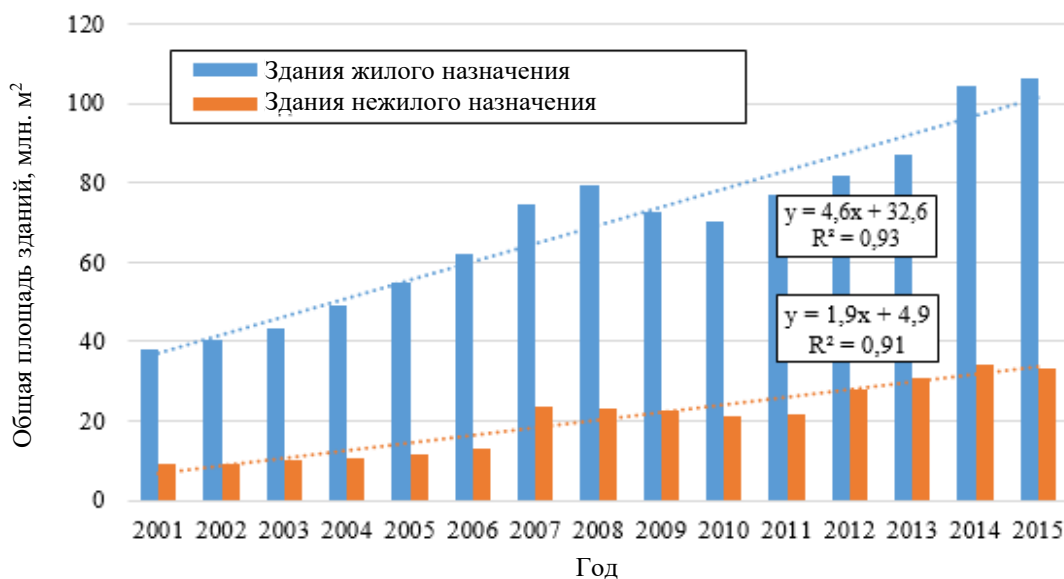


Рис. 1.2. Общая строительная площадь зданий

Анализируя данные, можно сделать вывод: используя математическую модель на основе линейной регрессии, с достаточной для объективного вывода точностью можно утверждать, что наблюдается общая тенденция увеличения количества зданий, ежегодно вводимых в эксплуатацию. Причем для зданий жилого назначения в среднем на территории Российской Федерации вводится в эксплуатацию 12600 зданий в год, в свою очередь для зданий нежилого назначения эта цифра гораздо скромнее и составляет 773

здания в год. Анализ данных, представленных на рисунке 1.2, свидетельствует о том, что ежегодно вводится в эксплуатацию более чем 4,6 млн м² строительной площади жилых зданий и более чем 1,9 млн м² строительной площади нежилых зданий.

Рассмотрим относительный показатель результатов строительства на территории России: средняя общая площадь одного здания, представляющая собой отношение общей площади всех зданий определенной группы введенных в эксплуатацию к общему количеству зданий, введенных в эксплуатацию для данной группы.

Результаты анализа относительного показателя – средней площади одного здания, введенного в эксплуатацию в конкретном году за период 2001-2015 гг., представлены на рисунке 1.3.

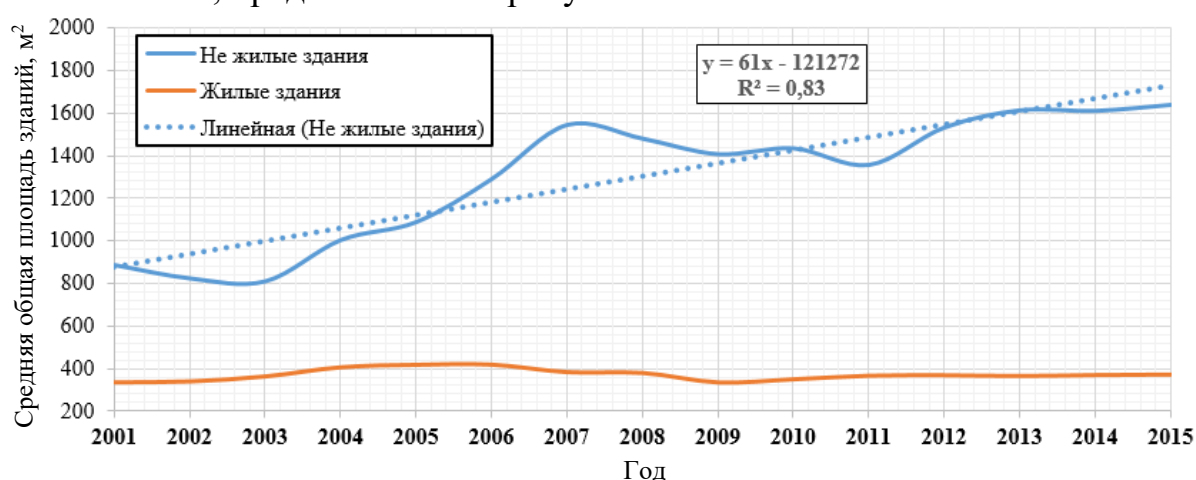


Рис. 1.3. Средняя общая площадь одного здания

Вывод: для зданий жилого назначения изменения относительного показателя результатов строительства незначительны, то есть средняя площадь одного жилого здания за последние 15 лет практически не изменилась и находится в пределах от 340 до 420 м². Противоположная статистическая картина наблюдается для зданий нежилого назначения, где средняя общая строительная площадь одного здания увеличилась вдвое: с 885 м² (2001 г.) до 1 640 м² (2015 г.). При этом для зданий нежилого назначения имеются основания утверждать, что средняя общая площадь одного здания в данной группе неизменно растет и ежегодно увеличивается в среднем на 61 м². В свою очередь процентное увеличение общей площади здания составляет 6-10 % по сравнению с прошлогодним значением, например, по данным на 2004 и 2005 гг.

Тенденция увеличения общей площади зданий приводит к существенному снижению возможности своевременно обнаружить очаг пожара или пострадавшего человека при ведении разведки пожара с использованием сил и средств пожарно-спасательных подразделений, а следовательно, определяет повышение ущерба от пожаров в зданиях. Для подтверждения

данного вывода проведем анализ показателей ущерба от пожаров в зданиях за аналогичный период 2001-2015 гг.

1.1.2. Анализ количества пожаров в зданиях и ущерба от них

Предположение, состоящее в том, что увеличение общей площади зданий, не предназначенных для постоянного проживания людей, приводит к повышению ущерба от пожаров, требует обоснования. Для подтверждения данного вывода проведен анализ показателей ущерба от пожаров в зданиях за период 2001-2015 гг. В таблице 1.2 представлены обобщенные показатели обстановки с пожарами в зданиях. Результаты анализа количества пожаров в жилых зданиях и зданиях другого функционального назначения за период 2001-2015 гг. представлены на рисунке 1.4, данные об ущербе от пожаров в зданиях за аналогичный период – на рисунке 1.5.

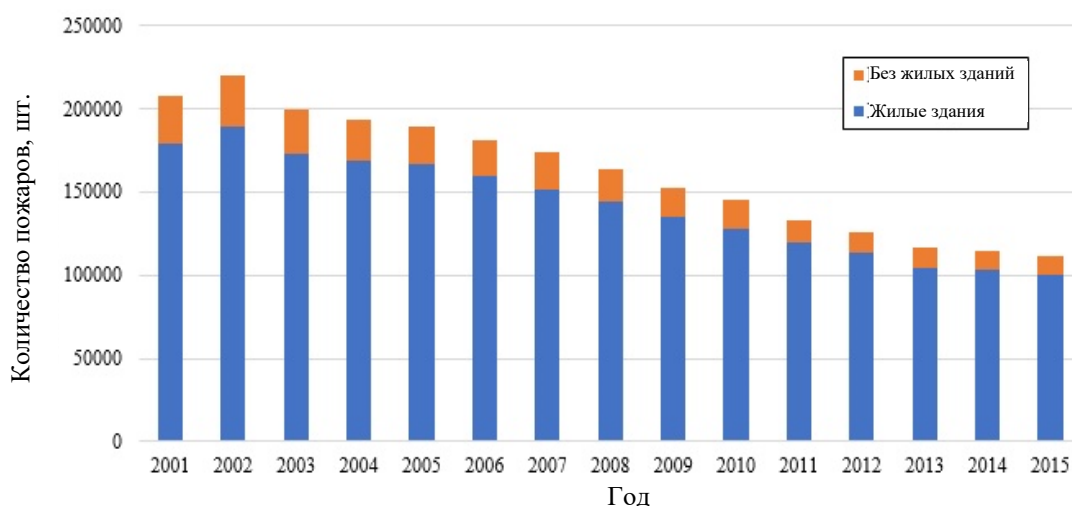


Рис. 1.4. Динамика количества пожаров в зданиях

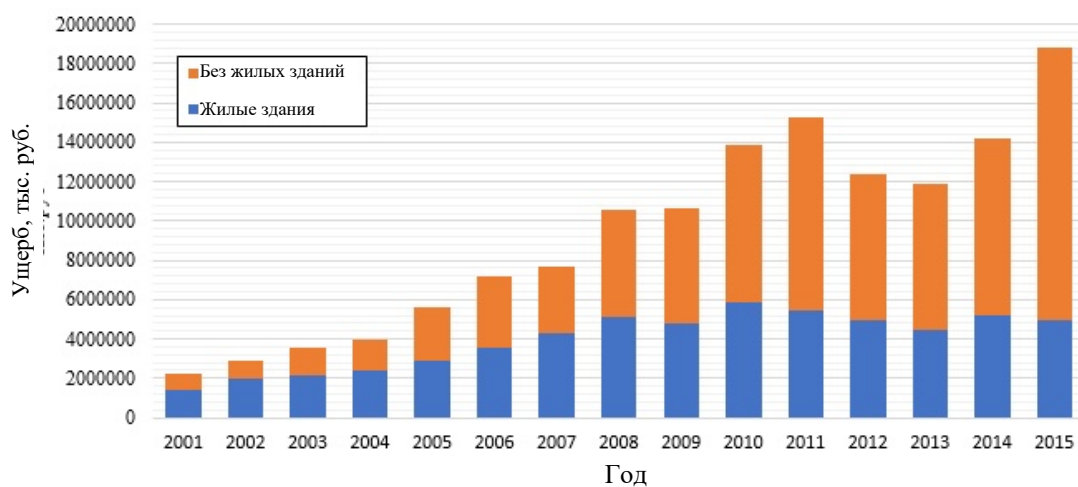


Рис. 1.5. Динамика ущерба от пожаров в зданиях

Таблица 1.2

Показатели обстановки с пожарами в зданиях в Российской Федерации

N	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	12278	12413	10779	10390	9360	8619	8043	7232	5863	5752	3814	3459	3137	3099	2930
	313360	235491	672737	701832	1655287	1953577	1011868	2799248	2436297	4392062	2204592	2337422	924216	1244516	2868191
	578	584	556	507	428	421	386	365	222	215	159	142	95	113	95
2	7426	7964	7698	7258	7046	6720	6373	5687	4983	4966	4080	3831	3568	3212	3037
	340578	375559	467094	505621	774197	1213951	1089729	1191163	1162015	1105351	1312132	1523165	2206907	2371965	2718646
	114	82	93	80	90	77	43	56	37	30	29	17	18	16	32
3	1263	1372	1074	937	694	572	577	431	353	309	348	333	270	228	290
	18710	28313	28714	30431	25984	53173	26206	25005	16289	45134	25023	59617	39023	56337	125222
	32	12	61	17	11	6	12	5	4	1	3	1	4	1	2
4	575	652	472	344	311	230	209	155	89	72	348	333	270	228	290
	3955	6266	4239	4946	4195	3958	5828	3758	3656	10640	25023	59617	39023	56337	125222
	8	9	9	7	3	6	2	2	0	0	3	1	4	1	2
5	749	860	688	653	616	594	447	398	377	359	376	323	305	266	262
	24027	64414	23989	49053	31654	41576	43299	116051	57203	52640	40089	99333	54747	83035	95714
	6	16	13	9	7	8	13	4	102	3	5	1	1	1	1
6	901	883	738	674	606	475	446	362	355	313	251	217	223	192	171
	16244	13494	12979	11366	14625	16711	27121	28032	48186	27885	22574	29821	39202	34741	29401
	45	50	21	30	45	74	122	12	30	17	7	3	83	9	26
7	2810	2762	2576	2550	2484	2364	2260	2024	2329	2089	1101	969	938	880	910
	47201	70130	104939	184925	135503	206594	166729	222722	248610	463433	201333	47883	189756	408119	352962
	62	68	55	48	55	45	66	37	96	57	18	12	14	20	11
8	179253	189679	173250	168439	166362	159191	151758	143775	134904	128040	119336	113250	104592	103579	100498
	1390798	2015327	2136491	2408926	2877395	3565061	4312394	5135248	4801714	5845663	5450893	4933670	4450833	5214726	4939457
	16399	18039	17393	16896	16614	15365	14204	13731	12637	12081	11049	10740	9659	9339	8515

Окончание табл. 1.2

№	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
9	104799	107296	99887	96696	94777	90478	85412	81733	74739	72663	66930	64204	58867	57724	55132
	831924	1189934	1240346	1444530	1722536	2181721	2605756	3187255	2876633	3723476	3477132	3025181	2880661	3323648	3135179
	13973	15307	14950	14350	14182	13057	12077	11586	10745	10284	9406	9167	8234	7869	7065
10	2755	3076	2380	2141	2126	1952	1677	1487	933	884	776	680	694	617	552
	81371	117599	100265	88414	122989	125872	120392	163776	105376	151343	204378	316727	483056	593424	2129714
	90	74	96	65	60	57	68	41	35	28	24	22	22	14	8
11	1214	1190	1102	991	938	937	1084	995	1152	1058	1002	952	978	976	977
	16941	23896	26011	16230	91067	46722	155029	61036	92384	192251	239666	101873	283359	158916	153099
	50	58	59	63	35	53	63	47	56	41	52	38	38	29	40
12	1650	1593	1564	1515	1470	1424	1413	1366	1338	1274	1145	1095	1098	927	896
	8157	24192	15010	1030768	15863	32650	35917	370380	132735	114390	76007	201289	236681	1202446	314255
	42	62	60	62	71	64	68	56	63	63	64	62	63	57	38

Примечание: 1 – здание производственного назначения; 2 – здание торгового предприятия; 3 – здание образовательного учреждения; 4 – здание детского учреждения; 5 – здание культурно-зрелищного учреждения; 6 – здание лечебно-профилактического учреждения; 7 – здание административно-общественного учреждения; 8 – здание жилого сектора; 9 – жилой дом; 10 – здание сельскохозяйственного назначения; 11 – строящееся здание; 12 – сооружение, установка. Показатели в таблице 1.2: количество пожаров, ед; прямой материальный ущерб, тыс. руб.; погибло человек, чел.

При первичном графическом анализе количества пожаров, происходящих в зданиях, и ущерба от них очевидно, что преобладающее число пожаров возникает в жилых зданиях. Количество вводимых в эксплуатацию задний жилого назначения в 15 раз превышает число зданий, вводимых в эксплуатацию в России с другим функциональным назначением.

Так, за рассматриваемый период анализа 2001–2015 гг. в жилых зданиях произошло 2 135 906 пожаров, в свою очередь во всех остальных зданиях – 291 940 пожаров, то есть число пожаров в жилых зданиях в 7,3 раза больше числа пожаров во всех остальных зданиях. При этом ущерб, нанесенный пожарами в жилых зданиях, составил 60 млрд руб., а ущерб от пожаров, произошедших в нежилых зданиях – 81 млрд руб. Общий ущерб от пожаров в жилых зданиях за период 2001–2015 гг. в 1,4 раза меньше, чем в зданиях другого функционального назначения. В свою очередь средний ущерб от одного пожара в жилом здании составляет 28 тыс. руб. и 280 тыс. руб. в нежилых зданиях, что в 10 раз больше.

1.1.3. Количество крупных пожаров в зданиях

Под крупным пожаром понимаем пожар, ущерб от которого превысил критическое значение, устанавливаемое уполномоченными органами учета и анализа числа пожаров и ущерба от них. Обобщенные показатели обстановки с крупными пожарами в зданиях на территории России представлены в таблице 1.3.

Стоит отметить, что количество крупных пожаров с точки зрения ущерба от них невелико и находится в пределах 100–200 пожаров в год. Однако, средняя «стоимость» одного крупного пожара в здании изменяется динамично. В 2001 г. минимальная «стоимость» крупного пожара составляла всего 342 тыс. руб., а в 2015 году уже более чем 20 млн руб., то есть данная характеристика претерпела масштабные изменения, оцениваемые несколькими десятками порядков ее значений. Конечно, на данную экономическую ситуацию влияют в основном социально-экономические факторы развития России, однако фактор увеличения общей площади зданий, а соответственно, и увеличение общей стоимости материальных ценностей, расположенных на данной площади, также немаловажен. На рисунке 1.6 показана динамика количества крупных пожаров в жилых зданиях и зданиях другого функционального назначения, на рисунке 1.7 – показатели ущерба от крупных пожаров в зданиях.

Показатели крупных пожаров в России в зданиях различного функционального назначения

N	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1.	34	46	27	23	20	24	20	20	19	28	20	17	6	12	15
	187845	75310	487444	481457	1374912	1597731	597153	2200599	1725577	3564196	1774111	1960456	426463	749252	2356614
2.	33	73	33	31	25	31	28	13	6	7	15	13	12	11	13
	186128	173392	203976	168940	358191	704769	464089	484636	470354	254560	646792	787457	1471025	1706766	2129306
3.	6	4	2	2	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
	5114	12464	9724	6942	10874	27576	0	0	0	15455	0	27050	0	0	98717
4.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27050	0	0	98717
5.	8	5	1	3	1	1	1	2	1	0	0	2	1	0	1
	9511	44503	4430	23059	5500	3221	11498	80232	17960	0	0	70472	20000	0	65300
6.	3	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	6674	2169	0	0	0	0	8619	0	17000	0	0	0	0	0	0
7.	5	19	6	8	5	4	4	5	1	6	2	5	2	4	4
	4830	20658	42676	100584	49736	82996	37434	57918	20327	252313	40956	336922	60200	283088	204630
8.	44	103	12	7	17	12	17	7	1	7	10	7	5	7	5
	40975	125381	84088	27850	83503	86138	129080	77848	18000	379061	267669	521721	176782	344320	138700
9.	24	63	9	4	11	9	11	5	1	5	9	4	3	5	5
	22610	87413	25268	13195	49134	75376	54381	57861	18000	342117	247749	206124	104627	178369	138700
10.	11	22	3	1	2	1	1	0	0	1	0	3	3	4	7
	10367	23621	17209	2937	8311	4236	4394	0	0	25361	0	183367	267633	484967	1951200
11.	2	8	4	0	4	1	3	2	0	2	1	1	2	1	2
	5568	9905	9806	0	59423	12100	112353	17878	0	76365	140152	18610	140202	40520	66533
12.	1	6	1	3	0	1	0	3	1	1	1	3	2	4	2
	1555	15612	2201	1015634	0	4700	0	322201	94025	74537	15870	123825	170862	1111763	252167

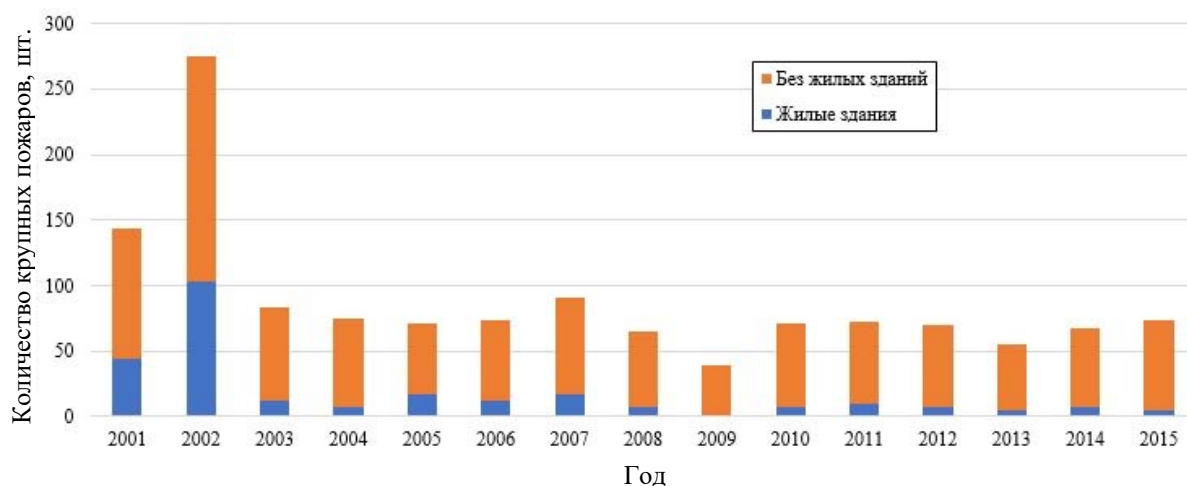


Рис. 1.6. Динамика количества крупных пожаров в зданиях

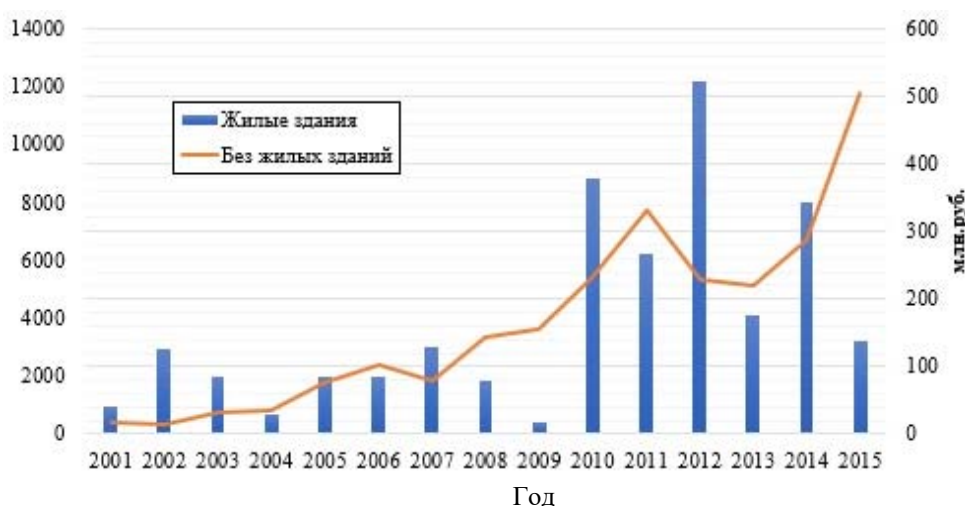


Рис. 1.7. Динамика ущерба от крупных пожаров в зданиях

Анализируя данные на рисунках 1.6 и 1.7, можно сделать вывод о том, что за рассматриваемый период в жилых зданиях произошел 261 крупный пожар общим ущербом 2,5 млрд руб., а средний ущерб от одного крупного пожара в жилом здании составляет 9,6 млн руб. Во всех остальных зданиях произошло 1 067 крупных пожаров, общий ущерб от которых составил 57,4 млрд руб., средний ущерб от одного крупного пожара – 53,8 млн руб., то есть количество крупных пожаров в жилых зданиях в 4 раза меньше, чем во всех остальных зданиях. При этом ущерб от крупных пожаров в жилых зданиях в 23 раза меньше, чем ущерб от крупных пожаров в зданиях другого функционального назначения.

Проведен анализ структуры ущерба от пожаров зданиях, динамика которой представлена на рисунках 1.8 и 1.9.

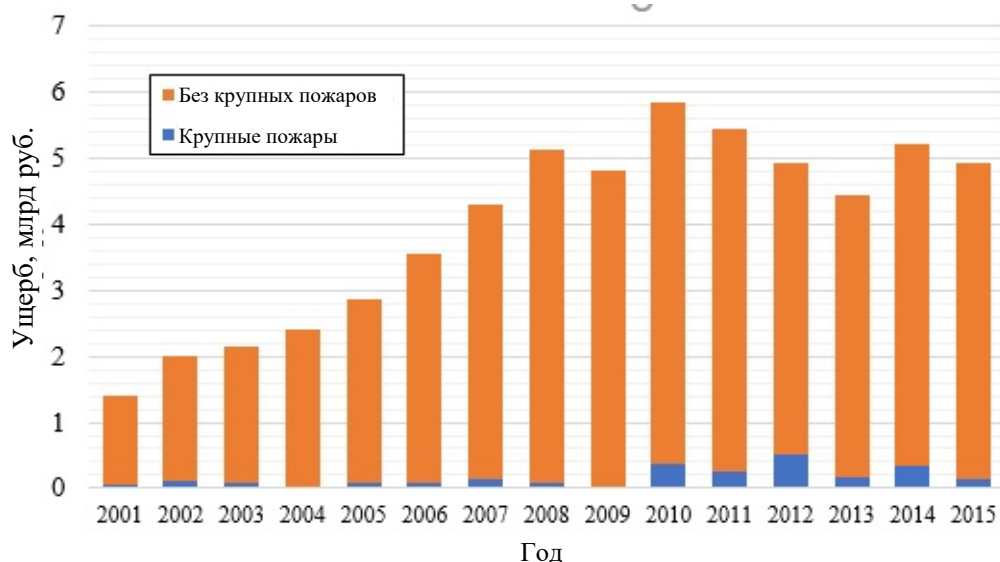


Рис. 1.8. Структура ущерба от пожаров в жилых зданиях



Рис. 1.9. Структура ущерба от пожаров в нежилых зданиях

Результаты анализа показали, что в зданиях жилого назначения доля ущерба от крупных пожаров пренебрежимо мала в сравнении с долей ущерба без учета крупных пожаров. Обратную картину можно наблюдать для зданий другого функционального назначения, здесь доля ущерба от крупных пожаров является определяющей, то есть в зданиях различного функционального назначения (за исключением жилых зданий) прямой материальный ущерб от крупных пожаров является определяющим фактором, иллюстрирующим общую экономическую обстановку с пожарами на территории Российской Федерации.

1.1.4. Классификация зданий по ущербу от крупных пожаров

Для дальнейшего решения задач необходимо провести группировку зданий по специфике наносимого ущерба от крупных пожаров. Анализируя статистические аспекты ущерба от пожаров и крупных пожаров в жилых зданиях и зданиях другого назначения, необходимо произвести их статистический анализ с целью группировки.

Для группировки зданий воспользуемся двухвыборочным критерием Стьюдента (t -критерий) для независимых выборок. В качестве допущения для возможности применения t -критерия примем, что значения количества пожаров для различных видов зданий независимы и подчиняются нормальному закону распределения. Тогда значения t -критерия между двумя различными выборками будет определяться по формуле:

$$t_{ij} = \frac{X_i - X_j}{\sqrt{(S_i / n_i)^2 + (S_j / n_j)^2}}$$

где X_i и X_j – средние значения (математические ожидания) для i -ой и j -ой выборок; S_i и S_j – дисперсии; n_i и n_j – количество элементов в i -ой и j -ой выборках.

Еще одним ограничением для применения t -критерия с целью проверки гипотезы о равенстве средних является требование равенства дисперсий, однако, в случае применения t -критерия для группировки средних, то есть поиска близких между собой значений при заданном уровне значимости, данное ограничение учитываться не будет.

При условии, что уровень значимости $\alpha = 0,1$ и количество степеней свободы $s = N - 2 = 30 - 2 = 28$ зададим требуемое значение t -критерия равное $t_p = 1,7$. Итак, в случае если $t_{ij} \leq t_p$, будем считать средние значения показателей i -ой и j -ой выборок близкими друг к другу и в дальнейшем будем относить их к одной группе, в противном случае ($t_{ij} > t_p$) – нет.

Для применения данного способа анализа специфики возникновения крупных пожаров в здании и ущерба от крупных пожаров упорядочим здания в соответствии с возрастанием среднего значения частоты возникновения крупных пожаров и среднего значения нанесенного ущерба (млрд. руб.).

В таблице 1.4 представлены данные по количеству крупных пожаров, произошедших в зданиях за период с 2001 по 2015 гг.

В таблице 1.4 в последней и предпоследней строках представлены средние значения (X) для выборок и их стандартные отклонения (σ).

Количество крупных пожаров в зданиях за год

	Здания торгового предприятия	Здания производственного назначения	Складские здания	Здания административно-общественного учреждения	Здания сельскохозяйственного назначения	Здания культурно-зрелищного учреждения	Здания сервисного обслуживания населения	Здания образовательного учреждения	Здания лечебно-профилактического учреждения	Здания детского учреждения
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2001	33	34	-	5	11	8	-	6	3	0
2002	73	46	-	19	22	5	-	4	3	0
2003	33	27	-	6	3	1	-	2	0	0
2004	31	23	-	8	1	3	-	2	0	0
2005	25	20	-	5	2	1	-	1	0	0
2006	31	24	-	4	1	1	-	1	0	0
2007	28	20	19	4	1	1	0	0	1	0
2008	13	20	16	5	0	2	2	0	0	0
2009	6	19	9	1	0	1	1	0	1	0
2010	7	28	20	6	1	0	1	1	0	0
2011	15	20	21	2	0	0	4	0	0	0
2012	13	17	20	5	3	2	1	1	0	1
2013	12	6	24	2	3	1	2	0	0	0
2014	11	12	28	4	4	0	2	0	0	0
2015	13	15	25	4	7	1	2	1	0	1
<i>X</i>	21,6	20,8	18,5	5,3	4,0	2,1	2,2	1,7	1,1	0,8
<i>σ</i>	17,3	10,4	7,5	4,0	5,6	2,3	2,0	2,4	2,4	2,5

Покажем расчет значения t -критерия на примере зданий складского назначения ($i = 3$) и зданий сельскохозяйственного назначения ($j = 4$). Средние значения для рассматриваемых выборок равны соответственно $X_3 = 18,5$ и $X_4 = 5,3$, стандартные отклонения $\sigma_3 = 7,5$ и $\sigma_4 = 4,0$, тогда значение t -критерия определяется по формуле

$$t_{34} = \frac{X_3 - X_4}{\sqrt{\frac{S_3^2}{n_3} + \frac{S_4^2}{n_4}}} = \frac{18,5 - 5,3}{\sqrt{\frac{56,25}{9} + \frac{16}{15}}} = 4,87.$$

Так как $t_{34} > t_p \rightarrow 4,87 > 1,7$, значит предположение о равенстве средних значений для выборок с номерами 3 и 4 отвергаем.

Значения t -критерия для выборок по количеству крупных пожаров в год для зданий различного назначения представлены в таблице 1.5. В таблице 1.5 представлены средние значения t -критерия: знаком «+» иллюстрируется принятие гипотезы о равенстве средних значений для соответствующих выборок; знаком «-» – отклонение данной гипотезы. Изменением цветовой палитры в ячейках обозначаем объединения в группы номеров соответствующих видов зданий.

Таблица 1.5

Результаты анализа крупных пожаров

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	0,14	0,63	3,56	3,74	4,33	4,31	4,41	4,55	4,62
2	0,14	0,00	0,58	4,30	4,48	5,34	5,32	5,44	5,62	5,70
3	0,63	0,58	0,00	4,87	5,00	6,37	6,36	6,51	6,75	6,85
4	3,56	4,30	4,87	0,00	0,70	2,65	2,62	2,95	3,47	3,67
5	3,74	4,48	5,00	0,70	0,00	1,23	1,17	1,47	1,87	2,05
6	4,33	5,34	6,37	2,65	1,23	0,00	0,17	0,44	1,17	1,49
7	4,31	5,32	6,36	2,62	1,17	0,17	0,00	0,57	1,27	1,57
8	4,41	5,44	6,51	2,95	1,47	0,44	0,57	0,00	0,73	0,35
9	4,55	5,62	6,75	3,47	1,87	1,17	1,27	0,73	0,00	0,35
10	4,62	5,70	6,85	3,67	2,05	1,49	1,57	1,06	0,35	0
x	3,03	3,69	4,39	2,88	2,17	2,32	2,34	2,36	2,58	2,67
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
2	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
3	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
5	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
6	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
7	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
8	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
9	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
10	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+

По полученной совокупности значений t -критерия можно выделить четыре группы: группа 1: здания торгового предприятия, здания производственного назначения, складские здания; группа 2: здания административно-общественного учреждения, здания сельскохозяйственного назначения; группа 3: здания сельскохозяйственного назначения, здания культурно-зрелищного учреждения, здания сервисного обслуживания населения,

здания образовательного учреждения; группа 4: здания культурно-зрелищного учреждения, здания сервисного обслуживания населения, здания образовательного учреждения, здания лечебно-профилактического учреждения, здания детского учреждения.

В таблицах 1.6 и 1.7 представлены данные ущерба от крупных пожаров и результаты его анализа.

Таблица 1.6

Ущерб от крупных пожаров (млрд.руб·год⁻¹)

	Складские здания	Здания производственного назначения	Здания торгового предприятия	Здания сельскохозяйственного назначения	Здания административно-общественного учреждения	Здания сервисного обслуживания населения	Здания культурно-зрелищного учреждения	Здания образовательного учреждения	Здания детского учреждения	Здания лечебно-профилактического учреждения
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2001	-	0,188	0,186	0,010	0,005	-	0,010	0,005	0,000	0,007
2002	-	0,075	0,173	0,024	0,021	-	0,045	0,012	0,000	0,002
2003	-	0,487	0,204	0,017	0,043	-	0,004	0,010	0,000	0,000
2004	-	0,481	0,169	0,003	0,101	-	0,023	0,007	0,000	0,000
2005	-	1,375	0,358	0,008	0,050	-	0,006	0,011	0,000	0,000
2006	-	1,598	0,705	0,004	0,083	-	0,003	0,028	0,000	0,000
2007	0,686	0,597	0,464	0,004	0,037	0,000	0,011	0,000	0,000	0,009
2008	0,498	2,201	0,485	0,000	0,058	0,040	0,080	0,000	0,000	0,000
2009	1,337	1,726	0,470	0,000	0,020	0,019	0,018	0,000	0,000	0,017
2010	1,262	3,564	0,255	0,025	0,252	0,018	0,000	0,015	0,000	0,000
2011	5,032	1,774	0,647	0,000	0,041	0,244	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	1,897	1,960	0,787	0,183	0,337	0,073	0,070	0,027	0,027	0,000
2013	2,850	0,426	1,471	0,268	0,060	0,043	0,020	0,000	0,000	0,000
2014	3,389	0,749	1,707	0,485	0,283	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000
2015	4,799	2,357	2,129	1,951	0,205	0,054	0,065	0,099	0,099	0,000
X	2,3	1,3	0,8	0,4	0,4	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6
σ	1,7	1,0	0,8	1,1	1,2	1,9	1,7	2,0	2,2	2,5

Таблица 1.7

Результаты анализа ущерба от крупных пожаров

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	1,87	3,02	3,60	3,49	2,50	2,92	2,63	2,36	2,13
2	1,87	0,00	1,35	2,15	2,07	1,19	1,60	1,37	1,17	1,00
3	3,02	1,35	0,00	1,00	0,98	0,30	0,69	0,53	0,40	0,28
4	3,60	2,15	1,00	0,00	0,06	0,39	0,04	0,13	0,21	0,27
5	3,49	2,07	0,98	0,06	0,00	0,42	0,09	0,17	0,24	0,30
6	2,50	1,19	0,30	0,39	0,42	0,00	0,30	0,20	0,11	0,04
7	2,92	1,60	0,69	0,04	0,09	0,30	0,00	0,07	0,13	0,19
8	2,63	1,37	0,53	0,13	0,17	0,20	0,07	0,00	0,07	0,14
9	2,36	1,17	0,40	0,21	0,24	0,11	0,13	0,07	0,00	0,07
10	2,13	1,00	0,28	0,27	0,30	0,04	0,19	0,14	0,07	0
сред- нее	2,45	1,38	0,86	0,79	0,78	0,55	0,60	0,53	0,48	0,44
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+
3	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
5	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
6	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+

В результате анализа ущерба от крупных пожаров в год на основе *t*-критерия представляется возможным распределить здания по трем основным группам: группа I: складские здания; группа II: здания производственного назначения; группа III: здания торгового предприятия; здания административно-общественного учреждения; здания сервисного обслуживания населения; здания культурно-зрелищного учреждения; здания образовательного учреждения; здания детского учреждения; здания лечебно-профилактического учреждения. здания сельскохозяйственного назначения.

Анализ показателей обстановки с пожарами в зданиях

Для характеристики опасности от крупных пожаров в зданиях в общей концепции управления принято основываться на систему абсолютных и относительных показателей. Абсолютные показатели характеризуют опасность на стратегическом уровне, то есть оценивая опасность в общем числе

возникающих пожаров, относительные показатели характеризуют опасность на тактическом уровне, рассматривая средние показатели опасности отнесенные к общему числу пожаров, то есть оценивая опасность отдельно взятого пожара в здании.

При формировании системы абсолютных и относительных показателей опасности от крупных пожаров для здания будем исходить из следующих соображений: в системе обеспечения безопасности от крупных пожаров существует объект обеспечения безопасности – здания, находящиеся в нем люди и материальные ценности, субъект обеспечения безопасности – участники тушения пожара, в результате действий которых пожар может быть ликвидирован на начальной стадии развития. Тогда целью субъекта управления является уменьшение потенциального ущерба, наносимого объекту защиты за счет снижения потенциальной гибели и травмирования людей в зданиях и потенциального значения ущерба от развития пожара до крупных размеров. Воздействие субъекта управления на объект достигается путем реализации комплекса оперативно-тактических действий, которые участники тушения пожара проводят в условиях опасности для собственной жизни и здоровья. Следовательно, система количественных показателей должна характеризовать следующие качественные свойства воздействия субъекта управления на объект:

- гибель людей от воздействия на них опасных факторов пожара в здании;
- гибель и травмирование пожарных при реализации комплекса оперативно-тактических действий по тушению пожара в здании;
- степень нанесенного ущерба материальным ценностям, которую определяет масштаб пожара в здании.

При формировании количественных показателей опасности от крупных пожаров и подсчете их значений необходимо ввести периоды анализа. Микропериод анализа это календарный год. Данный выбор обосновывается минимальным периодом значения показателей опасности в статистической базе данных. В свою очередь макропериоды анализа это десятки лет, за которые происходит необходимое для качественной оценки опасности количество значений показателей опасности. Будем считать локальными значениями показателей опасности от крупных пожаров в зданиях значения показателей за микропериод анализа, тогда интегральными показателями опасности будем считать значения показателей опасности за макропериод анализа.

При переходе от качества к количеству для характеристики опасности от крупных пожаров в зданиях на стратегическом уровне с точки зрения процессов пожаротушения необходимо рассматривать следующие абсолютные локальные показатели:

p_1 – ущерб от пожаров в здании, млрд. руб. · год⁻¹;

Π_2 – количество погибших человек при пожарах в здании, чел.·год⁻¹;
 Π_3 – количество погибших пожарных на пожарах в здании, чел.·год⁻¹;
 Π_4 – количество травмированных пожарных на пожарах в здании, чел.·год⁻¹;
 Π_5 – количество крупных пожаров в здании, пож.·год⁻¹;
 Π_6 – ущерб от крупных пожаров, млрд. руб.·год⁻¹

Стоит отметить, что крупные пожары в сравнении с общим количеством пожаров редкие деструктивные события, но трагичные по последствиям. Соответственно, сопутствующая крупным пожарам гибель и травмирование пожарных также события редкие, поэтому реальную картину опасности можно получить только анализируя интегральные значения локальных показателей, которые рассчитываются за макропериод анализа и определяются по формуле:

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^n \Pi_{ij}, i=1, 2, \dots, 6; j = 1, \dots, n .$$

Интегральные показатели опасности с номерами $i=1, 2, 3, 4, 5$ рассчитываются по формуле:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_{ij}}{\sum_{j=1}^n k_j} = \frac{\Pi_i}{K} .$$

Интегральный показатель опасности «средний ущерб от одного крупного пожара в здании» определяется по формуле:

$$P_6 = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_{6j}}{\sum_{j=1}^n \Pi_{5j}} = \frac{\Pi_6}{\Pi_5} .$$

Для оценки количественных значений абсолютных и относительных интегральных показателей опасности сгруппированы статистические данные о наблюдении за динамикой локальных показателей опасности за макропериод с 2006 по 2015 гг.

Исходные данные для анализа значений показатели опасности от крупных пожаров в зданиях представлены в таблице 1.8.

Показатели опасности от крупных пожаров в зданиях за период с 2006 по 2015 гг.

	Показатели	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Итого
		j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	
Производственные здания	Количество пожаров	8619	8043	7232	5863	5752	3814	3459	3137	3099	2930	51948
	Ущерб, тыс.руб	1953577	1011868	2799248	2436297	4392062	2204592	2337422	924216	1244516	2868191	22171989
	Количество погибших	421	386	365	222	215	159	142	95	113	95	2213
	Погибло пожарных	1	2	0	0	1	1	0	2	0	0	7
	Травмировано пожарных	10	20	16	14	3	8	10	1	6	1	89
	Кол-во крупных пожаров	24	20	20	19	28	20	17	6	12	15	181
Здания назначения складского	Ущерб от крупных пожаров, тыс руб	1597731	597153	2200599	1725577	3564196	1774111	1960456	426463	749252	2356614	16952152
	Количество пожаров		1318	1269	1579	1527	1496	1463	1422	1395	1306	12775
	Ущерб, тыс.руб		850197	728092	1650918	1616591	5435280	2289232	3273889	3833640	5155743	24833582
	Количество погибших		19	20	18	22	52	33	21	14	15	214
	Погибло пожарных	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	Травмировано пожарных	2	1	1	0	7	3	5	5	1	2	27
Общественные здания	Кол-во крупных пожаров		19	16	9	20	21	20	24	28	25	182
	Ущерб от крупных пожаров, тыс руб		686498	498266	1336761	1261595	5032023	1896719	2849629	3389111	4798852	21749454
	Количество пожаров	10955	11211	9904	9436	9030	7339	7032	6631	6096	5997	83631
	Ущерб, тыс.руб	1535963	1411388	1701358	1689214	1855097	1959577	2492121	2756269	3286147	3700129	22387263
	Количество погибших	216	283	120	288	117	76	46	131	55	85	1417
	Погибло пожарных	1	0	0	0	0	0	0	1	3	1	6
Общественные здания	Травмировано пожарных	10	16	14	8	6	7	14	3	11	9	98
	Кол-во крупных пожаров	37	34	22	10	15	21	23	17	17	22	218
	Ущерб от крупных пожаров, тыс руб	818562	521640	663012	544917	540268	931369	1321773	1594647	2066405	2650670	11653263

Результаты расчета интегральных абсолютных показателей опасности от крупных пожаров для производственных, складских и общественных зданий представлены в таблице 1.9. Для визуализации результатов анализа произведена нормализация показателей опасности по формуле:

$$\bar{\Pi}_i = \frac{\Pi_i}{\text{Max}_{k=1,2,3}(\Pi_{ik})}, \bar{\Pi}_i \in (0;1]$$

где k – номер группы здания: 1 – производственные; 2 – складские; 3 – общественные.

Таблица 1.9

Значения абсолютных интегральных показателей крупных пожаров

	$\Pi_1 \cdot 10^6$	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	$\Pi_6 \cdot 10^6$
Производственное здание	22,2	2213	7	89	181	17,0
Складское здания	24,8	214	2	27	182	21,7
Общественное здание	22,4	1417	6	98	218	11,7
Максимальные значения	24,8	2213,0	7,0	98,0	218,0	21,7

Сравнительный анализ опасности от крупных пожаров в зданиях с использованием разработанной системы показателей представлен на рис. 1.10.

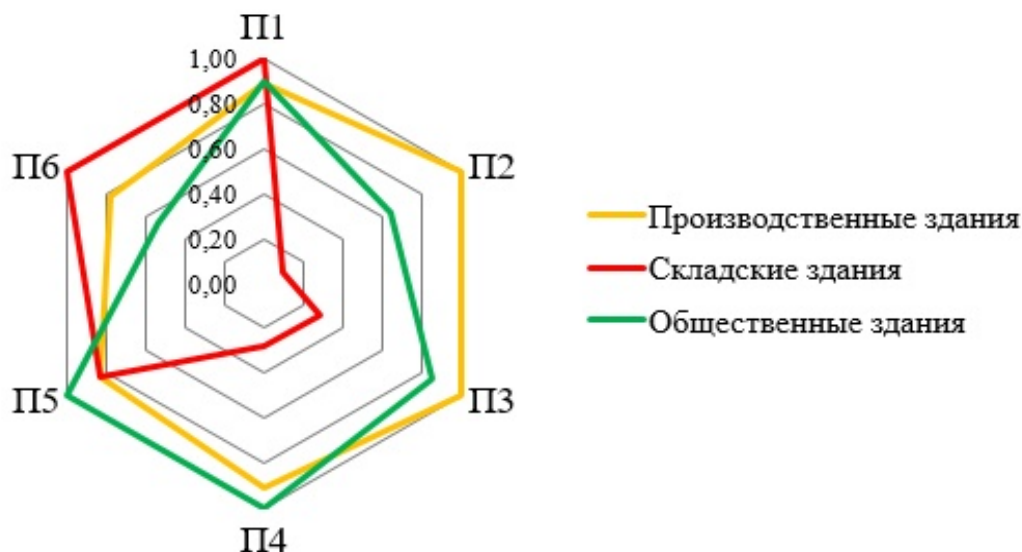


Рис. 1.10 Сравнительный анализ опасности от крупных пожаров в зданиях

Исходя из результатов исследования показателей обстановки с крупными пожарами и их последствиями можно сделать следующие выводы:
 - на основе применения t -критерия и данных по количеству крупных пожаров и прямому материальному ущербу от них произведено объединение зданий различного функционального значения, за исключением жилых зданий, в три основные группы:

- группа I: складские здания;
- группа II: здания производственного назначения;
- группа III: здания торгового предприятия; здания административно-общественного учреждения; здания сервисного обслуживания населения; здания культурно-зрелищного учреждения; здания образовательного учреждения; здания детского учреждения; здания лечебно-профилактического учреждения. здания сельскохозяйственного назначения;

- для оценки опасности пожаров в зданиях групп I, II, III предложена система локальных p_i и интегральных P_i показателей и произведен подсчет их количественных значений;

- на основе значений интегральных показателей опасности произведено ранжирование групп зданий. Результаты показали, что по показателям: (P_1) интегральный ущерб от пожаров в здании, млрд. руб. · год⁻¹ и (P_6) интегральный ущерб от крупных пожаров, млрд. руб. · год⁻¹, лидирующую позицию занимают складские здания (группа I). В свою очередь по показателям (P_2) - интегральное количество погибших человек при пожарах в здании, чел. · год⁻¹, и (P_3) - интегральное количество погибших пожарных на пожарах в здании, чел. · год⁻¹ лидируют здания производственного назначения (группа II). И по показателям (P_4) - интегральное количество травмированных пожарных на пожарах в здании, чел. · год⁻¹ и (P_5) - интегральное количество крупных пожаров в здании, пож. · год⁻¹, лидирующая позиция за пожарами происходящими в общественных зданиях (группа III).