ОАО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»

МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ К СНиП 21-01-97*

МДС 21-3.2001

Москва 2001

gost.e-ecolog.ru

Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный
институт промышленных зданий и сооружений
ОАО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»

МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ К СНиП 21-01-97*

МДС 21-3.2001

Москва 2001

УДК [69+699.81] (083.74)

Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97*. МДС 21-3.2001 / ОАО «ЦНИИпромзданий». — М.: ГУП ЦПП, 2001. — 86 с.

В развитие СНиП 21-01-97* и ГОСТ 12.1.004-91 разработано методическое пособие по выбору рациональных конструктивных, объемно-планировочных и инженерно-технических решений, отвечающих требованиям огнестойкости зданий, предотвращения распространения пожара и обеспечивающих ограничение прямого и косвенного материального ущерба. Исходными данными являются результаты обобщения проектных решений и обследования строительных объектов в части выполнения и стоимости противопожарных мероприятий, расчетов температурных режимов пожаров, оценки огнестойкости конструкций в условиях реальных пожаров, расчетов вероятностных материальных потерь в зданиях различного назначения, выполняемых в течение последних лет.

Для проектных и производственных организаций и отдельных специалистов, которые при решении вопросов огнестойкости, использования технических средств предупреждения и тушения пожара в зданиях и сооружениях ставят целью достижение необходимого уровня пожарной безопасности при экономически обоснованном вложении денежных средств. При этом достигается снижение ущерба от пожаров и обеспечивается безопасность людей.

ISBN 5-88111-122-2

© ОАО «ЦНИИпромзданий»,
ГУП ЦПП, 2001

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4

Методика технико-экономического обоснованния противопожарных мероприятий 7

Примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий 24

Стоянка легкового автотранспорта 24

Административно-бытовой корпус 29

Производственное здание автокомбината 34

Производственное здание 39

Складское здание 45

Малярный цех автокомбината 51

Склад многономенклатурной продукции 53

Торговый центр 59

Производственное здание завода электрооборудования 63

Здание общественного назначения 69

Здание банка 73

Цех экстракции маслоэкстракционного производства 78

Предприятие бытового обслуживания 82

ВВЕДЕНИЕ

Комплексом 21 «Пожарная безопасность» Системы нормативных документов в строительстве предусмотрено развитие классификационной основы противопожарного нормирования для более объективного и дифференцированного учета функционального назначения зданий и сооружений, реакции находящихся в них людей, а также конструкций и материалов, из которых они построены, на возникновение и развитие пожара. Этим достигается расширение вариантности и повышение адекватности выбора средств и способов противопожарной защиты угрозе пожара. Нормативные документы, входящие в Систему нормативных документов, содержат обязательные мероприятия, которые должны выполняться на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации строительных объектов, и направлены на обеспечение безопасности людей, а также ограничение прямого и косвенного материального ущерба, включая содержимое здания и само здание, при экономически обоснованном соотношении величины ущерба и расходов на противопожарные мероприятия, пожарную охрану и ее техническое оснащение.

Нормативные документы также предусматривают возможность альтернативных решений, выбор которых может осуществляться на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

В соответствии с этим СНиП 21-01-97* допускает обосновывать отступления от норм при выполнении компенсирующих мероприятий, а также разрабатывать противопожарные мероприятия в виде технических условий при проектировании уникальных, особо сложных объектов и объектов, на которые отсутствуют нормативные требования.

«Эффективность мероприятий, направленных на предотвращение распространения пожара, допускается оценивать технико-экономическими расчетами, основанными на требованиях по ограничению прямого и косвенного ущерба от пожаров». В выполняемом при этом «анализе пожарной опасности зданий могут быть использованы расчетные сценарии, основанные на соотношении временных параметров развития и распространения опасных факторов пожара, эвакуации людей и борьбы с пожарами» (п. 7.3 СНиП 21-01-97*).

В нормативных требованиях, даже весьма дифференцированных, невозможно учесть все особенности каждого строительного объекта. Поэтому только выполнение нормативных требований может не

обеспечить рациональное расходование средств и минимизацию убытков от пожара.

Экономически обоснованное соотношение величины ущерба от возможных пожаров и расходов на противопожарные мероприятия в зданиях и сооружениях (СНиП 21-01-97*, п. 4.1) может достигаться, если при решении вопроса пожарной безопасности выполняется сравнение вариантов используемых средств с точки зрения как их стоимости, так и возможных экономических последствий пожара. Выполнение экономического анализа может производиться для различных решений, оговоренных нормативными требованиями, при обосновании отступлений от действующих норм и правил; при заключении договоров страхования объектов от пожаров.

Разработанные и пересмотренные в последние годы нормативные документы и пособия (СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений», НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности», пособие МДС 21-1.98 «Предотвращение распространения пожара», рекомендации «Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения» и т.п.) способствуют формированию новых подходов в обеспечении пожарной безопасности, включающих прогнозирование опасности возникновения и распространения пожара, расчет возможных экономических последствий пожара, выбор из вариантов решений средств и способов противопожарной защиты, адекватных угрозе пожара и обеспечивающих минимизацию суммы экономического ущерба и затрат на противопожарную защиту.

В состав технико-экономических обоснований должны входить следующие основные этапы работ: оценка пожарной опасности объекта по вероятности возникновения пожара и возможной продолжительности пожара с учетом величины пожарной нагрузки; построение расчетных сценариев пожара; расчет вероятностных годовых потерь; оценка эффективности средств противопожарной защиты и выбор решения исходя из соотношения затрат на противопожарную защиту и прогнозируемой величины ущерба.

Принятая в СНиП 21-01-97* пожарно-техническая классификация позволяет для каждого типа зданий выполнять построение расчетных сценариев возможных пожаров, используя показатель пожарной опасности для оценки распространения пожара и участия в горении строительных конструкций, а показатель огнестойкости кон-

струкций и эквивалентной продолжительности пожара — для определения времени, по истечении которого происходят обрушение, прогрев и потеря целостности несущих и ограждающих конструкций.

Таким же целям отвечает принятая в НПБ 105-95 дифференциация помещений по величине пожарной нагрузки. Появляется возможность по величине пожарной нагрузки, ее размещению в помещении и характеристикам помещений оценивать продолжительность свободно развивающегося пожара и его воздействие на строительные конструкции.

Расчетные сценарии пожаров позволяют объективно оценить угрозу пожара и учитывать влияние на процесс пожара тех или иных строительных противопожарных мероприятий, наличия в здании стационарных средств пожаротушения, расположение и техническое оснащение пожарных подразделений.

Построение сценариев пожаров и технико-экономические расчеты требуют знаний в специальной области, что не всегда доступно специалистам строительного профиля. В настоящем пособии предлагается этим специалистам в развитие метода оценки экономической эффективности систем пожарной безопасности, приведенного в ГОСТ 12.1.004—91 (приложение 4), методика технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий для строительных объектов различного назначения, приводятся примеры ее использования, оцениваются результаты, достигаемые при применении тех или иных строительных и технических средств защиты. Результаты расчетов, выполненных в соответствии с этой методикой, следует рассматривать как данные для сравнительной оценки вариантов строительных решений и средств пожарной защиты.

Настоящее пособие разработано ОАО «ЦНИИпромзданий» (руководитель работы — канд. техн. наук *Т.Е. Стороженко*) с участием д-ра техн. наук *И.С. Молчадского*. Пособие рекомендовано к изданию решением секции архитектуры Научно-технического совета ОАО «ЦНИИпромзданий».

Замечания и предложения просьба направлять по адресу:

127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46 корп. 2, ОАО «ЦНИИпромзданий».

МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

1. Эффективность противопожарного мероприятия определяется на основе сопоставления притоков и оттоков денежных средств, связанных с реализацией принимаемого решения по обеспечению пожарной безопасности.

Притоком денежных средств является получение средств за счет предотвращения материальных потерь от пожара, рассчитываемых как ожидаемые материальные потери от пожара при выполнении противопожарного мероприятия (проектируемый вариант) и сравнения их с ожидаемыми материальными потерями при его отсутствии (базовый вариант).

Оттоком денежных средств являются затраты, связанные с выполнением противопожарного мероприятия.

2. Критерием экономической эффективности противопожарного мероприятия (совокупности мероприятий) является получаемый от его реализации интегральный экономический эффект ($И$), учитывающий материальные потери от пожаров, а также капитальные вложения и затраты на выполнение мероприятия. Интегральный экономический эффект определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному интервалу планирования с учетом стоимости финансовых ресурсов во времени, которая определяется нормой дисконта, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами.

Если экономический эффект $И$ от использования противопожарного мероприятия положителен, решение является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его принятии. Если при решении будет получено отрицательное значение $И$, инвестор понесет убытки, т.е. проект неэффективен.

Выбор наиболее эффективного решения осуществляется исходя из условия, что

$$И \Rightarrow \max. \qquad (1)$$

3. Интегральный экономический эффект для постоянной нормы дисконта определяется по формуле

$$И = \sum_{t=0}^{T} (П_t - О_t)/(1 + НД)^t, \qquad (2)$$

где $П_t$ — предотвращение потерь денежных средств при пожаре в течение интервала планирования в результате использовании противопожарных мероприятий на t-м шаге расчета;

$О_t$ — оттоки денежных средств на выполнение противопожарных мероприятий на том же шаге;

$Т$ — горизонт расчета (продолжительность расчетного периода); он равен номеру шага расчета, на котором производится окончание расчета;

$И = (П_t - О_t)$ — эффект, достигаемый на t-м шаге;

t — год осуществления затрат;

$НД$ — постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

Или

$$И = \sum_{t=0}^{T} (/ M(П_1) - M(П_2) / - / P_2 - P_1 /) \frac{1}{(1 + НД)^t} - (K_2 - K_1), \quad (3)$$

где $M(П_1)$ и $M(П_2)$ — расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб/год;

K_1 и K_2 — капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

P_2 и P_1 — эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t-м году, руб/год.

В качестве расчетного периода $Т$ принимается либо срок службы здания, либо иной, более короткий обоснованный период.

4. Эксплуатационные расходы по вариантам в t-м году определяются по формуле

$$Р = А + Э, \quad (4)$$

где $А$ — затраты на амортизацию систем противопожарных мероприятий, руб/год;

$Э$ — эксплуатационные затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб/год.

5. При расчете денежные потоки шага t приводятся к начальному моменту времени через коэффициент дисконтирования. Для года t коэффициент дисконтирования при постоянной норме дисконта имеет вид

$$Д = 1 / (1 + НД)^t. \quad (5)$$

Коэффициент дисконтирования для года t при изменяющейся по годам норме дисконта определяется по формуле

$$Д = 1 \text{ при } t = 0$$

и

$$Д = 1 / \prod_{к=1}^{t} (1 + НД_к) \text{ при } t > 0. \quad (6)$$

6. Материальные годовые потери от пожара $М(П)$, руб/год, при наличии статистических данных о потерях от пожаров на объектах, аналогичных рассматриваемому, могут быть определены как вероятностная величина, равная среднегодовым потерям за прошлые годы:

$$М(П) = \sum_{i}^{T} \frac{П_i}{F_i} / T, \quad (7)$$

где $П_i$ — полные потери от пожаров в каждом году на рассматриваемых объектах, руб.;

F_i — площадь объектов, на которых суммируются потери, м^2;

i — число случаев в рассматриваемом количестве лет;

T — количество лет, принятых в расчете.

7. При отсутствии статистических данных ожидаемые потери рассчитываются исходя из стоимости здания и технологии, размеров повреждений, вероятности возникновения и тушения пожара средствами, предусматриваемыми для пожарной защиты объекта.

При использовании на объекте первичных средств пожаротушения (стационарных и передвижных) и отсутствии систем автоматического пожаротушения материальные годовые потери рассчитываются по формуле:

$$М(П) = М(П_1) + М(П_2) + М(П_3), \quad (8)$$

где $М(П_1)$, $М(П_2)$, $М(П_3)$ — математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных соответственно первичными средствами пожаротушения; привозными средствами пожаротушения; при отказе всех средств пожаротушения, определяемое по формулам:

$$M(П_1) = JFC_тF_{пож}(1 + \kappa)p_1; \quad (9)$$

$$M(П_2) = JF(C_тF'_{пож} + C_к)0{,}52(1 + \kappa)(1 - p_1)p_2; \quad (10)$$

$$M(П_3) = JF(C_тF''_{пож} + C_к)(1 + \kappa)[1 - p_1 - (1 - p_1)p_2], \quad (11)$$

где J — вероятность возникновения пожара, 1/м^2 в год;

F — площадь объекта, м^2;

$C_т$ — стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб/м^2;

$F_{пож}$ — площадь пожара на время тушения первичными средствами, м^2;

p_1, p_2 — вероятность тушения пожара первичными и привозными средствами;

0,52 — коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами;

$C_к$ — стоимость поврежденных частей здания, руб/м^2;

$F'_{пож}$ — площадь пожара за время тушения привозными средствами;

$F''_{пож}$ — площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения, м^2;

κ — коэффициент, учитывающий косвенные потери.

8. При оборудовании объекта средствами автоматического пожаротушения материальные годовые потери от пожара рассчитываются по формуле

$$M(П) = M(П_1) + M(П_2) + M(П_3) + M(П_4), \quad (12)$$

где $M(П_1)$, $M(П_2)$, $M(П_3)$, $M(П_4)$ — математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных соответственно первичными средствами пожаротушения; установками автоматического пожаротушения; привозными средствами пожаротушения; при отказе средств пожаротушения, определяемое по формулам:

$$M_1(П_1) = JFC_тF_{пож}(1 + к)p_1; \quad (13)$$

$$M_2(П_2) = JFC_тF^*_{пож}(1 + к)(1 - p_1)p_3; \quad (14)$$

$$M_3(П_3) = JF(C_тF'_{пож} + C_к)0{,}52(1 + к)[1 - p_1 - (1 - p_1)p_3]p_2; \quad (15)$$

$$M_4(П_4) = JF(C_тF''_{пож} + C_к)(1 + к)\{1 - p_1 - (1 - p_1)p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1)p_3]p_2\}, \quad (16)$$

где $F^*_{пож}$ — площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения, м^2;

p_3 — вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения.

9. Вероятность возникновения пожара определяется по статистическим данным для аналогичных объектов как отношение общего числа пожаров к площади объекта или по ГОСТ 12.1.004—91 (приложение 3).

10. Стоимость здания и технологической части определяется по проектным материалам, при их отсутствии — по укрупненным показателям.

11. Вероятность безотказной работы первичных средств тушения p_1 принимается в зависимости от скорости распространения горения по поверхности Y_1 (табл. 1).

Таблица 1

Y_1, м/мин	0,35	0,54	0,69	0,8	0,9
p_1	0,85	0,79	0,46	0,27	0,12

12. Вероятность тушения пожара привозными средствами p_2 определяется в зависимости от нормативного расхода воды на наружное пожаротушение и на основании данных о бесперебойности водоснабжения пожарного водопровода или насосами пожарных машин из водоемов $q_п$ (табл. 2).

Таблица 2

$q_п$, 1/с	15	20	30	40	60	100	160
p_2	0,5	0,6	0,75	0,85	0,95	0,99	0,999

13. Вероятность тушения пожара установками автоматического пожаротушения p_3 при отсутствии статистических данных принимается равной 0,86.

14. Коэффициент κ, учитывающий косвенные потери, определяется по статистическим данным для аналогичных объектов как отношение косвенных потерь к прямым. В величину косвенных потерь следует включать:

- капитальные затраты на восстановление основных фондов;
- заработную плату за время простоя;
- оплату демонтажных работ и разборку строительных конструкций;
- потери части условно-постоянных накладных расходов;
- потери от недополучения прибыли из-за недовыпуска продукции;
- потеря из-за недоставки продукции;
- потеря предприятия с учетом сопряженности работы производств.

15. Площадь развития пожара рассчитывается в зависимости от вида пожара и средств пожаротушения.

При успешном действии первичных средств пожаротушения площадь пожара $F_{пож}$ принимается в зависимости от их технических характеристик равной 0,5—4 м^2.

При успешном действии установок автоматического пожаротушения площадь пожара $F^*_{пож}$ принимается равной нормативной площади тушения пожара для расчета расхода средств тушения установками пожарной автоматики по табл. 1 СНиП 2.04.09-84.

Для локальных пожаров площадь пожара при тушении привозными средствами $F'_{пож}$ принимается равной площади размещения пожарной нагрузки.

Для объемных пожаров при тушении привозными средствами и их вводе в действие за время, меньшее продолжительности начальной стадии пожара, $t < t_{нсп}$, площадь пожара $F'_{пож}$ рассчитывается по формуле

$$F'_{пож} = n(v_л B_{св} r)^2, \qquad (17)$$

где $v_л$ — линейная скорость распространения горения по поверхности, принимаемая по табл. 3, м/мин;

$B_{св}r$ — время свободного горения, мин.

Таблица 3

Объект	Линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин
Деревообрабатывающие цехи	2,0—2,5
Лесопильные цехи	1,0—1,5
Производство фанеры	0,8—1,5
Текстильные цехи	0,5—2,0
Холодильники	0,5—1,0
Склад каучука	0,7—1,0
Ремонтно-технические изделия	1,0—1,2
Склад бумаги в рулонах	0,2—0,5
Склад льноволокна	3,0—5,4

Для объемных пожаров при неэффективном действии всех средств тушения и $t > t_{\text{нсп}}$ площадь пожара $F''_{\text{пож}}$ принимается равной площади, ограниченной противопожарными стенами.

16. Для расчета потерь от пожара необходима оценка количественных показателей, характеризующих длительность и интенсивность воздействия пожара и позволяющих установить размеры его развития, повреждения здания и технологического оборудования.

Для этого собираются данные о наименовании и размещении веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку, их количестве и низшей теплоте сгорания.

17. Для оценки воздействия пожара на основе анализа размещения пожарной нагрузки и выявления наиболее пожароопасных участков технологического процесса строится сценарий пожара: задаются условно места возникновения пожара и анализируются условия его протекания в зависимости от объемно-планировочного и конструктивного решений и действия средств тушения пожара.

18. По характерным условиям протекания возможного объемного пожара здания разделяются на 3 основных типа:

здание, состоящее из одного объема или нескольких объемов, разделенных противопожарными преградами. В здании происходит свободное развитие пожара по пожарной нагрузке в пределах пожарного отсека, который или заканчивается затуханием, или переходит в горение по всему объему;

здание, состоящее из отдельных помещений. Пожар протекает в пределах помещения до затухания или распространения в другие помещения и с этажа на этаж по проемам, коммуникациям либо

после наступления предела огнестойкости ограждающих конструкций помещений;

здание, состоящее из основного объема и встроенных помещений в виде вставок или встроек. Возможно возникновение пожара как в основном объеме с развитием, характерным для типа 1, так и в отдельных помещениях с развитием пожара, характерным для типа 3 и переходом его в основной объем.

19. В здании или помещении рассчитывается пожарная нагрузка в кг или МДж на 1 м^2 площади пола при распределении пожарной нагрузки по всему помещению, части его при неравномерном распределении пожарной нагрузки или площади тепловоспринимающих ограждающих конструкций при определении вида пожара:

$$P = \sum_{i=1}^{j} M_i / S, \qquad (18)$$

где P — пожарная нагрузка, кг/м^2;

M_i — масса i-го вещества или материала, кг;

S — площадь пола помещения, части пола или площадь тепловоспринимающих ограждающих конструкций, м^2;

j — число видов веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку.

Или

$$P = \sum_{i=1}^{j} M_i Q_i^p / S, \qquad (19)$$

где P — пожарная нагрузка, МДж/м^2;

Q_i^p — количество теплоты, выделяемой 1 кг i-го вещества или материала при полном его сгорании (низшая теплота сгорания), МДж/кг.

20. В пожарную нагрузку включаются горючие вещества и материалы, находящиеся в пределах помещения в период их наибольшего скопления в соответствии с НПБ 105-95.

21. При расчете пожарной нагрузки на 1 м^2 площади тепловоспринимающих ограждающих конструкций их площадь определяется по формуле

$$S = S_{\text{пов}} - A_i, \qquad (20)$$

где $S_{\text{пов}}$ — площадь ограждающих конструкций помещения, м^2;

A_i — площадь i-го проема в ограждающих конструкциях, м^2.

22. При неравномерном размещении сгораемых веществ и материалов пожарная нагрузка рассчитывается на 1 м^2 части пола (участка), на котором она размещена.

В зависимости от величины пожарной нагрузки, ее размещения по площади и параметров помещения определяется вид пожара*:

- локальный;
- объемный, регулируемый пожарной нагрузкой;
- объемный, регулируемый вентиляцией.

23. Локальный пожар возможен при следующих условиях:

- площадь участка, на котором размещена пожарная нагрузка, не превышает значений $S_{доп}$, приведенных в табл. 4;
- расстояние между границами участков l не превышает предельных значений, рассчитанных в соответствии с НПБ 105-95.

Таблица 4

Объем помещения, м^3	Предельные размеры площади участка при локальном пожаре, $S_{доп}$, м^2	
	при твердых горючих и трудногорючих веществах и материалах	при легковоспламеняющихся и горючих жидкостях
До 10^3	20	100
От 10^3 до $2 \cdot 10^3$	30	200
» $2 \cdot 10^3$ » $3 \cdot 10^3$	55	300
» $3 \cdot 10^3$ » $5{,}5 \cdot 10^3$	100	300
» $5{,}5 \cdot 10^3$ » $7{,}5 \cdot 10^3$	150	700
» $7{,}5 \cdot 10^3$ » 10^4	200	900
» 10^4 » $2 \cdot 10^4$	300	1300
Более $2 \cdot 10^4$	400	2000

Ниже приведены значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$ для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов:

* Приведены основные положения из расчета эквивалентной продолжительности пожара для помещений различного назначения в кн. «Теплогазодинамика пожаров в помещениях» (авторы: В.М. Астапенко, Ю.А. Кошмаров, И.С. Молчадский, А.Н. Шевляков. — М.: Стройиздат, 1988).

$q_{кр}$, кВт/м^2	5	10	15	20	25	30	40	50
$l_{пр}$, м	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Приведенные величины $l_{пр}$ рекомендуются при условии, если $H > 11$ м; если $H < 11$ м, то предельное расстояние определяется как $l = l_{пр} + (11 - H)$, где H — минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м. Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в НПБ 105-95 (табл. 6). Если пожарная нагрузка состоит из различных материалов, то значение $q_{кр}$ определяется по материалу с минимальным значением $q_{кр}$.

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{кр}$ значения предельных расстояний принимаются $l_{пр} \geq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, предельное расстояние ($l_{пр}$) между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки рассчитывается по формулам:

$$l_{пр} \geq 15 \text{ м при } H \geq 11; \tag{21}$$

$$l_{пр} \geq 26 - H \text{ при } H < 11. \tag{22}$$

24. Вид объемного пожара определяется из соотношения:

$P_к < P_{к.кр}$ — пожар, регулируемый нагрузкой (ПРН);

$P_к > P_{к.кр}$ — пожар, регулируемый вентиляцией (ПРВ),

где $P_к$ — пожарная нагрузка, приведенная к древесине на 1 м^2 ограждающих конструкций помещения, кг/м^2.

$P_{к.кр}$ — критическая пожарная нагрузка.

$$P_к = \sum P_i Q^p_{нi} / Q^p_{н.др}, \tag{23}$$

где $Q^p_{нi}$ — низшая теплота сгорания вещества или материала, МДж/кг;

$Q^p_{н.др}$ — низшая теплота сгорания древесины, равная 13,8 МДж/кг.

Критическая пожарная нагрузка определяется по формуле

$$P_{к.кр} = \frac{4500\Pi^3}{1 + 500\Pi^3} + \frac{V^{1/3}}{6V_0}, \tag{24}$$

где V_0 — количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг пожарной нагрузки;

$П$ — проемность помещения, равная:

при объеме $V \le 10^3$ $П = \sum A_i h_i^{1/2} / V^{2/3}$;

при объеме $V > 10^3$ $П = \sum A_i h_i^{1/2} / S$, здесь h_i — высота проема, м.

25. Для каждого вида пожара определяются параметры, характеризующие его воздействие на здание и технологическое оборудование, а также площадь пожара.

26. Для локальных пожаров и начальной стадии объемных пожаров (НСП) характерно выгорание пожарной нагрузки в пределах участка горения, а также повреждение конструкции перекрытий или покрытий в зоне горения.

Площадь выгорания при свободно развивающемся локальном пожаре принимается при горении твердых сгораемых веществ равной площади участка размещения пожарной нагрузки, при горении горючих и легковоспламеняющихся жидкостей — из расчета растекания из единицы оборудования 1 л на площадь 1 м^2 с учетом возможности одновременного загорания соседнего с аварийным оборудования или по участку, ограниченному бортиками, предотвращающими дальнейший разлив жидкостей.

27. Возможность разрушения несущих конструкций при пожаре определяется на основе сравнения эквивалентной продолжительности $t_{экв}$ пожара с пределом огнестойкости конструкций $П_о$;

$t_{экв} < П_о$ — конструкция не теряет несущей способности;

$t_{экв} > П_о$ — конструкция теряет несущую способность.

Время возможной потери несущей способности конструкцией можно определять по номограммам в зависимости от вида пожара при условии $t_{экв} = П_о$.

28. Эквивалентная продолжительность пожара $t_{экв}$ характеризует продолжительность стандартного пожара, последствия от воздействия которого эквивалентны воздействию реального пожара на строительную конструкцию.

29. Эквивалентная продолжительность локального пожара определяется по рис. 1—3 в зависимости от продолжительности локального пожара, которая рассчитывается по формуле

$$t = P/R, \qquad (25)$$

где R — средняя скорость выгорания пожарной нагрузки, кг/м^2·с;
P — пожарная нагрузка на 1 м^2 участка размещения пожарной нагрузки.

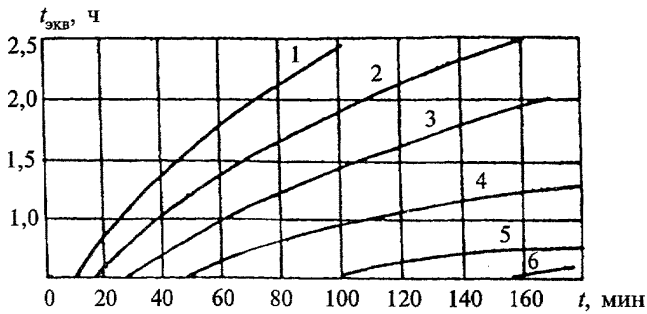


Рис. 1. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара от времени пожара для железобетонных и огнезащитных металлических конструкций покрытия в условиях локальных пожаров

1— $H/\sqrt{F}$ ≤1,2; *4*—2,2;
2—1,5; *5*—2,4;
3—1,8; *6*— ≥3,6;

H — высота помещения, м; F — площадь горения, м^2

Для горизонтальных конструкций H — высота помещения, для вертикальных — расстояние от оси факела до конструкции.

30. Для определения размеров повреждения здания в случае объемного пожара рассчитываются температурный режим и продолжительность пожара в помещении и его воздействие на несущие и ограждающие конструкции в начальной стадии и при переходе пожара в объемный.

Возможность обрушения несущих и ограждающих конструкций в условиях объемных пожаров определяется из соотношения, указанного в п. 27.

В случаях когда возможно достижение предела огнестойкости конструкциями в начальной стадии пожара, рассчитывается продолжительность начальной стадии и по рис. 1—3 определяется эквивалентная продолжительность пожара конструкций в зоне пожара.

Возможность их обрушения устанавливается также из соотношения, указанного в п. 27.

Продолжительность начальной стадии объемного пожара определяется по рис. 4, 5. При пожарной нагрузке, отличающейся по свойствам от древесины, продолжительность начальной стадии пожара рассчитывается по формуле

$$t_{\text{нсп}i} = t_{\text{нсп}}\left(\frac{nQ^{p}_{\text{н.др}}v^{2}_{\text{ср}}}{n_i Q^{p}_{\text{н}i} v^{2}_{\text{ср}i}}\right)^{1/3}, \qquad (26)$$

где n, n_i — средняя скорость выгорания древесины и i-го компонента пожарной нагрузки соответственно, кг/м^2·мин;

$v_{\text{ср}}$, $v_{\text{ср}i}$ — средняя линейная скорость распространения пламени по древесине и i-му компоненту пожарной нагрузки, м/мин.

31. Время достижения максимальной температуры $t_{\max}$ и максимальная среднеобъемная температура $T_{\max}$ объемного пожара, регулируемого нагрузкой (рис. 5), определяются по формулам:

$$t_{\max} = 32 - 8{,}1P_{\text{к}}^{3{,}2}e^{0{,}92P_{\text{к}}}; \qquad (27)$$

$$T_{\max} - T_0 = 224P_{\text{к}}^{0{,}528}, \qquad (28)$$

где T_0 — начальная среднеобъемная температура, °С.

Температурный режим описывается зависимостью:

$$T = 345W\,1q(8t + 1); \qquad (29)$$

$$W = T_{\max}/T_{\text{ст}}, \qquad (30)$$

где W — коэффициент, характеризующий температурный режим пожара;

$T_{\max}$ — максимальная среднеобъемная температура, определяемая по формуле (28);

$T_{\text{ст}}$ — температура стандартного пожара в момент времени, соответствующий времени достижения $T_{\max}$.

32. Для объемных пожаров продолжительность пожара определяется зависимостью

$$t = \frac{P_i Q^{p}_{ni}}{6285A\sqrt{h}} \cdot \frac{n_{\text{ср}} \sum P_i}{\sum n_i P_i}, \qquad (31)$$

где P_i — пожарная нагрузка, приведенная к древесине, кг;
A — площадь проемов помещений, м^2;
h — высота проемов, м^2;
$n_{ср}$ — средняя скорость выгорания древесины, кг/м^2·мин;
n_i — средняя скорость выгорания веществ и материалов, кг/м^2·мин.

33. Эквивалентная продолжительность объемного пожара для несущих конструкций определяется по зависимостям, приведенным на рис. 6—8.

34. Для определения предельного значения количества пожарной нагрузки фактический предел огнестойкости для каждой строительной конструкции приравнивается эквивалентной продолжительности пожара.

35. Для условий локального пожара предельное значение количества пожарной нагрузки определяется по формуле

$$P_{пр} = t_{экв} R_{ср} F, \qquad (32)$$

где $t_{экв}$ — эквивалентная продолжительность локального пожара.

36. Для условий объемного пожара предельное значение количества пожарной нагрузки определяется по формуле

$$P_{пр} = t \frac{6285 A\sqrt{h}}{Q^{р}_{n_i}} \cdot \frac{\sum n_i P_i}{n_{ср} \sum P_i}. \qquad (33)$$

37. Эффективность мероприятий по обеспечению пожарной безопасности может также оцениваться изменением количественного показателя, характеризующего соотношение величины возможного ущерба и стоимости материальных ценностей в вариантах при отсутствии противопожарного мероприятия и при его выполнении:

$$Y_{п.о} = M(П) \; / \; C_{м.ц}, \qquad (34)$$

где $Y_{п.о}$ — уровень пожарной опасности объекта;
$C_{м.ц}$ — стоимость защищаемых от пожара материальных ценностей.

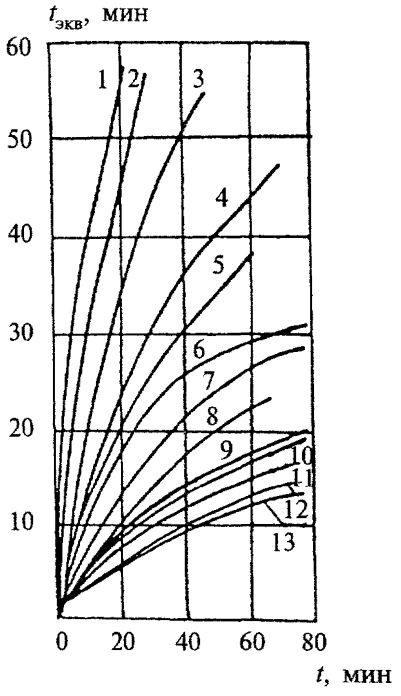


Рис. 2. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара от времени пожара для горизонтальных незащищенных металлических конструкций в условиях локальных пожаров

1— $H / \sqrt{F}$ =1,2;
2—1,6;
3—2,0;
4—2,4;
5—2,8;
6—3,2;
7—3,6;
8—4,0;
9—4,4;
10—4,8;
11—5,2;
12—5,6;
13—6,0

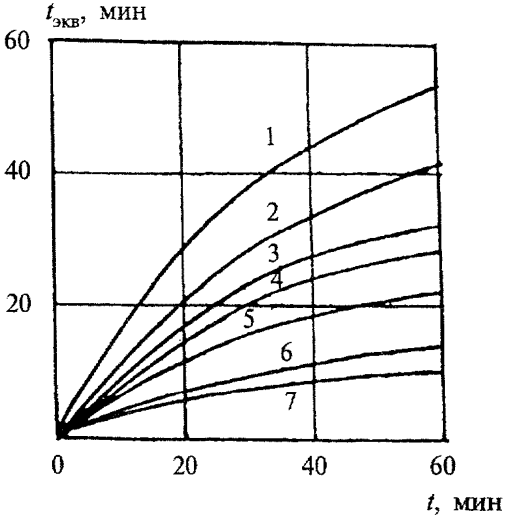


Рис. 3. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара от времени пожара для вертикальных металлических конструкций в условиях локальных пожаров

1— $H / \sqrt{F}$ =0,5;
2—0,6;
3—0,7;
4—0,8;
5—1,0;
6—1,5;
7—2,0

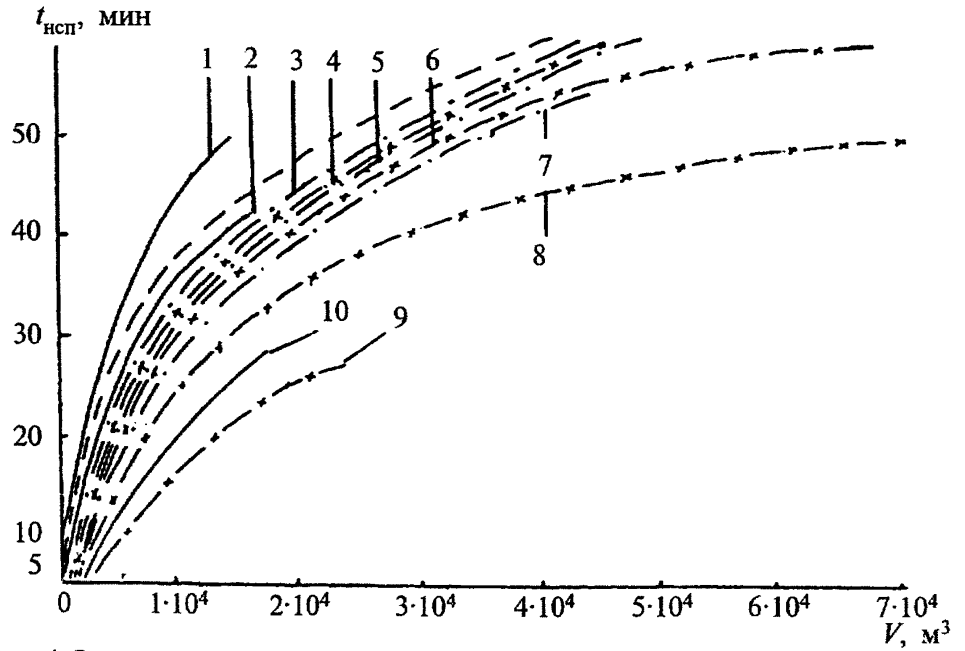


Рис. 4. Зависимость минимальной продолжительности начальной стадии пожара $t_{нсп}$ от объема V, высоты H помещения и количества пожарной нагрузки g

– – – H=4,8 м; g=68—70 кг·м$^{-2}$; —— H=6,6 м; –·–·– H=7,2 м

1 — g=2,4—14 кг·м$^{-2}$;
2 — g=67—119 кг·м$^{-2}$;
3 — g=60—66 кг·м$^{-2}$;
4 — g=60 кг·м$^{-2}$;
5 — g=82—155 кг·м$^{-2}$;
6 — g=140—160 кг·м$^{-2}$;
7 — g=200 кг·м$^{-2}$;
8 — g=210,0—250 кг·м$^{-2}$;
9 — g=500—550 кг·м$^{-2}$;
10 — g=640 кг·м$^{-2}$

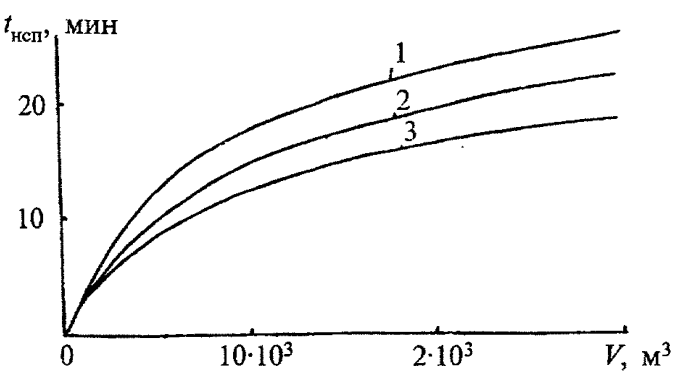


Рис. 5. Зависимость минимальной продолжительности начальной стадии пожара $t_{нсп}$ от объема V и высоты H помещения

1 — H=3 м; *2* — 6 м; *3* — 12 м

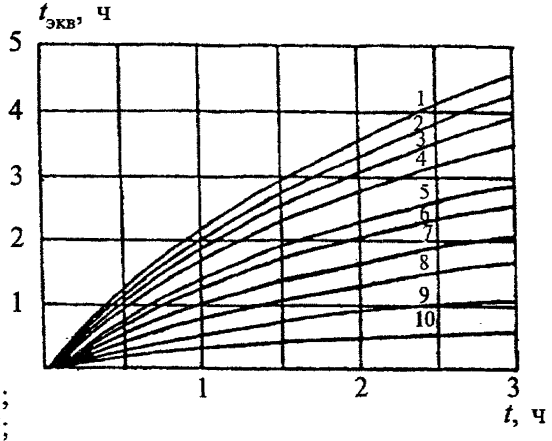
Рис. 6. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара для железобетонных конструкций перекрытия от времени пожара для ПРВ

1—$П_р$=0,3; *5*—0,18; *8*—0,09;
2—0,27; *6*—1,15; *9*—0,06;
3—0,24; *7*—0,12; *10*—0,03;
4—0,21;

при $V \le 10^3$ $П_р = \sum A_i h_i^{1/2} / V^{2/3}$;

при $V > 10^3$ $П_р = \sum A_i h_i^{1/2} / S$,

здесь V — объем помещения, м^3; A_i — площадь i-го проема, м^2; h_i — высота i-го проема, м; S — площадь пола помещения, м^2



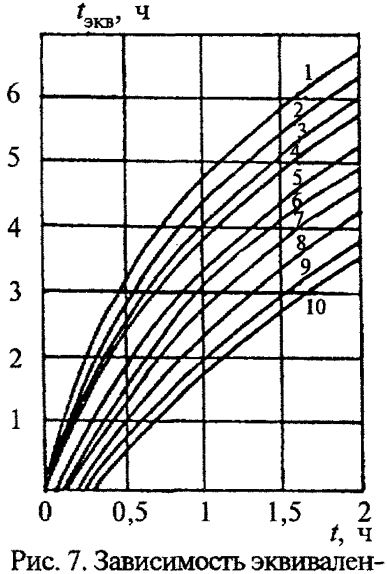


Рис. 7. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара для несущих железобетонных стен от времени пожара для ПРВ

1—$П_р$=0,3; *5*—0,18; *8*—0,09;
2—0,18; *6*—0,15; *9*—0,06;
3—0,24; *7*—0,12; *10*—0,03
4—0,21;

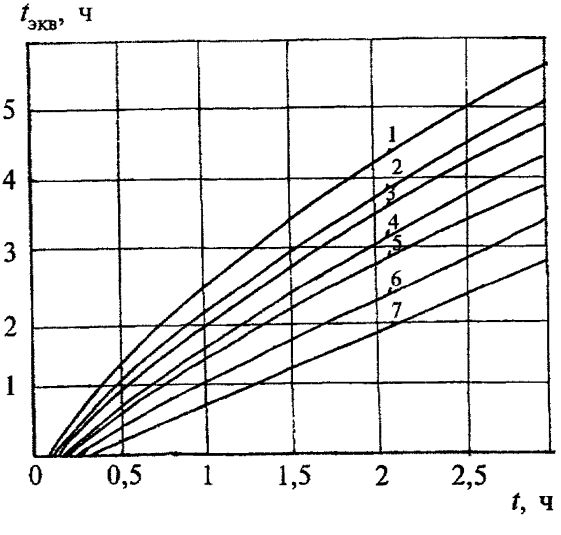


Рис. 8. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара для центрально-сжатых железобетонных колонн для ПРВ

1—$П_р$=0,25; *5*—0,12;
2—0,20; *6*—0,08;
3—0,18; *7*—0,04
4—0,15;

ПРИМЕРЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

СТОЯНКА ЛЕГКОВОГО АВТОТРАНСПОРТА

Двухэтажная обвалованная стоянка на 96 мест предназначена для строительства на внутридворовых и придворовых территориях новых и существующих жилых районов, микрорайонов, кварталов с использованием покрытия автостоянки для благоустройства и озеленения, игровых и спортивных площадок и.т.п.

Автостоянка предусматривает манежное хранение легковых автомобилей, работающих на бензине или дизельном топливе.

Здание автостоянки включает:

1-й этаж — цокольный площадью 1429 м^2, высотой 3 м;

2-й этаж — надземный площадью 1429 м^2, высотой 3 м.

Для определения категории пожарной опасности выполнялся расчет в соответствии с НПБ 105-95. В здании пожарная нагрузка только от легковых автомобилей.

Среднее количество горючих веществ и материалов в одном автомобиле следующее:

резина — 100 кг; бензин — 60 л; смазочные масла — 20 л; пенополиуретан — 10 кг; полиэтилен — 4 кг; полихлорвинил — 5 кг; искусственная кожа — 9 кг.

Низшая теплота сгорания, МДж/кг, этих веществ и материалов составляет:

резина — 33,52; бензин — 42; смазочные масла — 41,8; пенополиуретан — 24,3; полиэтилен — 44,14; полихлорвинил — 14,31; искусственная кожа — 17,76.

Пожарная нагрузка от одного автомобиля будет равна:

$$100 \times 33{,}52 + 60 \times 42 + 20 \times 41{,}8 + 10 \times 24{,}3 + 4 \times 44{,}14 + 5 \times \times 14{,}31 + 9 \times 17{,}76 = 7359 \text{ МДж}.$$

В соответствии с расчетом здание не относится к категориям А и Б.

Равномерно распределенная пожарная нагрузка по помещению хранения автомобилей при площади хранения 1309 м^2 составит:

$$7359 \times 48 / 1309 = 270 \text{ МДж/м}^2.$$

Проверяем значение пожарной нагрузки на участке

$$0{,}64 \times 270 \times 3^2 = 1555{,}2;$$

$$7359 > 1555{,}2.$$

Помещение для хранения автотранспорта относится к категории В2.

Категория пожарной опасности здания В.

Въезды в автостоянку независимые в каждый этаж, рассредоточенные, на первый этаж — по пандусу в заглубленную часть, на второй этаж — по надземному пандусу. Из помещения хранения автомобилей с каждого этажа в количестве до 50 единиц устраивается один выезд.

Степень огнестойкости здания по проекту — 1, класс конструктивной пожарной опасности здания С0 по СНиП 21-01-97*.

В соответствии со СНиП 21-02-99 «Стоянки автомобилей» двухэтажные здания стоянок должны оборудоваться установками автоматического тушения пожара.

Этажи здания разделены противопожарным перекрытием. Огнестойкость противопожарного перекрытия, при которой не происходит потеря им несущей способности, определялась расчетом исходя из величины пожарной нагрузки и условий ее сгорания.

Определяем вид возможного пожара в помещении хранения автомобилей.

Площадь тепловоспринимающих ограждающих конструкций составляет 1890 м^2.

Удельная пожарная нагрузка по площади тепловоспринимающих конструкций в помещении хранения автомобилей составляет:

$$P_к = 7359 \times 48 / 13{,}8 \times 1890 = 13{,}5 \text{ кг/м}^2.$$

Рассчитанная критическая пожарная нагрузка на 1 м^2 площади тепловоспринимающих конструкций составляет 8 кг/м^2, следовательно, в помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Для пожара, регулируемого вентиляцией, определяем возможную его продолжительность:

$$t = 353232 / 6285 \times (0{,}6 \times 0{,}8 \times 48 + 3 \times 2{,}3 \times 2)0{,}88^{1/2} = 1{,}6 \text{ ч}.$$

Определяем проемность помещения

$$П = (48 \times 0{,}6 \times 0{,}8 + 3 \times 2{,}3 \times 2)0{,}88^{1/2} / 1429 = 0{,}02 \text{ м}^{1/2}.$$

Эквивалентная продолжительность пожара для плиты перекрытия при длительности свободно развивающегося пожара продолжительностью 1,6 ч и проемности 0,02 не достигает 1 ч (рис. 6).

Следовательно, при фактическом пределе огнестойкости проти-

вопожарного перекрытия 1 ч и равным ему условиям сопряжений обеспечивается нераспространение пожара через перекрытие.

В соответствии с расчетом принимается противопожарное перекрытие 2-го типа (REI 60). Люки и клапаны в нем должны быть 2-го типа (EI 30).

Предел огнестойкости несущих конструкций, обеспечивающих устойчивость противопожарного перекрытия, и узлов крепления между ними, должен быть не менее R60,

Принятое объемно-планировочное и конструктивное решение, включающее устройство противопожарного перекрытия между 1-м и 2-м этажами, позволило рассматривать каждую часть здания как одноэтажное здание с самостоятельными выездами наружу и не оборудовать здание установкой автоматического пожаротушения. Все пожароопасные помещения надземного и цокольного этажей оборудованы автоматическими установками обнаружения пожара.

Технико-экономическое обоснование включает сравнение вариантов:

1. Здание без противопожарного перекрытия, оборудованное установкой автоматического пожаротушения.

2. Здание с противопожарным перекрытием, оборудованное установкой автоматической пожарной сигнализации.

3. Базовый вариант: здание без противопожарного перекрытия, без установок автоматического пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации, имеются только первичные средства пожаротушения.

В расчетах учитывались следующие сценарии пожаров.

Сценарии возможных пожаров предполагают возникновение загорания в одном из автомобилей. При свободном развитии происходит распространение горения на другие автомобили и пожар переходит в объемный.

Часть загораний ликвидируется с помощью первичных средств пожаротушения на небольшой площади.

Часть пожаров в зданиях, оборудованных установками автоматического пожаротушения, тушится в пределах расчетной площади тушения.

Пожары, которые не потушены первичными средствами из-за их или недостаточной эффективности, или позднего обнаружения, развиваются и тушатся при своевременном прибытии подразделений пожарной охраны.

Часть пожаров, прибытие на которые подразделений пожарной охраны по каким-то причинам не оказалось своевременным, развиваются на большие площади и происходят с обрушением строительных конструкций.

С учетом вероятности каждого из перечисленных вариантов развития пожара рассчитаны вероятностные годовые потери на объекте.

В расчете принята стоимость 1 м^2 здания вместе с оборудованием:

В 1-м варианте — 8512 руб.;

во 2-м варианте — 8484 руб.;

в 3-м варианте — 8400 руб.

Стоимость содержимого здания – 4200 руб/м^2.

Для 1-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000094 \times 4200 \times 2858 \times 4 \times 0{,}79 = 356$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 8522 \times 2858 \times 120 \times 0{,}52(1 - 0{,}79) \times \times 0{,}86 = 2580$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}0000094 \times 8522 \times 2858 \times 176{,}6 \times 0{,}52[1 - 0\ 79 - - (1 - 0{,}79)0{,}86]0{,}95 = 599$ руб/год;

$M(П_4) = 0{,}0000094 \times 8522 \times 2858$ x $2858\{1 - 0{,}79 - [(1 - 0{,}79) \times \times 0{,}86] - [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}86]0{,}95\} = 981$ руб/год.

Для 2-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000094 \times 4200 \times 2858$ x $4 \times 0{,}79 = 356$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 8484 \times 2858 \times 176{,}6 \times 0{,}52(1 - 0\ 79) \times \times 0{,}95 = 4175{,}6$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}0000094 \times 8484 \times 2858 \times 1429[1 - 0{,}79 - (1 - - 0{,}79)0{,}95] = 3419{,}8$ руб/год.

Для 3-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000094 \times 4200 \times 2858 \times 4 \times 0{,}79 = 456$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 8400 \times 2858 \times 1429(1 - 0{,}79)0{,}95 = = 64335$ руб в год;

$M(П_3) = 0{,}0000094 \times 8400 \times 2858 \times 2858[1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79) \times \times 0{,}95] = 6772$ руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

В 1-м варианте:

$M(П)$ = 356 + 2580 + 599 + 981= 4516 руб/год.

Во 2-м варианте:

$M(П)$ = 356 + 4175,6 + 3419,8 = 7951,4 руб/год.

В базовом варианте:

$M(П)$ = 356 + 64335 + 6772 = 71463 руб/год.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 %.

1-й вариант: R_t = 71463 − 4516 = 66947 руб.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	66947	350120	—	0,91	60921	−289199
2	66947	—	20000	0,83	38966	38966
3	66947	—	20000	0,75	35210	35210
4	66947	—	20000	0,68	31924	31924
5	66947	—	20000	0,62	29107	29107
6	66947	—	20000	0,56	26290	26290
7	66947	—	20000	0,51	23943	23943
8	66947	—	20000	0,47	22065	22065
9	66947	—	20000	0,42	19718	19718
10	66947	—	20000	0,38	17840	17840
11	66947	—	20000	0,35	16431	16431
12	66947	—	20000	0,31	14554	14554
13	66947	—	20000	0,28	13145	13145
14	66947	—	20000	0,26	12206	12206
15	66947	—	20000	0,23	10798	10798
16	66947	—	20000	0,22	10328	10328
17	66947	—	20000	0,20	9389	9329
18	66947	—	20000	0,18	8450	8450
19	66947	—	20000	0,16	7512	7512
20	66947	—	20000	0,15	7042	7042

2-й вариант: R_t = 71463 − 7951,4 = 63512 руб.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	63512	240500		0,91	57796	−182704
2	63512	—	10000	0,83	44415	44415
3	63512	—	10000	0,75	40134	40134
4	63512	—	10000	0,68	36388	36388
5	63512	—	10000	0,62	33177	33177
6	63512	—	10000	0,56	29966	29966
7	63512	—	10000	0,51	27329	27329
8	63512	—	10000	0,47	25150	25150
9	63512	—	10000	0,42	22506	25506
10	63512	—	10000	0,38	20335	20335
11	63512	—	10000	0,35	18729	18729
12	63512	—	10000	0,31	16589	16589
13	63512	—	10000	0,28	14983	14983
14	63512	—	10000	0,26	13913	13913
15	63512	—	10000	0,23	12308	12308
16	63512	—	10000	0,22	11773	11773
17	63512	—	10000	0,20	10702	10702
18	63512	—	10000	0,18	9632	0632
19	63512	—	10000	0,16	8562	8562

Интегральный эффект при расчете за период в 20 лет составляет:
В 1-м варианте: $И = 65719$ руб.;
во 2-м варианте: $И = 221914$ руб.

Сравнение показывает экономическую целесообразность принятия 2-го варианта, т.е. решения с противопожарным перекрытием.

АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВОЙ КОРПУС

Административно-бытовой корпус представляет собой 4-этажное здание с подвалом, пристроенное к производственному корпусу. Стены здания — кирпичные, перекрытия — обетонированные металлические балки, по которым уложена бетонная плита, чердачное покрытие — деревянные стропила и деревянная обрешетка, обработанные огнезащитным составом, кровля — металлическая. Здание отвечает требованиям II степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85*.

Административно-бытовой корпус отделен от производственного противопожарной стеной I типа. Площадь административно-бытовой части: 1-го, 2-го, 3-го и 4-го этажей и подвала по проекту — по 800 м^2. Развернутая площадь 4000 м^2.

Планировочное решение здания представляет собой набор административно-бытовых помещений, имеющих выходы в общий коридор, ведущий в лестничные клетки.

Объемно-планировочные и конструктивные решения, принятые в проекте, отвечают требованиям СНиП 2.09.04-87*.

Внешний осмотр бетонных и кирпичных строительных конструкций позволяет сделать вывод об их износе.

Осмотр конструкций чердака показал, что стропила и обрешетка имеют огнезащитное покрытие, однако местами наблюдается его отслоение от древесины.

Здание оснащено первичными средствами пожаротушения и внутренним пожарным водопроводом.

Здание оборудовано автоматической пожарной сигнализацией, однако часть пожароопасных помещений 4-го этажа системой автоматической сигнализации не оборудована.

В результате обследования административно-бытового корпуса и расчетов составлена сводная таблица с указанием величины пожарной нагрузки в помещениях.

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Конторские помещения	500—650
2	Диспетчерская	450
3	Архив	1100
4	Медпункт	450
5	Магазин	650
6	Столовая	450
7	Раздевалка	350
8	Конторские помещения со стеллажами	900
9	АТС	450
10	Библиотека	1100
11	Актовый зал	400

Исходя из экспертной оценки, учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, в расчете принимается вариант развития пожара в одном из помещений 4-го этажа площадью 36 м^2, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки — 1100 МДж/м^2.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь для административно-бытового корпуса.

В расчете принята стоимость 1 м^2 здания вместе с его содержимым — 5762 руб., в том числе внутреннего оборудования здания — 2879 руб.

При тушении пожара первичными средствами:

$$M(П_1) = 5 \times 10^{-6} \times 4000 \times 2879 \times 4 \times 0{,}79(1 + 0{,}9) = 345{,}7 \text{ руб.}$$

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны в пределах 15 мин принимаем условие, что развитие пожара возможно в пределах одного помещения или между помещениями, разделенными перегородками с пределом огнестойкости менее 0,25 ч. Обрушения основных строительных конструкций в здании II степени огнестойкости не происходит, возможен только переход пожара в смежное помещение. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью горения (0,5 м/мин) и временем до начала тушения (15 мин):

$$F'_{\text{пож}} = n(v_{\text{л}} B_{\text{св.г}})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 15)^2 = 176{,}6 \text{ м}^2,$$

где $v_{\text{л}}$ — линейная скорость распространения пожара, м/мин;

$B_{\text{св.г}}$ — время свободного горения, мин.

Рассчитываем величину годовых потерь:

$$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 4000 \times 5762 \times 176{,}6 \times 0{,}52(1 + 0{,}9)(1 - 0{,}79)0{,}95 = = 4011{,}4 \text{ руб.}$$

В случае свободного развития пожара проверяем возможность обрушения перекрытий здания.

В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара по формуле

$$t = \frac{1100 \times 36}{6285 \times 4\sqrt{1{,}8}} = 1{,}175 \text{ ч.}$$

По рис. 6 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения определяем эквивалентную продолжительность пожара для конструкций перекрытия. Она составляет 1,5 ч. Предел огнестойкости перекрытия здания II степени огнестойкости составляет 0,75 ч. Следовательно, $t_{экв} > П_о$ и в результате пожара возможно обрушение перекрытия и переход горения с этажа на чердак.

Предполагается, что в течение 30 мин происходит свободное развитие пожара по площади, после чего прибывшие подразделения пожарной охраны локализуют горение, однако еще через 15 мин пожара происходит обрушение перекрытий.

В результате свободного горения в течение 30 мин площадь горения при неблагоприятном сценарии пожара, с учетом перехода горения в смежные помещения и с учетом возможного обрушения конструкций перекрытия через 45 мин и распространения горения по всей площади чердачного этажа, составит:

$$F''_{пож} = n(v_л B_{св.г})^2 2 = 3{,}14(0{,}5 \times 30)^2 2 = 1440 \text{ м}^2.$$

Для описанного варианта развития пожара величина ожидаемых годовых потерь составит:

$$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 4000 \times 5762 \times 1440(1 + 0{,}9)[1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 3310{,}6 \text{ руб.}$$

Таким образом математическое ожидание годовых потерь от пожаров на объекте составит:

$$M(П) = 345{,}7 + 4011{,}4 + 3310{,}6 = 7667{,}7 \text{ руб.}$$

Полученные результаты расчета приемлемы при условии оборудования всех пожароопасных помещений системой автоматической пожарной сигнализации. Однако в существующем административно-бытовом корпусе часть пожароопасных помещений 4-го этажа сигнализацией не оборудована. При возникновение пожара в одном из этих помещений время сообщения о возникновении пожара в пожарную часть после развития пожара на значительную площадь возрастает и составит 30 мин:

$$F'_{пож} = n(v_л B_{св.г})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 30)^2 = 706{,}6 \text{ м}^2,$$

Стоимость 1 м^2 здания с его содержимым в этом случае составляет 5758 руб.

С учетом этого ожидаемые годовые потери от таких пожаров составят:

$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 4000 \times 5758 \times 706{,}6 \times 0{,}52(1 + 0{,}9)(1 - 0{,}79)0{,}95 = = 16038{,}8$ руб.;

$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 4000 \times 5758 \times 1440(1 + 0{,}9)[1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 3306$ руб.

Общие ожидаемые годовые потери при отсутствии автоматической пожарной сигнализации в части помещений 4-го этажа составят:

$M(П) = 345{,}7 + 16038{,}8 + 3306 = 19690{,}5$ руб.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для административно-бытового корпуса. Для существующего состояния здания:

$Y_{п.о} = 19690{,}5 / 23034910 = 8{,}5$ коп/100 руб.

При выполнении на объекте пожарной сигнализации по всем пожароопасным помещениям:

$Y_{п.о} = 7667{,}7 / 23050469 = 3{,}3$ коп/100 руб.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 %

$$R_t = 19690{,}5 - 7667{,}7 = 12023 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты, связанные с оборудованием помещений 4-го этажа автоматической пожарной сигнализацией, составят 15559 руб.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	12023	15559	—	0,91	10941	−4618
2	12023	—	504	0,83	9561	9561
3	12023	—	504	0,75	8639	8639
4	12023	—	504	0,68	7833	7833

$И = 21415$ руб. при расчете за 4 года. Дополнительные затраты на оборудование помещений 4-го этажа автоматической пожарной сигнализацией экономически обоснованы.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗДАНИЕ АВТОКОМБИНАТА

Производственное здание автотранспортного предприятия предназначено для технического обслуживания и текущего ремонта подвижного состава. Категория взрывопожарной и пожарной опасности здания по НПБ 105-95 — В. Здание одноэтажное, пристроенное к 4-этажному корпусу административно-бытового назначения. Общая площадь составляет 9164 м^2. Здание состоит из пяти пролетов. Основные несущие строительные конструкции железобетонные и кирпичные, фермы и балки покрытия — металлические. Здание отвечает требованиям II степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85*.

В производственной части размещены помещения ремонта двигателей, шиномонтажное отделение, окрасочное помещение, кладовая красок и краскоприготовительная, кузовная мастерская, электротехническая мастерская, складские помещения. Пролеты здания разделены встройками, имеющими сквозные проезды без устройства в них ворот.

Стены встроек — кирпичные, балки перекрытий — металлические, плиты — железобетонные.

В соответствии с нормативными требованиями в здании предусмотрены следующие противопожарные мероприятия:

первичные средства пожаротушения и внутренний противопожарный водопровод;

автоматическая пожарная сигнализация;

оповещение о пожаре;

объемно-планировочные и технические решения, обеспечивающие своевременную эвакуацию людей и автотранспорта в случае пожара.

Наружное пожаротушение предусматривается от гидрантов городской водопроводной сети.

Пожароопасные помещения оборудованы автоматической пожарной сигнализацией.

Выполненное натурное обследование позволило сделать следующее заключение по основным характеристикам пожарной опасности объекта.

Объект эксплуатируется более 50 лет и строительные конструкции имеют значительный износ.

Объемно-планировочные и конструктивные решения выполнены в соответствии с принятыми в проекте.

Согласно НПБ 110-99 здания предприятий автотранспорта площадью более 1000 м^2 должны быть оборудованы установками автоматического пожаротушения. Встройки между пролетами не могут рассматриваться как противопожарные преграды, так как имеют открытые проезды шириной 6 м, не оборудованные дренчерными завесами и не имеющие противопожарных ворот. Кроме того, в помещениях вставок имеются горючие вещества и материалы.

Система автоматического пожаротушения отсутствует.

В цехе имеется скопление автомобильных шин, составляющих повышенную пожарную нагрузку, имеются промасленные материалы.

При обследовании системы автоматической сигнализации было установлено, что она неисправна и подлежит ремонту.

Расстояние до ближайшей пожарной части в пределах 4 километров.

На основе данных обследования составлена сводная таблица с указанием величины функциональной пожарной нагрузки в основных помещениях.

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Участки ремонта и техобслуживания автомашин	180—350
2	Механический участок	160
3	Металлообработка	160
4	Складские помещения	250
5	Склад авторезины	600
6	Окрасочное отделение	180
7	Кладовая красок	500
8	Шиномонтажное отделение	350

Рассмотрим следующие варианты развития пожаров:

1. Существующее состояние объекта:

система автоматической пожарной сигнализации находится в нерабочем состоянии, пожар обнаруживается персоналом, используются первичные средства пожаротушения;

подразделения пожарной охраны вызываются персоналом с помощью телефонной связи.

2. На объекте выполнены ремонтные работы:

система автоматической пожарной сигнализации находится в рабочем состоянии;

используются первичные средства пожаротушения, автоматически подается сигнал на приемный пункт связи с пожарной частью.

3. На объекте смонтирована система автоматического пожаротушения.

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны по сигналу системы автоматической пожарной сигнализации в пределах 15 мин принимаем условие, что развитие пожара происходит в пределах одного помещения на участке размещения пожарной нагрузки. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения:

$$F_{\text{пож}} = n(v_{\text{л}} B_{\text{св.г}})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 15)^2 = 176{,}6 \text{ м}^2.$$

Исходя из экспертной оценки, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар на участке, в пределах которого содержится наибольшее количество пожарной нагрузки, состоящей из автомобильных шин — 600 МДж/м^2 на площади 700 м^2.

В помещении возможен локальный пожар.

Рассчитываем продолжительность локального пожара:

$$t = 30 / 11{,}2 \times 10^{-3} = 2727 \text{ сек} = 45 \text{ мин}.$$

По графику рис. 2 в зависимости от продолжительности пожара определяем эквивалентную продолжительность пожара для металлических конструкций покрытия. Она составляет 35 мин. Предел огнестойкости металлических ферм составляет 15 мин. Следовательно, $t_{\text{экв}} > П_{\text{о}}$ и в результате пожара возможно обрушение конструкций покрытия.

Стоимость 1 м^2 объекта составляет:

в 1-м варианте — 7450,9 руб.;

во 2-м варианте — 7464,9 руб.;

в 3-м варианте — 7530 руб.

В том числе стоимость оборудования в здании — 3750,5 руб/м^2.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери для различных сценариев развития пожаров.

Для 1-го варианта:

$$M(П_1) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 3730{,}5 \times 4(1 + 1{,}63)0{,}79 = 881 \text{ руб/год};$$

$M(П_2) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 7450{,}9 \times 700(1+ 1{,}63)0{,}52 \times$
$\times (1 - 0\ 79) \times 0{,}95 = 40800$ руб/год;

$M(П_3) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 7450{,}9 \times 1832{,}8(1 + 1{,}63) \times$
$\times [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 10202$ руб/год.

Для 2-го варианта:

$M(П_1) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 3730{,}5 \times 4(1 + 1{,}63)0{,}79 =$
$= 881$ руб/год;

$M(П_2) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 7464{,}9 \times 176{,}6(1 + 1{,}63)0{,}52 \times$
$\times (1 - 0\ 79)0{,}95 = 19647$ руб/год;

$M(П_3) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 7464{,}9 \times 1832{,}8(1 + 1{,}63) \times$
$\times [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 10221$ руб/год.

Для 3-го варианта:

$M(П_1) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 3730{,}5 \times 4(1 + 1{,}63)0{,}79 =$
$= 881$ руб/год;

$M(П_2) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 3730{,}5 \times 120(1 + 1{,}63)(1 - 0{,}79) \times$
$\times 0{,}86 = 1210{,}7$ руб/год;

$M(П_3) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 7530{,}9 \times 176{,}6(1+ 1{,}63)0{,}52 \times [1 -$
$- 0{,}79 - (1 - 0{,}79) \times 0{,}86] \times 0{,}95 = 710{,}3$ руб/год;

$M(П_4) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 9164 \times 7530{,}9 \times 1425{,}7(1 + 1{,}63)0{,}52 \times$
$\times \{1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}86 - [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}86] \times$
$\times 0{,}95\} = 1202{,}9$ руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

- при нарушениях в мерах пожарной безопасности, нерабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации:

$M(П) = 881+ 40800 + 10202 = 51883$ руб/год;

- при рабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации и соблюдении на объекте мер пожарной безопасности:

$M(П) = 881 + 19647 + 10221 = 30749$ руб/год;

- при оборудовании объекта системой автоматического пожаротушения:

$M(П) = 881 + 1210{,}7 + 710{,}3 + 1202{,}9 = 4004{,}9$ руб/год.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для производственного здания.

Для 1-го варианта:

$Y_{п.о}$ = 51883 / 6 8280047 = 7,6 коп/100 руб.

Для 2-го варианта:

$Y_{п.о}$ = 30749 / 6 8408343,6 = 4,5 коп/100 руб.

Для 3-го варианта:

$Y_{п.о}$ = 4004,9 / 6 9004920 = 0,58 коп/100 руб.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 %.

1-й вариант:

$R_t = 0$; $И = 0$.

2-й вариант:

R_t = 51883 − 30749 = 21134 руб.

Капитальные затраты, связанные с оборудованием здания системой автоматической пожарной сигнализации, составят 128296 руб.

$И$ = 3837,5 руб. при расчете за период в 20 лет.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	21134	128296	—	0,91	19232	−109064
2	21134	—	6200	0,83	12395	12395
3	21134	—	6200	0,75	11200,5	11200,5
4	21134	—	6200	0,68	10155	10155
5	21134	—	6200	0,62	9259	9259
6	21134	—	6200	0,56	8363	8363
7	21134	—	6200	0,51	7616	7616
8	21134	—	6200	0,47	7019	7019
9	21134	—	6200	0,42	6273	6273
10	21134	—	6200	0,38	5675	5675
11	21134	—	6200	0,35	5227	5227
12	21134	—	6200	0,31	4630	4630
13	21134	—	6200	0,28	4182	4182
14	21134	—	6200	0,26	3883	3883
15	21134	—	6200	0,23	3435	3435
16	21134	—	6200	0,22	3285	3285
17	21134	—	6200	0,20	2987	2987
18	21134	—	6200	0,18	2688	2688
19	21134	—	6200	0,16	2389	2389
20	21134	—	6200	0,15	2240	2240

3-й вариант:

$R_t = 51883 - 4004{,}9 = 47878$ руб.

Капитальные затраты, связанные с оборудованием пожароопасных помещений здания системой автоматического пожаротушения, составят 641480 руб.

$И = -607758{,}9$ руб. Вариант убыточный.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	47878	641480	—	0,91	43569,9	−597910
2	47878	—	51320	0,83	−2857	−2857
3	47878	—	51320	0,75	−2581	−2581
4	47878	—	51320	0,68	−2341	−2341
5	47878	—	51320	0,62	−2134	−2134

Экономически целесообразно оборудовать здание системой автоматической пожарной сигнализации.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗДАНИЕ

Главный производственный корпус представляет собой П-образное 2-этажное здание площадью застройки 797 м^2. Высота здания 13,4 м, развернутая площадь здания 1594 м^2.

Наружные и внутренние стены здания — кирпичные, перекрытия — железобетонные.

Здание отвечает требованиям II степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85*.

В здании размещается прессовое и другое технологическое оборудование. Категория пожарной опасности здания — В.

Объемно-планировочные и конструктивные решения, отраженные в проекте, отвечают требованиям СНиП 2.01.02-85* «Противопожарные нормы» и СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания».

Для внутреннего пожаротушения в здании имеется противопожарный водопровод.

Наружное пожаротушение предусматривается от гидрантов водопроводной сети.

В соответствии с требованиями НПБ 110-99 пожароопасные помещения двухэтажного здания категории В площадью более 500 м^2

должны быть оборудованы автоматическими установками тушения пожара.

Здание системой автоматического тушения и системой автоматической пожарной сигнализации не оборудовано.

Внешний осмотр несущих и ограждающих строительных конструкций позволяет сделать вывод об их изношенном состоянии. В некоторых местах отделка и облицовка стен не позволяет определить состояние основной конструкции. Имеются небольшие трещины и отколы.

Здание оснащено первичными средствами пожаротушения.

Для оценки возможных потерь в здании производственного корпуса прогнозировались условия протекания пожара при следующих вариантах защищенности объекта от пожара.

1-й вариант

Существующее состояние объекта: система автоматической пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения отсутствует, пожар обнаруживается персоналом, используются первичные средства пожаротушения, подразделения пожарной охраны вызываются персоналом с помощью телефонной связи.

2-й вариант

На объекте смонтирована система автоматической пожарной сигнализации, автоматически подается сигнал на приемный пункт связи с пожарной частью. Система сигнализации находится в рабочем состоянии. Используются первичные средства пожаротушения.

3-й вариант

Смонтирована и исправно функционирует система автоматического пожаротушения.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь от пожаров при возникновении пожаров на наиболее пожароопасных участках..

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны в пределах 15 мин принимаем условие, что развитие пожара происходит в пределах одного помещения на участке размещения пожарной нагрузки. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения:

$$F_{\text{пож}} = n(v_{\text{л}} B_{\text{св.г}})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 15)^2 = 176{,}6 \text{ м}^2.$$

Расчетная площадь пожара, в случаях когда прибытие подразделений пожарной охраны произошло через 30 мин, после развития пожара может составить:

$$F_{пож} = 3{,}14(0{,}5 \times 30)^2 = 1589 \text{ м}^2.$$

Очевидно, что в этом случае площадь пожара будет равна площади этажа — 797 м^2.

Исходя из экспертной оценки, учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар в одном из помещений площадью 16,5 м^2, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки на отдельных участках, равное 1750 МДж/м^2.

В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара:

$$t = \frac{1750 \times 16{,}5}{6285 \times 4\sqrt{1{,}8}} = 0{,}85 \text{ ч}.$$

По графику рис. 6 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения определяем эквивалентную продолжительность пожара для конструкций покрытия. Она составляет 1,2 ч. Предел огнестойкости покрытия здания II степени огнестойкости составляет 0,75 ч. Следовательно, $t_{экв} > П_о$ и в результате пожара возможно обрушение покрытия.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери при различных сценариях развития пожаров с учетом площади возможного пожара и возможных разрушений конструкций зданий.

Стоимость 1 м^2 здания вместе с оборудованием:

в 1-м варианте — 11180 руб.;

во 2-м варианте — 11220 руб.;

в 3-м варианте — 11255 руб.,

в том числе стоимость оборудования — 5590 руб/м^2.

Для 1-го варианта:

$$M(П_1) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \text{ x } 5590 \times 4(1 + 1{,}26)0{,}27 = 108 \text{ руб/год};$$

$$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 5590 \times 797(1+ 1{,}26)0{,}52 \times \times (1 - 0{,}27)0{,}95 = 28938 \text{ руб/год};$$

$$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 11180 \times 1594(1 + 1{,}26) \times \times [1 - 0{,}27 - (1 - 0{,}27)0{,}95] = 12840 \text{ руб/год}.$$

Для 2-го варианта:

$M(П_1) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 5590 \times 4(1 + 1{,}26)0{,}27 = 108$ руб/год;

$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 5590 \times 397(1+ 1{,}26)0{,}52 \times \times (1 - 0{,}27)0{,}95 = 14415$ руб/год;

$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 11220 \times 1594(1 + 1{,}26) \times \times [1 - 0{,}27 - (1 - 0{,}27)0{,}95] = 12886$ руб/год.

Для 3-го варианта:

$M(П_1) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 5590 \times 4(1 + 1{,}26)0{,}27 = 108$ руб/год;

$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 5590 \times 120(1 + 1{,}26)(1 - - 0{,}27)0{,}86 = 7585$ руб/год;

$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 5590 \times 397(1+ 1{,}26)0{,}52 \times \times [1 - 0\ 27 - (1 - 0{,}27)0{,}86]0{,}95 = 1974$ руб/год;

$M(П_4) = 5 \times 10^{-6} \times 1594 \times 11255 \times 1594(1 + 1{,}26) \times \times \{1 - 0{,}27 - (1 - 0{,}27)0{,}86 - [1 - 0{,}27 - (1 - 0{,}27)0{,}86] \times \times 0{,}95\} = 1616$ руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

- при нарушениях в мерах пожарной безопасности, отсутствии систем автоматической пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения:

$M(П) = 108 + 28938 + 12840 = 41886$ руб/год;

- при рабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации и соблюдении на объекте мер пожарной безопасности:

$M(П) = 108 + 14415 + 12886 = 27409$ руб/год;

-при оборудовании объекта системой автоматического пожаротушения:

$M(П) = 108 + 7585 + 1974 + 1616 = 11283$ руб/год.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для производственного корпуса.

Для существующего состояния здания:

$Y_{п.о} = 41886 / 17820920 = 23{,}5$ коп/100 руб.

При выполнении на объекте пожарной сигнализации по всем пожароопасным помещениям:

$Y_{п.о} = 27409 / 17884680 = 15{,}3$ коп/100 руб.

При оборудовании здания установками автоматического пожаротушения:

$Y_{п.о} = 11283 / 17940470 = 6{,}2$ коп/100 руб.

Исходя из расчетов уровня защищенности цеха, следует сделать вывод о том, что устройство автоматической пожарной сигнализации значительно повышает уровень защищенности объекта, однако не является достаточным для обеспечения его пожарной безопасности. Высокая скорость распространения горения и высокая вероятность возникновения пожара обусловливают необходимость устройства в здании системы автоматического пожаротушения.

Вопрос об оборудовании цеха и отдельных помещений системами автоматического пожаротушения должен решаться на основе технико-экономического обоснования.

В соответствии со сметными данными рассчитаны единовременные затраты, связанные с оборудованием цеха установками автоматического пожаротушения и сигнализации.

Они составляют:

для автоматического пожаротушения:

$K = 119550$ руб.;

для автоматической пожарной сигнализации

$K = 65400$ руб.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 %.

1-й вариант:

$R_t = 0$; $И = 0$.

2-й вариант:

$R_t = 41886 - 27409 = 14477$ руб.;

$И = -5322$ руб. при расчете за период в 12 лет.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	14477	65400	—	0,91	13174	−52226
2	14477	—	6500	0,83	6621	6621
3	14477	—	6500	0,75	5983	5983
4	14477	—	6500	0,68	5424	5424
5	14477	—	6500	0,62	4946	4946
6	14477	—	6500	0,56	4467	4467
7	14477	—	6500	0,51	4068	4068
8	14477	—	6500	0,47	3749	3749
9	14477	—	6500	0,42	3350	3350
10	14477	—	6500	0,38	3031	3031
11	14477	—	6500	0,35	2792	2792
12	14477	—	6500	0,31	2473	2473

3-й вариант:

$R_t = 41886 - 11283 = 30603$ руб.

$И = 14742{,}7$ руб. при расчете за период в 12 лет

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	30603	119550	—	0,91	27849	−91701,3
2	30603	—	12500	0,83	15025	15025
3	30603	—	12500	0,75	13577	13577
4	30603	—	12500	0,68	12310	12310
5	30603	—	12500	0,62	11224	11224
6	30603	—	12500	0,56	10138	10138
7	30603	—	12500	0,51	9232	9232
8	30603	—	12500	0,47	8508	8508
9	30603	—	12500	0,42	7603	7603
10	30603	—	12500	0,38	6879	6879
11	30603	—	12500	0,35	6336	6336
12	30603	—	12500	0,31	5612	5612

Расчеты показывают целесообразность оборудования здания системой автоматического пожаротушеня.

СКЛАДСКОЕ ЗДАНИЕ

Складское здание предназначено для хранения технической продукции.

Здание одноэтажное, однопролетное, размером 18×84 м, площадью 1512 м^2.

В торце здания имеется одноэтажная пристройка, в которой размещены административно-бытовые помещения. Пристройка отделена от складских помещений противопожарной стеной.

Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности по НПБ 105-95 — В.

Здание имеет железобетонные колонны, по которым уложены железобетонные балки и плиты, наружные и внутренние стены — кирпичные.

В верхней части продольных стен имеется ленточное остекление.

Конструктивное решение здания отвечает требованиям II степени огнестойкости.

Вдоль продольных стен здания имеются погрузочно-разгрузочные рампы с навесами из железобетонных конструкций.

Объемно-планировочные и конструктивные решения, принятые в проекте, классифицируются по СНиП 2.01.02-85* «Противопожарные нормы» и СНиП 2.11.01-85 «Складские здания» и должны отвечать противопожарным требованиям этих нормативных документов.

В соответствии с нормативными требованиями в здании предусмотрены следующие противопожарные мероприятия:

- первичные средства пожаротушения;
- объемно-планировочные и технические решения, обеспечивающие своевременную эвакуацию людей и материальных ценностей;
- наружный противопожарный водопровод.

Выполненное в соответствии с Методикой натурное обследование позволило сделать следующее заключение по основным характеристикам пожарной опасности объекта.

Объемно-планировочные и конструктивные решения выполнены в соответствии с действующими нормами.

Деревянные элементы стеллажей для хранения продукции не имеют огнезащиты.

Для внутреннего пожаротушения в здании противопожарный водопровод не предусмотрен.

Наружное пожаратушение от гидрантов городской водопроводной сети отсутствует.

Согласно НПБ 110-99 складские помещения категорий В2—В3 площадью более 1000 м^2 должны быть оборудованы установками автоматического пожаротушения.

При обследовании было установлено, что система автоматического пожаротушения отсутствует.

Расстояние до ближайшей пожарной части в пределах 4 километров.

Величина пожарной нагрузки в складском здании составляет:

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Конторские помещения	500
2	Кладовые	750
3	Бытовые помещения	350
4	Складские помещения	1400
5	На отдельном участке складского помещения	1800

Для оценки возможных потерь прогнозировались условия протекания пожара при различных его сценариях:

1. Существующее состояние объекта: на объекте отсутствуют системы автоматического пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации; при пожаре подразделения пожарной охраны вызываются персоналом с помощью телефонной связи.

2. На объекте выполнена реконструкция. Здание разделено на два отсека противопожарной стеной и выполнена автоматическая пожарная сигнализация.

3. Здание оборудовано автоматическими установками пожаротушения модульного типа.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь от пожаров при возникновении пожаров в наиболее пожароопасных помещениях.

При прибытии подразделений пожарной охраны при отсутствии автоматической пожарной сигнализации за время до 30 мин принимаем условие, что развитие пожара происходит по помещению складирования в пределах размещения пожарной нагрузки. Площадь по-

жара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения:

$$F_{пож} = n(v_л B_{св.г})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 30)^2 = 706{,}6 \text{ м}^2.$$

Для расчета пользуемся данными, сведенными в таблицу.

Исходя из экспертной оценки, учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар в одном из помещений, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки — 1800 МДж/м^2.

В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара по формуле

$$t = \frac{1800 \times 1512}{6285 \times 457{,}6\sqrt{0{,}6}} = 1{,}22 \text{ ч}.$$

По графику рис. 6 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения определяем эквивалентную продолжительность пожара $t_{экв}$ для конструкций покрытия. Она составляет 2,2 ч. Предел огнестойкости перекрытия составляет 1 ч. Следовательно, $t_{экв} > П_о$ и в результате пожара возможно обрушение покрытия.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери при различных сценариях развития пожаров в каждом варианте.

Стоимость 1 м^2 здания вместе с оборудованием:

в 1-м варианте — 3360 руб.;

во 2-м варианте — 3521 руб.;

в 3-м варианте — 3380 руб.,

в том числе стоимость оборудования — 1680 руб/м^2.

Для 1-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000094 \times 1512 \times 1680 \times 4(1 + 0{,}98)0{,}79 =$
$= 149{,}3$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 1512 \times 3360 \times 706{,}6(1+ 0{,}98)0{,}52 \times$
$\times (1 - 0{,}79)0{,}95 = 6931{,}2$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}0000094 \times 1512 \times 3360 \times 1512(1 + 0{,}98) \times$
$\times [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 1501{,}1$ руб/год.

Для 2-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000094 \times 1512 \times 1680 \times 4(1 + 0{,}98)0{,}79 =$
$= 149{,}3$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 1512$ x $3521 \times 176{,}6(1+ 0{,}98)0{,}52 \times$
$\times (1 - 0{,}79)0{,}75 = 1432$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}0000094 \times 1512 \times 3521 \times 756(1 + 0{,}98) \times$
$\times [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}75] = 3933$ руб/год.

Для 3-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}000094 \times 1512 \times 1680 \times 4(1 + 0{,}98)0{,}79 =$
$= 149{,}3$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 1512 \times 1680 \times 120(1 + 0{,}98)0{,}52 \times$
$\times (1 - 0{,}79)0{,}86 = 532{,}8$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}0000094 \times 1512 \times 3380 \times 176{,}6(1+ 0{,}98)0{,}52 \times$
$\times [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}86]0{,}75 = 195{,}4$ руб/год;

$M(П_4) = 0{,}0000094 \times 1512 \times 3380 \times 1512(1 + 0{,}98) \times$
$\times \{1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}86 - [1 - 0{,}79 - (1 - 0\ 79)0{,}86] \times$
$\times 0{,}75\} = 1072{,}3$ руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

- при нарушениях в мерах пожарной безопасности, отсутствии систем автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения:

$M(П) = 149{,}3 + 6931{,}2 + 1501{,}1 = 8581{,}6$ руб/год;

- при рабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации и выполнении на объекте противопожарных отсеков:

$M(П) = 149{,}3 + 1432 + 3933 = 5514{,}3$ руб/год;

- при оборудовании объекта системой автоматического пожаротушения:

$M(П) = 149{,}3 + 532{,}8 + 195{,}4 + 1072{,}3 = 1949{,}8$ руб/год.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для складского корпуса. Для существующего состояния здания:

$Y_{п.о} = 8581{,}6 / 5080320 = 16{,}9$ коп/100 руб.

При выполнении на объекте двух противопожарных отсеков и пожарной сигнализации по всем помещениям:

$Y_{п.о} = 5514 / 5080320 = 10{,}3$ коп/100 руб.

При оборудовании пожароопасных помещений системой автоматического тушения пожара:

$Y_{п.о} = 1949{,}4 / 5110560 = 3{,}8$ коп/100 руб.

Анализ полученных результатов натурного обследования и расчетов возможных годовых потерь для складского здания показывает, что объект имеет невысокий уровень обеспечения пожарной безопасности, обусловленный отсутствием системы пожарной сигнализации и пожаротушения. Имеющиеся средства и организационные мероприятия при неблагоприятном стечении обстоятельств могут оказаться недостаточно эффективными в случае возникновения пожара и при задержке в прибытии подразделений пожарной охраны возможны большие материальные потери.

В соответствии со сметными данными рассчитаны затраты, связанные с разделением здания на 2 пожарных отсека и устройством системы автоматической пожарной сигнализации или с оборудованием цеха установками автоматического пожаротушения. Они составляют:

при устройстве противопожарной стены и автоматической пожарной сигнализации:

$K = 243432$ руб.;

при автоматическом пожаротушении модульными самосрабатывающими установками.

$K = 29500$ руб.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 %.

1-й вариант:

$R_t = 0$; $И = 0$.

2-й вариант:

$R_t = 8581{,}6 - 5514 = 3068$ руб.;

$И = -231145$ руб. при расчете за период в 12 лет.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	3068	243432	—	0,91	3013,4	−240365
2	3368	—	1500	0,83	1301	1301
3	3368	—	1500	0,75	1176	1176
4	3368	—	1500	0,68	1066	1066
5	3368	—	1500	0,62	972	972
6	3368	—	1500	0,56	878	878
7	3368	—	1500	0,51	799,7	799,7
8	3368	—	1500	0,47	737	737
9	3368	—	1500	0,42	659	659
10	3368	—	1500	0,38	596	596
11	3368	—	1500	0,35	549	549
12	3368	—	1500	0,31	486	486

3-й вариант:

$R_t = 8581,6 - 1949,8 = 6631,8$ руб.

$И = 10524,1$ руб. при расчете за период в 12 лет.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	6631,8	29500	—	0,91	6034,9	−23465,1
2	6631,8	—	—	0,83	5503,7	5503,7
3	6631,8	—	—	0,75	4973,8	4973,8
4	6631,8	—	—	0,68	4509,6	4509,6
5	6631,8	—	—	0,62	4111,7	4111,7
6	6631,8	—	5500	0,56	633,8	633,8
7	6631,8	—	—	0,51	3382,2	3382,2
8	6631,8	—	—	0,47	3116,9	3116,9
9	6631,8	—	—	0,42	2785,4	2785,4
10	6631,8	—	—	0,38	2520,1	2520,1
11	6631,8	—	5500	0,35	396,1	396,1
12	6631,8	—	—	0,31	2055,9	2055,9

Расчеты показывают целесообразность оборудования здания установками автоматического пожаротушения модульного типа.

МАЛЯРНЫЙ ЦЕХ АВТОКОМБИНАТА

Малярный цех представляет собой одноэтажное здание с встроенными помещениями и антресолями для размещения подсобных помещений. Размер здания 84×18 м, встроенных антресолей — 17,5×5,5 и 18×6 м.

Площадь застройки здания составляет 1512 м^2.

Категория взрывопожарной опасности здания — В.

Здание имеет несущие кирпичные стены и внутренние кирпичные перегородки.

Перекрытие и покрытие — сборные железобетонные конструкции.

Кровля рубероидная.

Полы бетонные и метлахская плитка.

Здание малярного цеха II степени огнестойкости.

Помещения разделены между собой кирпичными перегородками.

Строительные конструкции здания находятся в удовлетворительном состоянии.

В здании выполняется ручная окраска автотранспорта. Основной склад красок находится в отдельностоящем здании. В помещении окраски на участке имеется складирование краски в бочках и мелкой таре.

В соответствии с требованиями норм здание оборудовано первичными средствами пожаротушения.

В здании имеется внутренний пожарный водопровод.

Цех оборудован системой автоматического пожаротушения и автоматической сигнализации о пожаре.

Подсобные и бытовые помещения автоматической пожарной сигнализацией не оборудованы.

Функциональная пожарная нагрузка в помещениях состоит из горючих материалов и легковоспламеняющихся жидкостей, находящихся в автотранспорте, шин и других резиновых изделий, лаков и красок, электропроводки, отходов производства, содержащих пожароопасные материалы.

В результате обследования малярного цеха и расчетов составлена сводная таблица с указанием величины пожарной нагрузки в помещениях.

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Бытовые помещения	250
2	Помещения окраски	450
3	Венткамеры	150
4	Электрощитовая	180

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь от пожаров при возникновении пожаров в наиболее пожароопасных помещениях.

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны в пределах 15 мин принимаем условие, что развитие пожара происходит в пределах одного помещения на участке размещения пожарной нагрузки. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения:

$$F_{пож} = n(v_л B_{св.г})^2 = 3{,}14(0{,}69 \times 15)^2 = 366 \text{ м}^2.$$

По таблице определяем, что в здании возможен локальный пожар.

Рассчитываем продолжительность локального пожара:

$$t = 15{,}5 / 125 = 0{,}124 \text{ ч}.$$

По графику рис. 6 в зависимости от продолжительности пожара определяем эквивалентную продолжительность пожара для железобетонных конструкций покрытия. Она составляет 30 мин. Предел огнестойкости железобетонных плит составляет 45 мин. Следовательно, $t_{экв} < П_{покр}$ и в результате пожара при количестве пожарной нагрузки не более 450 МДж/м^2 обрушение конструкций покрытия не происходит.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери с учетом возможного количества пожарной техники в помещении малярного цеха.

$$M(П_1) = 0{,}43 \times 10^{-5} \times 1512 \times 882 \times 4(1 + 1{,}63)0{,}46 = 27{,}7 \text{ руб/год};$$

$$M(П_2) = 0{,}43 \times 10^{-5} \times 1512 \times 882 \times 240(1 + 1{,}63)(1 - 0{,}46)0{,}86 = 1680{,}9 \text{ руб/год};$$

$M(П_3) = 0{,}43 \times 10^{-5} \times 1512 \times 3528 \times 336(1 + 1{,}63)0{,}52 \times$
$\times [1 - 0\ 46 - (1 - 0{,}46)0{,}86]0{,}95 = 801$ руб/год;

$M(П_4) = 0{,}43 \times 10^{-5} \times 1512 \times 3528 \times 1500(1 + 1{,}63) \times$
$\times \{1 - 0{,}46 - (1 - 0{,}79)0{,}86 - [1 - 0{,}46 - (1 - 0{,}46)0{,}86]0{,}95\} =$
$= 364{,}8$ руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

- при рабочем состоянии системы автоматического пожаротушения и соблюдении на объекте мер пожарной безопасности:

$M(П) = 27{,}7 + 1680{,}9 + 801 + 364{,}8 = 2874{,}4$ руб/год.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для малярного цеха.

$Y_{п.о} = 2874{,}4 / 5334336 = 5{,}4$ коп/100 руб.

СКЛАД МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Складское здание предназначено для хранения многономенклатурной продукции товаров народного потребления.

Здание пятиэтажное с подвальным этажом, площадью застройки 2244 м^2, развернутая площадь 11220 м^2.

В составе здания имеются складские и административно-бытовые помещения.

Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности по НПБ 105-95 — В.

Конструктивное решение здания отвечает требованиям II степени огнестойкости: основные несущие конструкции — кирпичные и железобетонные.

Здание разделено на четыре отсека кирпичными стенами.

В соответствии с нормативными требованиями в здании должны быть предусмотрены следующие противопожарные мероприятия:

- внутренний противопожарный водопровод;
- автоматическая пожарная сигнализация и автоматическое пожаротушение;
- оповещение о пожаре;
- объемно-планировочные и технические решения, обеспечивающие своевременную эвакуацию людей и автотранспорта в случае пожара.

Выполненное натурное обследование позволило сделать следую-

щее заключение по основным характеристикам пожарной опасности объекта.

Объемно-планировочные и конструктивные решения выполнены в соответствии с принятыми в проекте.

Для внутреннего пожаротушения в здании имеется противопожарный водопровод, обеспечивающий расход воды 2×5 л/с, что отвечает требованиям СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий». Однако водопровод полностью не укомплектован и находится в нерабочем состоянии.

Наружное пожаратушение предусматривается от гидрантов городской водопроводной сети.

Согласно НПБ 110-99 складские помещения для хранения шерсти, меха и изделий из него, а также складские помещения, расположенные в подвале, независимо от площади должны быть оборудованы установками автоматического пожаротушения. Система автоматического пожаротушения отсутствует.

Пожароопасные помещения этажей оборудованы автоматической пожарной сигнализацией.

При обследовании системы автоматической сигнализации было установлено, что она находилась в неисправном состоянии.

Здание оборудовано первичными средствами пожаротушения.

Расстояние до ближайшей пожарной части в пределах 4 километров.

Величина пожарной нагрузки в складском здании составляет:

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Конторские помещения	500—650
2	Кладовые	1750
3	Бытовые помещения	350
4	Складские помещения	500—2500
5	Конторские помещения со стелажами	900

Для оценки возможных потерь прогнозировались условия протекания пожара при различных его сценариях:

1. Существующее состояние объекта: система автоматической пожарной сигнализации находится в нерабочем состоянии, пожар обнаруживается персоналом, используются первичные средства по-

жаротушения, подразделения пожарной охраны вызываются персоналом с помощью телефонной связи.

2. На объекте выполнены ремонтные работы: система автоматической пожарной сигнализации находится в рабочем состоянии. Используются первичные средства пожаротушения, автоматически подается сигнал на приемный пункт связи с пожарной частью.

3. На объекте смонтирована система автоматического пожаротушения.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь от пожаров при возникновении пожаров в наиболее пожароопасных помещениях.

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны в пределах 15 мин принимаем условие, что развитие пожара происходит в пределах одного помещения на участке размещения пожарной нагрузки. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения:

$$F_{\text{пож}} = n(v_{\text{л}}B_{\text{св.г}})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 15)^2 = 176{,}6 \text{ м}^2.$$

При прибытии подразделений пожарной охраны в течение 30 мин площадь пожара может составить:

$$F_{\text{пож}} = 3{,}14(0{,}5 \times 30)^2 = 706{,}6 \text{ м}^2.$$

В складском здании площадь будет ограничена площадью помещений складов, выгороженных противопожарными стенами, — до 561 м^2.

Исходя из экспертной оценки, учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар в одном из помещений, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки — 2500 МДж/м^2.

В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара по формуле

$$t = \frac{2500 \times 561}{6285 \times 72\sqrt{1{,}2}} = 2{,}2 \text{ ч}.$$

По графику рис. 6 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения определяем эквивалентную продолжитель-

ность пожара для конструкций перекрытия. Она составляет 2 ч. Предел огнестойкости перекрытия здания II степени огнестойкости составляет 0,75 ч. Следовательно, $t_{экв} > П_о$ и в результате пожара возможно обрушение перекрытия и переход горения с этажа на этаж. Для противопожарных стен эквивалентная продолжительность пожара составит 3,5 ч. Следовательно, при объемном свободно развивающемся пожаре возможно также обрушение противопожарной стены.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери при различных сценариях развития пожаров с учетом возможного количества товаров на площади пожара в каждом варианте.

Стоимость 1 м^2 здания вместе с оборудованием:

в 1-м варианте — 2800 руб.;

во 2-м варианте — 2812 руб/;

в 3-м варианте — 2870 руб.,

в том числе стоимость оборудования — 1400 руб/м^2.

Для 1-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000094 \times 11220 \times 1400 \times 4(1 + 0{,}98)0{,}79 =$ $= 924$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 11220 \times 2800 \times 561(1 + 0{,}98)0{,}52 \times$ $\times (1 - 0{,}79)0{,}95 = 34029{,}3$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}0000094 \times 11220 \times 2812 \times 11220(1 + 0{,}98) \times$ $\times [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 68885$ руб/год.

Для 2-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000094 \times 11220 \times 1400 \times 4(1 + 0{,}98)0{,}79 =$ $= 924$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 11220 \times 2812 \times 176{,}6(1+ 0{,}98)0{,}52 \times$ $\times (1 - 0{,}79)0{,}95 = 10712{,}3$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}0000094 \times 11220 \times 2812 \times 11220(1 + 0{,}98) \times$ $\times [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 68885$ руб/год.

Для 3-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}000094 \times 11220 \times 1400 \times 4(1 + 0{,}98)0{,}79 =$ $= 924$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000094 \times 11220 \times 1400 \times 120(1 + 0{,}98)(1 -$ $- 0{,}79)0{,}86 = 6335{,}9$ руб/год;

$M(П_3)$ = 0,0000094 × 11220 × 2870 × 176,6(1+ 0,98)0,52 × × [1 − 0 79 − (1 − 0,79)0,86]0,95 = 1530 руб/год;

$M(П_4)$ = 0,0000094 × 11220 × 2870 × 11220(1 + 0,98) × × {1 − 0,79 − (1 − 0,79)0,86 − [1 − 0,79 − (1 − 0 79)0,86]0,95} = = 9840 руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

- при нарушениях в мерах пожарной безопасности, нерабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации:

$M(П)$ = 924 + 34029,3 + 68885 = 103838 руб/год;

- при рабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации и соблюдении на объекте мер пожарной безопасности:

$M(П)$ = 924 + 10712,3 + 68885 = 80521 руб/год;

- при оборудовании объекта системой автоматического пожаротушения:

$M(П)$ = 924 + 6335,9 + 1530 + 9840 = 18629 руб/год.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для складского корпуса. Для существующего состояния здания:

$Y_{п.о}$ = 103838 / 31416000 = 33 коп/100 руб.

При выполнении на объекте пожарной сигнализации по всем помещениям:

$Y_{п.о}$ = 80521 / 31416000 = 25 коп/100 руб.

При оборудовании пожароопасных помещений системой автоматического тушения пожара:

$Y_{п.о}$ = 18629 / 31416000 = 5,9 коп/100 руб.

В соответствии со сметными данными рассчитаны затраты, связанные с оборудованием цеха установками автоматического пожаротушения.

Они составляют:

при устройстве автоматического пожаротушения:

K = 485400 руб.;

при ремонте автоматической пожарной сигнализации

$K = 137080$ руб.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 %.

1-й вариант:

$R_t = 0$; $И = 0$.

2-й вариант:

$R_t = 103838 - 80521 = 23317$ руб.

$И = 12412$ руб. при расчете за период в 12 лет.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	23317	137080	—	0,91	21218	−115862
2	23317	—	1500	0,83	18108	18108
3	23317	—	1500	0,75	16363	16363
4	23317	—	1500	0,68	14836	14836
5	23317	—	1500	0,62	13526,5	13526,5
6	23317	—	1500	0,56	12217,5	12217,5
7	23317	—	1500	0,51	11127	11127
8	23317	—	1500	0,47	10254	10254
9	23317	—	1500	0,42	9163	9163
10	23317	—	1500	0,38	8280	8280
11	23317	—	1500	0,35	7636	7636
12	23317	—	1500	0,31	6763	6763

3-й вариант:

$R_t = 103838 - 18629 = 85209$ руб.

$И = 41571{,}1$ руб. при расчете за период в 12 лет.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	85209	485400	—	0,91	77540,2	−407859,8
2	6631,8	—	3500	0,83	67818,5	97818,5
3	6631,8	—	3500	0,75	61281,7	61281,7
4	6631,8	—	3500	0,68	55562,1	55562,1
5	6631,8	—	3500	0,62	50659,6	50659,6
6	6631,8	—	3500	0,56	45757	45757
7	6631,8	—	3500	0,51	41671,6	41671,6
8	6631,8	—	3500	0,47	38403,2	38403,2
9	6631,8	—	3500	0,42	34317,8	34317,8
10	6631,8	—	3500	0,38	31049,4	31049,4
11	6631,8	—	3500	0,35	28598,1	28598,1
12	6631,8	—	3500	0,31	25329,8	25329,8

Расчеты показывают целесообразность оборудования здания установками автоматического пожаротушения.

ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР

Торговый центр представляет собой одноэтажное здание площадью 967,2 м^2. Основная площадь — 671,1 м^2, вспомогательная — 296,1 м^2.

В комплекс торгового центра входят:

магазин «Продукты»;

магазин «Промтовары»;

кафе.

Стены здания — керамзитобетонные панели, перегородки кирпичные, чердачные перекрытия — железобетонные панели. Кровля — рубероидная.

Здание II степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-87.

Помещения разделены противопожарными перегородками с пределом огнестойкости 0,25 и 0,75 ч.

Внешний осмотр железобетонных и кирпичных строительных конструкций здания позволяет сделать вывод об их удовлетворительном состоянии.

В конструкциях не имеется повреждений, влияющих на их предел огнестойкости.

Здание оснащено первичными средствами пожаротушения.

В соответствии с НПБ 110-99 торговые здания должны быть оборудованы системой автоматической пожарной сигнализации.

В результате обследования помещений магазинов и кафе и расчетов составлена сводная таблица с указанием величины пожарной нагрузки в помещениях.

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Конторские помещения	500
2	Торговый зал продовольственного магазина	650
3	Торговый зал магазина промтоваров	500
4	Складские помещения	1400—2500
5	Подсобные помещения	600
6	Бытовые помещения	450
7	Обеденный зал	250
8	Кухня и подсобные цехи	450

В здании торгового центра могут создаться следующие ситуации:

возникновение горения происходит в рабочее время в одном из помещений, сотрудники с помощью первичных средств пожаротушения тушат пожар на площади не более 4 м^2;

пожар происходит во внерабочее время, автоматическая система сигнализации обеспечивает своевременный вызов подразделений пожарной охраны, оперативные подразделения прибывают на объект и приступают к тушению пожара до его развития за пределы одного помещения;

пожар происходит в нерабочее время, система сигнализации отсутствует или не срабатывает, оперативные подразделения прибывают на объект и приступают к тушению пожара, развившегося за пределы одного помещения.

Технико-экономическое сравнение включает: 1-й вариант — здание не оборудовано автоматической пожарной сигнализацией; 2-й вариант — здание оборудовано системой автоматической пожарной сигнализации.

Стоимость 1 м^2 здания вместе с оборудованием:

в 1-м варианте — 2412 руб.;

во 2-м варианте — 2443 руб.,

в том числе стоимость оборудования — 1206 руб/м^2.

Для складских помещений $P_к > 10$ кг/м^2, в складских помещениях возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь.

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения, составит:

$$M(П_1) = 0{,}97 \times 10^{-6} \times 967{,}2 \times 1206 \times 4(1 + 1{,}3)0{,}46 = 4{,}8 \text{ руб/год.}$$

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны в пределах 10 мин принимаем условие, что развитие пожара возможно в пределах одного помещения. Обрушения основных строительных конструкций в здании II степени огнестойкости не происходит, возможен только переход пожара в смежное помещение. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью горения и временем до начала тушения:

$$F'_{пож} = n(v_л B_{св.г})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 10)^2 = 78{,}5 \text{ м}^2.$$

При времени прибытия 30 мин:

$$F'_{пож} = n(v_л B_{св.г})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 30)^2 = 706{,}5 \text{ м}^2.$$

Рассчитываем величину годовых потерь:

$$M(П_2) = 0{,}97 \times 10^{-6} \times 967{,}2 \times 2412 \times 78{,}5 \times 0{,}52(1 + 1{,}3)(1 - 0{,}46)0{,}95 = 1089{,}9 \text{ руб/год.}$$

В случаях когда прибытие подразделений пожарной охраны и начало тушения происходят после развития пожара на большой площади, проверяется возможность обрушения строительных конструкций в результате достижения ими предела огнестойкости. Для этого пользуемся данными, полученными при натурном обследовании объекта и сведенными в таблицу.

Исходя из экспертной оценки, учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар в одном из складских помещений, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки — 2500 МДж/м^2.

В складском помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара по формуле

$$t = \frac{2500 \times 20}{6285 \times 4\sqrt{1{,}8}} = 1{,}4 \text{ ч.}$$

По графикам рис. 6, 7 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения определяем эквивалентную продолжительность пожара для конструкций. Она составляет 1,8 ч для конструкций покрытия и 2,5 ч для конструкций стен. Предел огнестойкости покрытия здания составляет 1 ч, стен — 2 ч. Следовательно $t_{экв} > П_о$ и в результате пожара возможно обрушение покрытия и ограждающих конструкций помещений.

Для описанного варианта развития пожара величина ожидаемых годовых потерь составит:

$M(П_3) = 0{,}97 \times 10^{-6} \times 967{,}2 \times 2412 \times 967{,}2\ (1 + 1{,}3)[1 - 0{,}46 - (1 - 0{,}46)0{,}95] = 4{,}8$ руб/год.

Таким образом, математическое ожидание годовых потерь от пожаров на объекте составит:

$M(П) = 47{,}7 + 1089{,}9 + 1510 = 2947{,}6$ руб/год.

Приведенный расчет справедлив при наличии в здании системы автоматической пожарной сигнализации. При ее отсутствии ожидаемые годовые потери составят:

$M(П_1) = 0{,}97 \times 10^{-6} \times 967{,}2 \times 1206 \times 4(1 + 1{,}3)0{,}46 = 47{,}7$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}97 \times 10^{-6} \times 967{,}2 \times 2443 \times 706{,}5 \times 0{,}52(1 + 1{,}3)(1 - 0{,}46)0{,}95 = 9935$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}97 \times 10^{-6} \times 967{,}2 \times 2443 \times 967{,}2(1 + 1{,}3)[1 - 0{,}46 - (1 - 0{,}46)0{,}95] = 1530$ руб/год;

$M(П) = 47{,}7 + 9935 + 1530 = 11512{,}7$ руб/год.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности.

В случае если на объекте не выполняются необходимые противопожарные мероприятия:

$Y_{п.о} = 11512{,}7 / 2332886 = 49$ коп/100 руб.

При оборудовании зданий системой автоматической пожарной сигнализации и выполнении всех противопожарных мероприятий:

$Y_{п.о} = 2947{,}6 / 2362869{,}5 = 12{,}5$ коп/100 руб.

В соответствии со сметными данными затраты, связанные с оборудованием здания автоматической пожарной сигнализацией, составят $K = 30622$ руб.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 %.

$R_t = 11512{,}7 - 2947{,}6 = 8565$ руб.

$И = 4915$ руб. при расчете за период в 6 лет.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	8565	30622	—	0,91	7794,15	−22828
2	8565	—	500	0,83	6694	6694
3	8565	—	500	0,75	6049	6049
4	8565	—	500	0,68	5484,2	5484,2
5	8565	—	500	0,62	5000	5000
6	8565	—	500	0,56	4516	4516

Здание целесообразно оборудовать автоматической пожарной сигнализацией.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗДАНИЕ ЗАВОДА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Производственное здание одноэтажное, многопролетное, предназначено для изготовления и обработки изделий электротехнической продукции. Площадь, на которой выполнялось обследование, составляет 34260 м^2. В здании имеются встроенные и пристроенные помещения.

Один из пролетов площадью 10800 м^2, в котором арендуемая площадь используется под производство мебели, выделен противопожарной стеной.

В составе здания площадь распределяется следующим образом: складская зона — 4582 м^2, производственная — 29678 м^2.

Натурное обследование позволило сделать следующее заключение по основным характеристикам пожарной опасности объекта.

Для внутреннего пожаротушения в здании имеется противопожарный водопровод.

Наружное пожаротушение предусматривается от гидрантов городской водопроводной сети.

Согласно НПБ 110-99 одноэтажные здания предприятий площадью более 1000 м^2 должны быть оборудованы установками автоматической пожарной сигнализации, а пожароопасные помещения — установками автоматического пожаротушения, однако система автоматического пожаротушения отсутствует. Система автоматической сигнализации находится в неисправном состоянии.

Здание оборудовано первичными средствами пожаротушения.

Расстояние до ближайшей пожарной части в пределах 4 километров.

Функциональная пожарная опасность строительного объекта оценивалась вероятностью возникновения пожара и величиной пожарной нагрузки.

Вероятность возникновения пожара принята $3{,}1\times10^{-6}$.

На основе данных обследования составлена сводная таблица с указанием величины функциональной пожарной нагрузки в основных помещениях.

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Механический участок	160
2	Металлообработка	160
3	Участок намотки	650
4	Прессовый участок	950
5	Окрасочная камера	240
6	Участок пластмассовой штамповки	1100
7	Сварочный участок	180
8	Мойка	160
9	Бытовые помещения	100
10	Производство мебели	1600
11	Автосервис	320
12	Складские помещения	450—950

Категория пожарной опасности помещения с производством мебели — В2, остальных помещений — В3 и В4, здания в целом — В.

Для оценки возможных потерь прогнозировались условия протекания пожара:

1. Существующее состояние объекта: система автоматической пожарной сигнализации находится в нерабочем состоянии, пожар обнаруживается персоналом, используются первичные средства пожаротушения, подразделения пожарной охраны вызываются персоналом с помощью телефонной связи.

2. На объекте выполнены ремонтные работы: система автоматической пожарной сигнализации находится в рабочем состоянии. Используются первичные средства пожаротушения, автоматически подается сигнал на приемный пункт связи с пожарной частью.

3. Смонтирована система автоматического пожаротушения на площади 10800 м^2 в пролете, где размещено производство мебели, отремонтирована система автоматической пожарной сигнализации.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь от пожаров при возникновении пожаров в наиболее пожароопасных помещениях.

В случаях, когда прибытие подразделений пожарной охраны и начало тушения происходят после развития пожара по площади участка, проверяется возможность обрушения строительных конструкций в результате достижения ими предела огнестойкости.

Исходя из экспертной оценки, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар на участке площадью 10800 м^2, в пределах которого содержится наибольшее количество пожарной нагрузки, равное 1600 МДж/м^2.

В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара по формуле

$$t = \frac{1600 \times 1200}{6285 \times 115{,}2\sqrt{2{,}4}} = 1{,}76 \text{ ч.}$$

По графику рис. 6 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения определяем эквивалентную продолжительность пожара для конструкций покрытия. Она составляет 1,5 ч. Предел огнестойкости покрытия здания составляет 0,75 ч. Следовательно, $t_{экв} > П_о$ и в результате пожара возможно обрушение покрытия.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери при различных сценариях развития пожаров.

Для 1-го варианта:

$M(П_1) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 792 \times 4(1 + 1{,}63)0{,}79 = 699{,}1$ руб/год;

$M(П_2) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 1584 \times 706(1+ 1{,}63)0{,}52(1 - 0\ 79) \times$
$\times\ 0{,}99 = 33793{,}3$ руб/год;

$M(П_3) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 1584 \times 10800(1 + 1{,}63) \times$
$\times\ [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}99] = 10034{,}7$ руб/год.

Для 2–го варианта:

$M(П_1) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 792 \times 4(1 + 1{,}63)0{,}79 = 699{,}1$ руб/год;

$M(П_2) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 1589 \times 176{,}6(1+ 1{,}63)0{,}52 \times$
$\times\ (1 - 0{,}79)0{,}99 = 8474$ руб/год;

$M(П_3) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 1589 \times 10800(1 + 1{,}63) \times$
$\times\ [1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}99] = 10066{,}3$ руб/год.

Для 3-го варианта:

$M(П_1) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 792 \times 4(1 + 1{,}63)0{,}79 = 699{,}1$ руб/год;

$M(П_2) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 792 \times 120(1 + 1{,}63)(1 - 0{,}79) \times$
$\times\ 0{,}86 = 4794{,}3$ руб/год;

$M(П_3) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 1591 \times 176{,}6(1 + 1{,}63)0{,}52 \times$
$\times\ [1 - 0\ 79 - (1 - 0{,}79)0{,}86]\ 0{,}99 = 1199{,}8$ руб/год;

$M(П_4) = 3{,}1 \times 10^{-6} \times 34260 \times 10800 \times 1591(1 + 1{,}63) \times$
$\times\ \{1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}86 - [1 - 0{,}79 - (1 - 0\ 79)0{,}86] \times$
$\times\ 0{,}95\} = 1439{,}8$ руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

- при нарушениях в мерах пожарной безопасности, нерабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации:

$M(П) = 699{,}1 + 33793{,}3 + 10034{,}7 = 44527{,}1$ руб/год;

- при рабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации и соблюдении на объекте мер пожарной безопасности:

$M(П) = 699{,}1 + 8474 + 10066{,}3 = 19239{,}4$ руб/год;

-при оборудовании объекта системой автоматического пожаротушения:

$M(П) = 699{,}1 + 4794{,}3 + 1199{,}8 + 1433{,}5 = 8133$ руб/год.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для производственного корпуса. Для существующего состояния здания:

$Y_{п.о} = 44527,1 / 54267840 = 8,2$ коп/100 руб.

При выполнении на объекте пожарной сигнализации по всем пожароопасным помещениям:

$Y_{п.о} = 19180,9 / 54439140 = 3,5$ коп/100 руб.

При оборудовании здания системой автоматического тушения пожара:

$Y_{п.о} = 8121,4 / 54507660 = 1,5$ коп/100 руб.

В соответствии со сметными данными рассчитаны приведенные затраты, связанные с ремонтом системы автоматической пожарной сигнализации и с оборудованием части цеха установками автоматического пожаротушения. Они составляют:

при ремонте автоматической пожарной сигнализации:

$K = 189500$ руб.;

при устройстве в части цеха площадью 10800 м^2 автоматического пожаротушения, а в остальной части при ремонте автоматической пожарной сигнализации:

$K = 250610$ руб.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 %.

1-й вариант:

$R_t = 0$; $И = 0$.

2-й вариант:

$R_t = 4452,1 - 19239,4 = 25287,7$ руб.

$И = 11243$ руб. при расчете за период в 20 лет.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	25287,7	189500	—	0,91	23049	−166451
2	25287,7	—	1500	0,83	19744	19744
3	25287,7	—	1500	0,75	17841	17841
4	25287,7	—	1500	0,68	16176	16176
5	25287,7	—	1500	0,62	14748	14748
6	25287,7	—	1500	0,56	13321	13321
7	25287,7	—	1500	0,51	12132	12132
8	25287,7	—	1500	0,47	11180	11180
9	25287,7	—	1500	0,42	9990	9990
10	25287,7	—	1500	0,38	9039	9039
11	25287,7	—	1500	0,35	8326	8326
12	25287,7	—	1500	0,31	7374	7374
13	25287,7	—	1500	0,28	6661	6661
14	25287,7	—	1500	0,26	6185	6185
15	25287,7	—	1500	0,22	5233	5233
16	25287,7	—	1500	0,20	4758	4758
17	25287,7	—	1500	0,18	4282	4282
18	25287,7	—	1500	0,16	3806	3806
19	25287,7	—	1500	0,15	3568	3568
20	25287,7	—	1500	0,14	3330	3330

3-й вариант:

$R_t = 44527,1 - 8133 = 36394,1$ руб.

$И = 357697$ руб. при расчете за период в 20 лет

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	36394	250610	—	0,91	33188	−217491
2	36394	—	2500	0,83	28132	28132
3	36394	—	2500	0,75	25421	25421
4	36394	—	2500	0,68	23048	23048
5	36394	—	2500	0,62	21014	21014
6	36394	—	2500	0,56	18981	18981
7	36394	—	2500	0,51	17286	17286

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
8	36394	—	2500	0,47	15930	15930
9	36394	—	2500	0,42	14235	14235
10	36394	—	2500	0,38	12880	12880
11	36394	—	2500	0,35	11863	11863
12	36394	—	2500	0,31	10507	10507
13	36394	—	2500	0,28	9490	9490
14	36394	—	2500	0,26	8812	8812
15	36394	—	2500	0,22	7457	7457
16	36394	—	2500	0,20	6779	6779
17	36394	—	2500	0,18	6101	6101
18	36394	—	2500	0,16	5423	5423
19	36394	—	2500	0,15	5084	3084
20	36394	—	2500	0,14	4745	4745

Таким образом, экономически целесообразным является решение, в котором предусматривается оборудование отделения по производству мебели категории В2 установками автоматического тушения пожара, а остальных помещений — установками автоматической пожарной сигнализации.

ЗДАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Административный корпус представляет собой 4-этажное здание с подвалом.

Площадь застройки здания — 1342 м^2. Общая развернутая площадь здания — 5368 м^2.

Конструктивное решение здания следующее:

фундаменты — бутовые ленточные;

наружные и внутренние стены — кирпичные, перегородки кирпичные и гипсолитовые, наружные стены облицованы плитками из ракушечника;

перекрытия — железобетонные;

кровля — рубероидная по железобетонным плитам.

Здание отвечает II степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85*.

Планировочное решение здания представляет собой набор административных и бытовых помещений, имеющих выходы в общие коридоры, ведущие в вестибюль и в лестничные клетки.

Объемно-планировочные и конструктивные решения, отраженные в эскизном проекте, отвечают требованиям СНиП 2.01.02-85* «Противопожарные нормы» и СНиП 2.08.02-89* «Общественные здания и сооружения».

Для внутреннего пожаротушения в здании имеется противопожарный водопровод.

Наружное пожаротушение предусматривается от гидрантов городской водопроводной сети.

Выполненное в соответствии с Методикой натурное обследование позволило сделать следующие заключения по основным характеристикам пожарной опасности объекта.

Отступлений от проектного решения в конструктивном решении здания при натурном обследовании не обнаружено.

Внешний осмотр несущих и ограждающих строительных конструкций позволяет сделать вывод об их удовлетворительном состоянии.

В здании выполнено устройство подвесных потолков в общих коридорах. За подвесными потолками размещена электропроводка.

Здание оснащено первичными средствами пожаротушения.

Здание оборудовано автоматической пожарной сигнализацией.

Статистическая величина вероятности возникновения пожара для административного здания составляет 5×10^{-6} 1 / м^2 в год.

Пожарная нагрузка в конторских помещениях здания является однородной и состоит из деревянной мебели, бумаги в стопках, рулонах, на стеллажах, оргтехники. Конструктивную пожарную нагрузку составляют обрешетка чердака, заполнения проемов, отделка стен, полы, электропроводка.

В результате обследования здания и расчетов составлена сводная таблица с указанием величины пожарной нагрузки в помещениях.

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Конторские помещения	500—600
2	Бытовые помещения	250
3	Архив	1100
4	Складские помещения	900
5	Конференц-зал	400
6	Столовая	250
7	Спортивный зал	250

В процессе эксплуатации объекта в течение его срока функционирования возможно возникновение загораний, которое или ликвидируется, или переходит из начальной стадии в развитой пожар. В существующем здании возможны следующие случаи:

возникшее загорание ликвидируется первичными средствами пожаротушения, площадь пожара не более 4 м^2;

загорание обнаруживается системой автоматической сигнализации, сигнал о пожаре поступает в пожарную охрану и за время до 15 мин пожарные подразделения приступают к началу тушения до развития пожара на большой площади;

автоматическая пожарная сигнализация не срабатывает по какой-либо причине, пожарные подразделения прибывают после развития пожара на значительной площади.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь для административно корпуса

$$M(П_1) = 5 \times 10^{-6} \times 5368 \times 1340(1 + 0{,}9)0{,}79 = 215{,}9 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных подразделениями пожарной охраны, прибывшими по сигналу системы автоматической пожарной сигнализации и начавшими тушение в течение 15 мин, рассчитываем по формуле

$$F'_{пож} = n(v_л B_{св.г})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 15)^2 = 176{,}6 \text{ м}^2.$$

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны в пределах 15 мин принимаем условие, что развитие пожара возможно в пределах одного помещения или между помещениями, разделенными перегородками с пределом огнестойкости не более 0,25 ч. Обрушения основных строительных конструкций в здании II степени огнестойкости не происходит, возможен только переход пожара в смежное помещение. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью горения и временем до начала тушения.

Рассчитываем величину годовых потерь:

$$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 5368 \times 2680 \times 176{,}6 \times 0{,}52(1 + 0{,}9)(1 - 0{,}79)0{,}95 = 2503{,}9 \text{ руб.}$$

Возможность разрушения основных строительных конструкций в зоне пожара определяется исходя из сравнения эквивалентной продолжительность пожара $t_{экв}$ с пределами огнестойкости конструкций $П$, находящихся под его воздействием.

Исходя из экспертной оценки, учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар в одном из помещений, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки — 1100 МДж/м^2.

В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара по формуле

$$t = \frac{PA_t}{6285A\sqrt{h}} = \frac{1100 \times 16{,}5}{6285 \times 4\sqrt{1{,}8}} = 0{,}54 \text{ ч.}$$

По графику рис. 6 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения определяем эквивалентную продолжительность пожара для конструкций перекрытия. Она составляет 1,8 ч. Предел огнестойкости перекрытия здания II степени огнестойкости составляет 0,75 ч. Следовательно $t_{экв} > П_о$ и в результате пожара возможно обрушение перекрытия и переход горения с этажа на этаж.

Предполагается, что в течение 30 мин происходит свободное развитие пожара по площади, после чего прибывшие подразделения пожарной охраны локализуют горение, однако еще через 15 мин пожара происходит обрушение перекрытий.

В результате свободного горения в течение 30 мин площадь горения при неблагоприятном сценарии пожара, с учетом перехода горения в смежные помещения и с учетом возможного обрушения конструкций перекрытия через 45 мин и распространения горения по площади второго этажа, составит:

$$F''_{пож} = n(Y_n B_{св.г})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 30)^2 + 3{,}14(0{,}5 \times 15)^2 = 916{,}5 \text{ м}^2.$$

Для описанного варианта развития пожара величина ожидаемых годовых потерь составит:

$$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 5368 \times 2680 \times 916{,}5(1 + 0{,}9)[1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 1252{,}5 \text{ руб.}$$

Таким образом, математическое ожидание годовых потерь от пожаров на объекте составит:

$$M(П) = 215{,}9 + 2503{,}9 + 1252{,}5 = 3972{,}3 \text{ руб.}$$

Полученные результаты расчета приемлемы при условии обору-

дования всех пожароопасных помещений системой автоматической пожарной сигнализации и при ее надежной работе.

Однако возможны ситуации при нерабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации. В этом случае сообщение о возникновении пожара в пожарную часть может произойти после его распространения на значительной площади при прибытии подразделений пожарной охраны через 30 мин. Площадь пожара в этом случае составит:

$$F'_{\text{пож}} = n(Y_n B_{\text{св.г}})^2 = 3{,}14(0{,}5 \times 30)^2 = 706{,}5 \text{ м}^2.$$

С учетом этого ожидаемые годовые потери от таких пожаров составят:

$$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 5368 \times 2680 \times 706{,}5 \times 0{,}52[(1 + 0{,}9)(1 - 0{,}79)0{,}95] = 10016{,}8 \text{ руб.};$$

$$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 5368 \times 2680 \times 916{,}5(1 + 0{,}9)[1 - 0{,}79 - (1 - 0{,}79)0{,}95] = 1252{,}6 \text{ руб.}$$

Общие ожидаемые годовые потери составят:

$$M(П) = 215{,}9 + 10016{,}8 + 1252{,}6 = 11485{,}3 \text{ руб.}$$

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для административно здания. Для существующего состояния здания:

$$Y_{\text{п.о}} = 3972{,}3 / 14386240 = 2{,}7 \text{ коп/100 руб.}$$

При нерабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации:

$$Y_{\text{п.о}} = 11485{,}3 / 14386240 = 8{,}0 \text{ коп/100 руб.}$$

ЗДАНИЕ БАНКА

Здание банка представляет собой 3-этажный корпус с подвалом.
Общая развернутая площадь здания — 1307 м^2.
Конструктивное решение здания следующее:
фундаменты — бутовые ленточные;
наружные и внутренние стены — кирпичные и деревянные;
перекрытия и покрытие — деревянные оштукатуренные.
Здание отвечает III степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85*.

В соответствии с ВНП 001-95 здание банка должно быть не ниже II степени огнестойкости.

Планировочное решение здания представляет собой набор административных и бытовых помещений, имеющих выходы в общие коридоры, ведущие в вестибюль и в лестничные клетки.

В подвале здания находятся мастерская, котельная.

На первом и втором этажах расположены служебные помещения.

На третьем антресольном этаже расположены кладовые помещения и зал с вычислительной техникой.

Объемно-планировочные и конструктивные решения должны отвечать требованиям СНиП 2.01.02-85* «Противопожарные нормы», СНиП 2.08.02-89* «Общественные здания и сооружения» и ВНП 001-95 «Здания учреждений Центрального банка Российской Федерации».

Для внутреннего пожаротушения в здании имеется противопожарный водопровод, обеспечивающий расход воды 2,5 л/с.

Наружное пожаротушение предусматривается от гидрантов городской водопроводной сети с расходом 60 л/с.

Выполненное в соответствии с Методикой натурное обследование позволило сделать следующие заключения по основным характеристикам пожарной опасности объекта.

В здании имеется частичное изменение функционального назначения некоторых помещений.

Внешний осмотр несущих и ограждающих строительных конструкций позволяет сделать вывод об их удовлетворительном состоянии. В некоторых местах отделка и облицовка стен не позволяют определить состояние основной конструкции.

В некоторых общих коридорах имеется горючее покрытие пола.

Здание оснащено первичными средствами пожаротушения.

Здание оборудовано автоматической пожарной сигнализацией, выполненной в соответствии с проектом. Проектом предусмотрена установка системы сигнализации во всех пожароопасных помещениях подвала, 1-го, 2-го и 3-го этажей.

Часть здания, в которой выполнено изменение функционального назначения помещений, является неэксплуатируемой и не полностью оснащенной средствами пожаротушения.

Системы автоматического пожаротушения для кладовых ценностей, помещения вычислительного центра не предусмотрено.

Рассчитанная величина вероятности возникновения пожара для здания составляет 5×10^{-6} 1 / м^2 в год.

Как показало обследование, пожарная нагрузка в помещениях здания является однородной и состоит из деревянной мебели, бумаги в стопках, рулонах, на стеллажах, оргтехники. Конструктивную пожарную нагрузку составляют деревянные перекрытия, деревянные стены, заполнения проемов, отделка стен, полы, электропроводка.

В результате обследования здания и расчетов составлена сводная таблица с указанием величины пожарной нагрузки в помещениях.

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Офисные и обслуживающие помещения	500—600
2	Вспомогательные и бытовые помещения	250
3	Архив	2500
4	Складские помещения	900
5	Конференц-зал	400
6	Зал вычислительной техники	650
7	Котельная	250
8	Мастерская	700

Кроме функциональной пожарной нагрузки, конструктивная пожарная нагрузка составляет 850 МДж/м^2.

Административное здание состоит из небольших помещений и вид пожара в них может быть определен расчетом. Распространение пожара за пределы помещений возможно в результате горения горючих конструкций или достижения предела огнестойкости ограждающими конструкциями.

В случаях тушения пожара первичными средствами или прибывшими по сигналу автоматической пожарной сигнализации подразделениями пожарной охраны, очевидно, развитие пожара происходит только в пределах одного помещения или на площади этажа. Однако при отказе этих средств возможен третий сценарий пожара. В этом случае после развития пожара по площади существует вероят-

ность перехода горения на вышележащие этажи, в смежные помещения. Переход горения может произойти в результате горения и обрушения междуэтажных перекрытий.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь для здания банка. Стоимость 1 м^2 — 9000 руб.

$$M(П_1) = 5 \times 10^{-6} \times 1307 \times 4500 \times 4(1 + 0{,}9)0{,}46 = 102{,}7 \text{ руб.}$$

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны в пределах 10 мин принимаем условие, что развитие пожара возможно в пределах одного помещения или между помещениями, разделенными перегородками. Обрушения основных строительных конструкций в здании III степени огнестойкости при своевременном начале тушения пожара не происходит, возможно только распространение пожара на этаже на площади 450 м^2.

Рассчитываем величину годовых потерь при распространении пожара по этажу:

$$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 1307 \times 9000 \times 450 \times 0{,}52(1 + 0{,}9)(1 - 0{,}46)0{,}95 = 13414 \text{ руб.}$$

Исходя из экспертной оценки, учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар в одном из помещений, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки — 2500 МДж/м^2. Учитывая, что строительные конструкции зданий III степени огнестойкости защищены деревянными конструкциями и составляют дополнительную горючую нагрузку, при свободном развитии пожара распространение пожара происходит по всему зданию.

Для описанного варианта развития пожара величина ожидаемых годовых потерь составит:

$$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 1307 \times 9000 \times 1307(1 + 0{,}9)[1 - 0{,}46 - (1 - 0{,}46)0{,}95] = 4294 \text{ руб.}$$

Таким образом, математическое ожидание годовых потерь от пожаров на объекте составит:

$$M(П) = 102{,}7 + 13414 + 4294 = 17811 \text{ руб.}$$

Полученные результаты расчета приемлемы при условии оборудования всех пожароопасных помещений системой автоматической пожарной сигнализации и при ее надежной работе.

Однако возможны ситуации при нерабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации, возникновении пожара в помещениях, не оборудованных системой пожарной сигнализации или в помещениях, в которых отсутствуют требуемые по нормам установки автоматического тушения пожара. В этом случае сообщение о возникновении пожара в пожарную часть может произойти после его распространения на значительной площади до прибытия подразделений пожарной охраны.

С учетом этого ожидаемые годовые потери от таких пожаров составят:

$$M(П_2) = 5 \times 10^{-6} \times 1307 \times 9000 \times 1307 \times 450 \times 0{,}52(1 + 0{,}9)(1 - 0{,}46)0{,}95 = 38962 \text{ руб.}$$

$$M(П_3) = 5 \times 10^{-6} \times 1307 \times 9000 \times 1307(1 + 0{,}9)[1 - 0{,}46 - (1 - 0{,}46)0{,}95] = 4294 \text{ руб.}$$

Общие ожидаемые годовые потери составят:

$$M(П) = 102{,}7 + 38962 + 4294 = 43359 \text{ руб.}$$

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности для здания банка. При рабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации:

$$Y_{п.о} = 17811 / 11765700 = 15{,}1 \text{ коп/100 руб.}$$

При нерабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации:

$$Y_{п.о} = 43359 / 11765700 = 36{,}8 \text{ коп/100 руб.}$$

Расчеты показывают, что в здании банка III степени огнестойкости в случае возникновения пожара возможен большой материальный ущерб даже при оборудовании всего здания системой автоматической пожарной сигнализации. В случае дальнейшего размещения в этом здании банка может быть рекомендовано выполнение работ по реконструкции здания и замене деревянных конструкций перекрытия на конструкции, отвечающие требованиям зданий II степени огнестойкости.

ЦЕХ ЭКСТРАКЦИИ МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цех экстракции представляет собой 4-этажное здание II степени огнестойкости.

Площадь этажа здания составляет 636 м^2.

Категория взрывопожарной опасности здания — А.

Каркас здания — сборный железобетонный.

Здание имеет несущие стены из сборных железобетонных панелей и кирпичные перегородки.

Перекрытие — сборные железобетонные конструкции.

Четвертый этаж — однопролетный, перекрытый сборными железобетонными конструкциями.

Кровля — рубероидная.

Полы — бетонные и метлахская плитка.

Взрывобезопасность здания обеспечивается за счет наличия легкосбрасываемых конструкций, функцию которых выполняют оконные проемы.

Объемно-планировочные и конструктивные решения здания выполнены в соответствии с требованиями нормативных документов.

Здание оборудовано установкой автоматического пожаротушения, первичными средствами пожаротушения и передвижными устройствами для их транспортирования.

В здании имеется внутренний пожарный водопровод.

Маслоэкстракционные производства являются взрыво- и пожароопасными. Это объясняется как свойствами растворителей, так и характеристиками технологического процесса. Находящееся в обороте большое количество растворителя в результате утечек через неплотности аппаратуры может образовывать горючие и взрывоопасные смеси.

Наиболее опасными свойствами обладают растворители, применяемые для экстракции (бензин, дихлорэтан, гексан).

Сырье, полуфабрикаты, готовая продукция и отходы предприятия также весьма опасны.

Причинами возникновения пожара могут послужить следующие явления:

- тепловые проявления электрического тока при коротком замыкании, больших переходных сопротивлениях, замыкании и размы-

кании пусковых устройств из-за неисправностей или небрежной эксплуатации сетей, электродвигателей и аппаратуры;

- разряды статического электричества, достаточные для взрыва бензо- или пылевоздушных смесей, которые образуются при: движении шрота, жмыховой крупки и пыли в пневмоустройствах по самотечным и аспирационным трубам; перекачке экстракционного бензина и мисцеллы по трубам, а также при сливоналивных операциях; работе ременных передач и резиновых конвейерных лент;
- самовозгорание способных к этому горючих материалов;
- трение с выделением тепла;
- искры механического происхождения.

Функциональная пожарная нагрузка в производственных помещениях состоит из горючих материалов и легковоспламеняющихся жидкостей, находящихся в технологическом оборудовании. В цехе в обороте в технологическом процессе находится большое количество растворителей и полуфабрикатов. Количество их может достигать нескольких тонн. В результате утечек через неплотности аппаратуры в производственных помещениях могут образовываться горючие и взрывоопасные смеси паров растворителя с воздухом.

Анализ пожарной опасности цехов экстракции показывает, что в цехе экстракции велика опасность взрыва и причиной пожаров в основном становится взрыв, который происходит в результате нарушения правил техники безопасности и режимных противопожарных требований эксплуатации технологического оборудования.

Сценарии возможных пожаров в цехе экстракции могут быть описаны следующими вариантами.

1. Система автоматического пожаротушения находится в нерабочем состоянии, после взрыва происходит распространение горения в объеме помещения; пожар обнаруживается автоматической системой обнаружения пожара, сигнал о пожаре передается на приемное устройство, подразделения пожарной охраны вызываются персоналом с помощью телефонной связи.

2. Системы автоматического пожаротушения и сигнализации находятся в рабочем состоянии, тушение пожара производится автоматической системой пожаротушения, автоматически подается сигнал на приемный пункт связи с пожарной частью.

3. Системы автоматического пожаротушения и сигнализации оказываются неэффективными или не срабатывают. После взрыва происходит распространение пожара по зданию. Тушение осуществля-

ется подразделениями пожарной охраны, прибывшими по вызову персонала.

При прибытии подразделений пожарной охраны в течене 5 мин до окончания начальной стадии пожара $t_{нсп}$ принимаем условие, что развитие пожара происходит на участке размещения пожарной нагрузки, т.е. имеет место локальный пожар. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения — 20 м/мин и временем до начала тушения:

$$F_{пож} = n(v_л B_{св.г})^2 = 3{,}14(20 \times 5)^2.$$

Очевидно, что при распространении горения по поверхности со скоростью 20 м/мин площадь пожара будет равна площади помещения. Развитие пожара по всему помещению происходит также в результате взрыва.

Устройство бортиков вокруг пожароопасного оборудования позволяет ограничить площадь пожара при горении разлившейся горючей или легковоспламеняющейся жидкости.

Для такой ситуации определяем вид пожара. В помещении возможен локальный пожар.

Рассчитываем продолжительность локального пожара при следующих условиях:

площадь пожара $F = 25$ м^2;
скорость выгорания $M = 2{,}66$ кг/м^2×мин;
высота помещения — 6 м;
количество ЛВЖ — 1300 кг

$t = 1300 / 2{,}66 \times 25 = 22$ мин.

Вычисляем значение геометрического параметра

$$\frac{H}{\sqrt{F}} = \frac{6}{\sqrt{25}} = 1{,}2.$$

По графику рис. 6 в зависимости от продолжительности пожара определяем эквивалентную продолжительность пожара для железобетонных конструкций покрытия. Она составляет 50 мин. Предел огнестойкости железобетонных плит перекрытия составляет 45 мин. Следовательно, $t_{экв} < П_о$ и в результате пожара возможно обрушение конструкций перекрытия.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери в каждом варианте.

Для 1-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 4(1 + 1{,}9)0{,}12 = 12{,}4$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 636(1+ 1{,}9)0{,}52 \times \times (1 - 0{,}12)0{,}9 = 6757$ руб/год;

$M(П_4) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 636(1 + 1{,}9) \times [1 - 0{,}12 - - (1 - 0{,}12)0{,}9] = 1313$ руб/год.

Для 2-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 4(1 + 1{,}9)0{,}12 = 12{,}4$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 120(1 + 1{,}9)(1 - - 0{,}12)0{,}86 = 2342$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 636(1+ 1{,}9)0{,}52 \times \times [1 - 0{,}12 - (1 - 0{,}12)0{,}86]0{,}9 = 938$ руб/год;

$M(П_4) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 636 \times 2(1 + 1{,}9) \times \times \{1 - 0{,}12 - (1 - 0{,}12)0{,}86 -[(1 - 0{,}12)0{,}86]0{,}9\} = 426$ руб/год.

Для 3-го варианта

При развитии пожара возможен переход пожара из начальной стадии в развитой пожар. В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара по формуле

$$t = \frac{1300 \times 42}{6285 \times 4\sqrt{2}} = 1{,}55 \text{ ч.}$$

По графику рис. 8 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения $П_о = 0{,}14$ определяем эквивалентную продолжительность пожара для колонн. Она составляет 2,5 ч. Предел огнестойкости перекрытия здания II степени огнестойкости составляет 2 ч. Следовательно, $t_{экв} > П_о$ и в результате свободно развивающегося пожара возможно обрушение перекрытия и колонн. Таким образом, в этом случае здание полностью разрушается.

$M(П_1) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 4(1 + 1{,}9)0{,}12 = 12{,}4$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636\times 4 \times 4925 \times 636(1+ 1{,}9)0{,}52(1 - 0{,}12) \times \times 0{,}9 = 6757$ руб/год;

$M(П_4) = 0{,}71 \times 10^{-6} \times 636 \times 4 \times 4925 \times 636 \times 4(1 + 1{,}9) \times \times [1 - 0{,}12 - (1 - 0{,}12)0{,}9] = 5250$ руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

- при срабатывании системы автоматического обнаружения пожара:

$M(П) = 12{,}4 + 6757 + 1313 = 8082$ руб/год;

- при эффективной работе систем автоматического пожаротушения и пожарной сигнализации, соблюдении на объекте мер пожарной безопасности:

$M(П) = 12{,}4 + 2342 + 938 + 426 = 3718$ руб/год;

- при нерабочем состоянии автоматических систем пожаротушения и сигнализации:

$M(П) = 12{,}4 + 6757 + 5250 = 12019$ руб/год.

Рассчитываем значения показателя уровня пожарной опасности:

Для 1-го варианта:

$Y_{п.о} = 8082 / 12529200 = 6{,}4$ коп/100 руб.

Для 2-го варианта:

$Y_{п.о} = 3718 / 12529200 = 2{,}9$ коп/100 руб.

Для 3-го варианта:

$Y_{п.о} = 12019 / 12529200 = 9{,}6$ коп/100 руб.

ПРЕДПРИЯТИЕ БЫТОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Строящееся здание предприятия бытового обслуживания предназначено для ремонта бытовой и радиоэлектронной промышленности.

Здание двухэтажное, площадью застройки 1800 м^2, развернутая площадь 3600 м^2.

Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности по НПБ 105-95 — В.

Колонны здания — металлическое бетонирование, перекрытие и покрытие — железобетонные плиты по металлическим балкам.

Конструктивное решение здания отвечает требованиям IV степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности — С0 по СНиП 21-01-97*.

Величина пожарной нагрузки в здании составляет:

№ п.п.	Наименование помещений	Пожарная нагрузка, МДж/м^2
1	Административное помещение	500—650
2	Производственные помещения	900
3	Бытовые помещения	350
4	Складские помещения	1750

Анализ значений пожарной нагрузки в помещениях позволяет предположить, что воздействие возможного пожара по интенсивности и длительности может вызвать потерю несущей способности незащищенных стальных конструкций за время до прибытия подразделений пожарной охраны. В результате возможны большие разрушения и большие материальные потери. Предотвращение таких потерь может обеспечиваться выполнением огнезащиты металлических несущих конструкций перекрытий. При выполнении огнезащиты, обеспечивающей предел огнестойкости несущих конструкций перекрытий R45, степень огнестойкости здания устанавливается III при классе пожарной опасности С0.

Технико-экономическое сравнение выполнялось для вариантов зданий без огнезащиты и с дополнительными затратами, связанными с выполнением огнезащитных работ.

Для оценки возможных потерь прогнозировались условия протекания пожара при различных его сценариях.

1. Здания с незащищенными металлическими конструкциями IV степени огнестойкости, класса пожарной опасности С0.

2. Здания с огнезащитой несущих конструкций III степени огнестойкости, класса пожарной опасности С0.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь от пожаров при возникновении пожаров в наиболее пожароопасных помещениях.

Исходя из экспертной оценки, учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар в одном из складских помещений, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки — 1750 МДж/м^2.

В 1-м варианте при прибытии подразделений пожарной охраны в пределах 15 мин развитие пожара происходит в пределах одного складского помещения с максимальной пожарной нагрузкой. Площадь пожара в этом случае равна площади помещения — 30 м^2.

При прибытии подразделений пожарной охраны за время, большее 15 мин, проверяем возможность обрушения несущих конструкций.

В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем продолжительность пожара по формуле

$$t = \frac{1750 \times 30}{6285 \times 7{,}2\sqrt{1{,}8}} = 0{,}86 \text{ ч.}$$

По графику рис. 2 в зависимости от продолжительности пожара и проемности помещения определяем эквивалентную продолжительность пожара для конструкций перекрытия. Она составляет 0,6 ч. Предел огнестойкости металлических конструкций перекрытия составляет 0,25 ч. Следовательно, $t_{экв} > П_о$ и в результате пожара возможно обрушение перекрытия и переход горения с этажа на этаж.

При огнезащите металлических конструкций до предела огнестойкости 0,75 ч обрушения перекрытия не происходит и прибывшие подразделения пожарной охраны обеспечивают тушение в пределах помещения, в котором произошел пожар.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери при различных сценариях развития пожаров с учетом возможного количества товаров на площади пожара в каждом варианте.

Стоимость 1 м^2 здания без огнезащиты вместе с оборудованием составляет 13050 руб.,

в том числе стоимость оборудования — 2900 руб/м^2.

Стоимость огнезащитных работ составила 2 088 000 руб.

Для 1-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000097 \times 3600 \times 2900 \times 4(1 + 0{,}98)0{,}79 = 633{,}6$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000097 \times 3600 \times 13050 \times 3600(1 + 0{,}98)(1 + 0{,}79) =$
$= 682137$ руб/год.

Для 2-го варианта:

$M(П_1) = 0{,}0000097 \times 3600 \times 2900 \times 4(1 + 0{,}98)0{,}79 = 633{,}6$ руб/год;

$M(П_2) = 0{,}0000097 \times 3600 \times 2900 \times 30(1 + 0{,}98)(1 - 0{,}79) =$
$= 1200$ руб/год;

$M(П_3) = 0{,}0000097 \times 3600 \times 13630 \times 3600(1 + 0{,}98)[1 - 0{,}79 - (1 -$
$- 0{,}79)0{,}95] = 35623$ руб/год.

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:
В 1-м варианте:

$M(П) = 633{,}6 + 672137 = 372770{,}6$ руб/год.

Во 2-м варианте:

$M(П) = 633{,}6 + 1200 + 35623 = 37456{,}6$ руб/год.

Рассчитываем значение показателя уровня пожарной опасности корпуса для здания.
В 1-м варианте:

$Y_{п.о} = 672770{,}6 / 46980000 = 143{,}2$ коп/100 руб.

Во 2-м варианте при выполнении на объекте огнезащиты металлических конструкций перекрытий:

$Y_{п.о} = 37456{,}6 / 49068000 = 7{,}6$ коп/100 руб.

Рассчитываем интегральный экономический эффект $И$ по формуле (3) при норме дисконта 10 % для 2-го варианта проектного решения, т.е. здания III степени огнестойкости с огнезащитой металлических конструкций перекрытий:

$R_t = 672770{,}6 - 37456{,}6 = 635314$ руб.

Год осуществления проекта	R_t	K_t	$З$	$Д$	$(R_t - З_t)Д$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	635314	2088000	—	0,91	578135,7	−1509864
2	635314	—	1500	0,83	526065,6	635314
3	635314	—	1500	0,75	475360,5	475360,5
4	635314	—	1500	0,68	430993,5	430993,5
5	635314	—	1500	0,62	392964,7	392964,7
6	635314	—	1500	0,56	354935,8	354935,8
7	635314	—	1500	0,51	323245,1	323245,1
8	635314	—	1500	0,47	297892,6	297892,6
9	635314	—	1500	0,42	266201,9	266201,9
10	635314	—	1500	0,38	240849,3	240849,3

$И = 1798645$ руб. при расчете за период в 10 лет.

В приведенном примере данные для расчета представлены фирмой, выполняющей огнезащитные работы:

ЗАО «ФИРМА ДЮРАНДАЛЬ»

Огнезащитные работы.
Проектирование, монтаж и обслуживание систем автоматического пожаротушения и сигнализации.
Экспертиза и разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

127106, Москва, Гостинничная ул., д. 10, к. 5,
тел. 482-74-67

ОАО «ЦНИИпромзданий»

МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ К СНиП 21-01-97*

МДС 21-3.2001

Зав. изд. отд. *Л.Ф. Калинина*
Редактор *Л.Н. Кузьмина*
Технический редактор *Т.М. Борисова*
Корректор *И.А. Рязанцева*
Компьютерная верстка *Е.А. Прокофьева*

Подписано в печать 03.09.2001. Формат $60\times84^{1}/_{16}$.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,3.
Тираж 300 экз. Заказ № 1617

Государственное унитарное предприятие —
Центр проектной продукции в строительстве (ГУП ЦПП)
127238, Москва, Дмитровское ш., 46, корп. 2.
Тел/факс: (095) 482-42-65 — приемная.
Тел.: (095) 482-42-94 — отдел заказов;
(095) 482-41-12 — проектный отдел;
(095) 482-42-97 — проектный кабинет.

gost.e-ecolog.ru