

Г. Г. ОРЛОВ, д-р техн. наук, профессор кафедры комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

Д. А. КОРОЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, заведующий кафедрой комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

А. Я. КОРОЛЬЧЕНКО, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

УДК 614.841.123.24

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗРЫВОУСТОЙЧИВОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрена модель экономической оценки и обоснования выбора варианта предохранительных конструкций (ПК), а также определения эффективности защиты зданий и сооружений от взрывов на этапе строительства. Показано, что определение экономической эффективности применения ПК сводится к оценке целесообразности их применения для зданий с производствами, управляемыми дистанционно или автоматически. Определено, что важную роль при проектировании взрывоопасных производств играет выбор экономически выгодных и эффективных материалов для ПК. При выборе материалов следует также учитывать вероятность взрывов, приводящих к их разрушению. Выявлена необходимость в создании методики, позволяющей учитывать такую вероятность.

Ключевые слова: предохранительные конструкции; экономически эффективные материалы; взрыв производственного здания; взрывозащита; затраты на взрывозащиту зданий; проектирование взрывоопасных производств.

Величина материального ущерба, причиняемого предприятию в результате взрыва горючих газов, паров и пылей внутри здания со взрывоопасным производством, зависит от эффективности мероприятий по обеспечению его взрывобезопасности [1–3].

Результаты обследования последствий аварийных взрывов и расчеты нагрузок от взрывов внутри конкретных зданий, в наружном ограждении которых были запроектированы предохранительные конструкции (ПК), показали, что, помимо разрушения ПК, имеют место повреждения основных ограждающих и несущих конструкций здания, а иногда и конструкций соседних зданий [4].

Предлагаемые решения по обеспечению взрывозащиты промышленных зданий отличаются от существующих дифференцированным подходом к подбору типов и количества ПК для каждого конкретного случая [5–9]. При этом производство самих ПК, за исключением специально разработанных деталей для покрытия, не требует дополнительных затрат, так как предлагаемые в качестве ПК строительные конструкции являются типовыми и выпускаются в промышленных масштабах. Применение в наружном ограждении зданий ПК, количество и тип кото-

рых соответствуют ранее разработанным, ограничивает площадь повреждения зданий размерами разрушенной ПК в стеновом ограждении и на участках, где предусматривается устройство легковскрываемого покрытия. При наличии таких повреждений стоимость ущерба будет минимальной из-за отсутствия необходимости в затратах на восстановление технологического оборудования и основных строительных конструкций [10, 11]. При этом резко сокращаются затраты на ремонтно-восстановительные работы, уменьшаются потери от временного прекращения производственной деятельности предприятия. В то же время необходимо отметить, что проведение мероприятий по повышению взрывобезопасности производств, в технологических процессах которых используются горючие газы, пары и пыли, связано с рядом дополнительных затрат.

Для повышения взрывобезопасности зданий, помимо применения ПК, используются методы пассивного резервирования — усиление основных несущих конструкций зданий за счет увеличения сечения конструкций, повышения их жесткости, изменения конструктивной схемы здания и т. п. [12–15].

С увеличением площади ПК, а также несущей способности основных конструкций взрывобезопасность здания повышается. Одновременно увеличиваются его первоначальная стоимость и эксплуатационные расходы, так как стоимость возведения 1 м² ПК, как правило, больше стоимости 1 м² основных ограждающих конструкций. Это приводит также к увеличению отчислений на амортизацию и содержание конструкций в процессе эксплуатации здания. Кроме того, потери тепла через ПК, расположенные в покрытии или стеновом ограждении, значительно больше, чем через основные, что, в свою очередь, вызывает дополнительное увеличение эксплуатационных расходов.

Вопрос о проведении мероприятий по обеспечению взрывобезопасности должен рассматриваться в каждом случае применительно к конкретному предприятию.

Становится очевидным, что для предприятий, на которых находится обслуживающий персонал, просто необходимо предусматривать меры по обеспечению взрывобезопасности в целях защиты людей, технологического оборудования и основных строительных конструкций.

Для промышленных зданий, сооружений и цехов с автоматическим и дистанционным управлением, где обслуживающий персонал отсутствует, а вероятность возникновения взрыва относительно мала, возможно, разрушение конструкций здания будет экономически оправданно, если затраты на восстановление не будут превосходить затрат на устройство ПК.

Экономическое обоснование предлагаемого варианта ПК может потребовать рассмотрения одной из следующих задач:

- 1) при наличии в здании обслуживающего персонала — определение экономически обоснованных конструктивных решений ПК, выбор материала и определение требуемой площади ПК;
- 2) при отсутствии в здании обслуживающего персонала — оценка целесообразности устройства ПК исходя из анализа суммарных затрат на строительство, эксплуатацию и восстановление здания и затрат на устройство ПК.

Таким образом, определение экономической эффективности применения ПК сводится к оценке целесообразности их применения для зданий с производствами, управляемыми дистанционно или автоматически. В этом случае следует установить необходимость устройства ПК. Если такая необходимость существует, надо установить оптимальные варианты ПК, обеспечивающие взрывобезопасность здания.

В процессе проектирования зданий для взрывоопасных производств существенное место занима-

ют вопросы выбора экономически эффективных материалов для изготовления ПК, который должен осуществляться с учетом стоимости материалов, затрат на возведение ПК и эксплуатацию здания. Задача заключается в том, чтобы свести к минимуму полные затраты на возведение и эксплуатацию здания при использовании ПК. Так как указанные затраты являются разновременными, для их суммирования можно использовать рекомендованный “Инструкцией по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве” (СН 423–71) метод приведения разновременных затрат к сопоставимому виду, в основе которого лежит формула сложных процентов:

$$B = 1/(1 + E_{н.п})^t, \quad (1)$$

где $E_{н.п}$ — норматив для приведения разновременных затрат к сопоставимому виду; $E_{н.п} = 0,08$;
 t — период времени приведения, годы.

При выборе материалов для изготовления ПК следует также учитывать вероятность возникновения взрывов, приводящих к разрушению ПК. Нужно отметить, что действующая инструктивная и нормативная литература по экономической оценке вариантов проектных решений со стохастическими, вероятностными показателями не дает рекомендаций по их оценке. В связи с этим возникает необходимость в создании методики, позволяющей учитывать вероятность возникновения взрывов и разрушения ПК. Для этого надо иметь статистические данные по частоте взрывов на однотипных производствах. В настоящее время по ряду производств (дивинила, гидропероксида изопренбензола, аммиака и др.) имеются некоторые данные, позволяющие при помощи вероятностно-статистических методов вычислить средний период $t_{ср}$ между взрывами:

$$t_{ср} = 1/\lambda_k, \quad (2)$$

где λ_k — интенсивность разрушения конструкций, измеряемая количеством разрушений за один год эксплуатации;

$$\lambda_k = \frac{n\lambda}{Nr(t)}; \quad (3)$$

n — общее число однотипных строительных конструкций;

λ — интенсивность возникновения взрывов;

N — количество однотипных строительных конструкций, за которыми велось наблюдение;

$N = (r - 1)/(Ntr)$;

$r(t)$ — число взрывов за период наблюдения.

Выбор материала для ПК можно проводить по критерию минимальных суммарных затрат Π (тыс. руб.) на изготовление (возведение), восстановление и экс-

плутацию конструкций за период функционирования здания:

$$П = C_{к0} + \sum_{i=t_{cp}}^{r(i)t_{cp}} \frac{C_i - C_{к.ост}}{(1 + E_{н.п})^i} + \frac{1}{E_{н.п}} \mathcal{E}^{год}, \quad (4)$$

где $C_{к0}$ — первоначальная сметная стоимость ПК, тыс. руб.;

t_{cp} — среднее время безаварийной работы здания, т. е. период между взрывами (определяется по формуле (2)), ч;

C_i — затраты, непосредственно связанные с восстановлением ПК, тыс. руб.;

$C_{к.ост}$ — остаточная стоимость разрушенных конструкций, тыс. руб.;

i — период возникновения взрывов, годы;

$i = t_{cp}, 2t_{cp}, \dots, at_{cp}$;

a — величина, показывающая, что восстановление здания осуществляется целое количество раз (т. е. учитывается только целая часть отношения);

$a = (T_{сл} - 1)/t_{cp}$;

$T_{сл}$ — нормативный срок службы здания в целом, годы;

$\mathcal{E}^{год}$ — годовые эксплуатационные затраты, отчисления на амортизацию и содержание конструкций, тыс. руб.

Последнее слагаемое формулы (4) учитывает суммарные эксплуатационные затраты за весь период функционирования здания. Так как годовые эксплуатационные затраты $\mathcal{E}^{год}$ отдалены друг от друга на один год, они являются разновременными. Известно, что суммирование таких затрат возможно после их приведения к определенному моменту времени. Поскольку в формуле (4) в затратах по первому и второму слагаемому учитываются вложения в период первоначального устройства ПК, то и в данном случае для определения эксплуатационных затрат выбран момент начала их эксплуатации.

Приведение выполняется при помощи формулы

$$\mathcal{E} T_{сл} = \sum_{i=1}^{T_{сл}} \mathcal{E}_i^{год} \frac{1}{(1 + E_{н.п})^i}. \quad (5)$$

Если эксплуатационные затраты не меняются по годам, т. е. $\mathcal{E}_1^{год} = \mathcal{E}_2^{год} = \mathcal{E}_3^{год} = \text{const}$, то $\mathcal{E}^{год}$ можно вынести за знак суммы. Тогда оставшаяся часть выражения, представляющая собой сумму убывающей геометрической прогрессии с первым членом a и знаменателем g , равным $1/(1 + E_{н.п})$ (при $T_{сл}$, стремящемся к бесконечности), имеет вид

$$\sum = \frac{a}{1 - g} = \frac{1}{E_{н.п}}. \quad (6)$$

Следовательно, суммарные эксплуатационные затраты будут равны $(1/E_{н.п}) \mathcal{E}^{год}$.

Защита зданий от воздействия взрыва горючих смесей внутри помещения может быть обеспечена:

- использованием ПК;
- усилением несущих конструкций здания;
- сочетанием ПК с усилением основных несущих конструкций.

Возникает необходимость в выборе такого варианта защиты, который потребует минимальных затрат при возведении и эксплуатации объекта на обеспечение заданной степени взрывобезопасности с учетом вероятности возникновения взрывов.

Минимум суммарных затрат определяется по формуле

$$П = C_y + C^{расч} E_n \Phi_{пр} t_{стр} + \frac{1}{E_{н.п}} \left(1,06 C_i \frac{a_1 + a_2}{100} + 3^{от} \right) + \sum_{i=t_{cp}}^{r(i)t_{cp}} \frac{3_i + E_n \Phi_{пр} t_{ост}}{1 + E_{н.п}}, \quad (7)$$

где C_y — сметная себестоимость работ по усилению основных несущих конструкций здания, тыс. руб.;

$C^{расч}$ — расчетная сметная себестоимость легко-сбрасываемых конструкций, тыс. руб.;

E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

$\Phi_{пр}$ — сметная стоимость производственных фондов строительных организаций, занятых на монтаже конструкций, тыс. руб.;

$t_{стр}$ — период монтажа, годы;

C_i — сметная себестоимость конструкций, тыс. руб.;

a_1, a_2 — нормативы реновационных отчислений и отчислений на содержание конструкций от их сметной стоимости;

$3^{от}$ — годовые затраты на отопление здания, тыс. руб.;

3_i — затраты, связанные с ликвидацией последствий взрывов в i -м году, тыс. руб.;

$t_{ост}$ — период остановки производства, связанный с ликвидацией последствий взрыва, годы.

Стоимость усиления несущих конструкций C_y должна устанавливаться расчетом для конкретного здания. При $C_y = 0$ взрывобезопасность здания достигается только при использовании ПК.

Расчетная себестоимость ПК определяется по соответствующим прейскурантам сметных цен на материалы, изделия и конструкции с учетом накладных расходов. При этом следует учитывать также экономический эффект $\mathcal{E}_i$ от снижения трудоемкости и сокращения продолжительности выполнения работ по возведению ПК:

$$C^{расч} = C_i - \mathcal{E}_i.$$

Величина $\mathcal{E}_i$ определяется исходя из следующих предпосылок:

- а) по всем вариантам предохранительных конструкций определяется трудоемкость работ m_i (чел.-дни);
- б) вариант с наибольшей трудоемкостью принимается за исходный;
- в) все остальные варианты с меньшей трудоемкостью при равных производственных условиях (одинаковое количество трудовых ресурсов, сменность) будут выполняться быстрее и, следовательно, давать по отношению к исходному варианту экономический эффект.

Для исходного варианта $\mathcal{E}_i = 0$. Для остальных вариантов величина $\mathcal{E}_i$ складывается из трех экономических эффектов:

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_i^1 + \mathcal{E}_i^2 + \mathcal{E}_i^3, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_i^1 + \mathcal{E}_i^2 + \mathcal{E}_i^3$ — экономические эффекты от сокращения, соответственно, условно постоянной части накладных расходов и части накладных расходов, связанных с трудоемкостью работ и основной заработной платой.

Эффект от сокращения условно постоянной части накладных расходов определяется по формуле

$$\mathcal{E}_i^1 = 0,5 \frac{CK_{н.р}}{(1 + K_{н.р}) 1,06} \left(1 - \frac{m_i}{m_{исх}} \right), \quad (9)$$

где 0,5 — коэффициент, учитывающий долю условно постоянных расходов в общем объеме накладных расходов;

C — себестоимость строительной продукции, тыс. руб.;

$K_{н.р}$ — коэффициент, учитывающий размер накладных расходов; $K_{н.р} = 0,12 \div 0,19$;

1,06 — коэффициент, учитывающий плановые накопления;

$m_{исх}$ — трудоемкость работ по возведению легкосбрасываемых конструкций по исходному варианту, чел.-дни.

Эффект от сокращения части накладных расходов, связанных с трудоемкостью работ, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_i^2 = 0,6 (m_{исх} - m_i). \quad (10)$$

Эффект от сокращения части накладных расходов, связанных с основной заработной платой, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_i^3 = 0,15 (Z_{исх} - Z_i), \quad (11)$$

где $Z_{исх}$, Z_i — основная заработная плата соответственно по исходному и i -му вариантам, руб.

Годовые затраты на отопление здания $Z^{от}$ могут определяться по формуле

$$Z^{от} = F_{ПК} Z_{м^2}^{от} = F_{ПК} \frac{Y_T (t_{вн}^0 - t_{ср}^0) 24 T_{от}}{R_{от} \cdot 10^6}, \quad (12)$$

где $F_{ПК}$ — площадь ПК, m^2 ;

$Z_{м^2}^{от}$ — затраты на отопление здания на $1 m^2$ в год;

Y_T — стоимость 1 Мкал тепла, руб.;

$t_{вн}^0$ — расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}C$;

$t_{ср}^0$ — средняя расчетная температура наружного воздуха за отопительный период, $^{\circ}C$;

24 — число часов в сутках;

$T_{от}$ — продолжительность отопительного периода, сут;

$R_{от}$ — термическое сопротивление стены или покрытия, $m^2 \cdot ^{\circ}C \cdot ч / ккал$.

Затраты Z , непосредственно связанные с ликвидацией последствий взрывов, определяются следующим образом:

1. Для вариантов, где площадь ПК удовлетворяет требованиям обеспечения гарантии неразрушения зданий в целом, параметр Z вычисляется по формуле

$$Z = Z_{ПК} + Z_{ок} + Z_{об} + Z_{см} + Z_{оч} - O, \quad (13)$$

где $Z_{ПК}$ — затраты на восстановление ПК; определяются по сметным нормам с учетом затрат на разработку;

$Z_{ок}$ — затраты на восстановление основных конструкций (если ПК не обеспечивают снижения взрывной нагрузки до допустимой);

$Z_{об}$ — затраты на восстановление оборудования и внутренних сетей;

$Z_{см}$ — затраты на восстановление смежных зданий и сооружений (если нанесен ущерб их конструкциям);

$Z_{оч}$ — затраты на очистку территории от разрушенных конструкций; определяются путем расчета фактических затрат на разработку и перевозку разрушенных конструкций;

O — остаточная стоимость поврежденных конструкций, если они могут быть повторно использованы (может быть принята в размере 10 % от стоимости ПК).

Затраты $Z_{ок}$, $Z_{об}$ и $Z_{см}$ устанавливаются путем умножения восстановительных объемов на соответствующие сметные нормы на ремонтные работы. Необходимые объемы восстановления определяются как средние величины по данным статистических наблюдений.

2. Для вариантов, где вследствие уменьшения площади ПК допускается разрушение здания в целом, затраты, связанные с ликвидацией последствий аварии, определяются по формуле

$$Z = C_1 + Z_{см} + Z_{оч} - O, \quad (14)$$

где C_1 — затраты на восстановление разрушенного здания, тыс. руб.

Для укрупненных расчетов величину Z можно принимать равной стоимости первоначального воз-

ведения ПК. Если известно изменение стоимости конструкций во времени, то в расчет следует ввести соответствующий поправочный коэффициент K_t . Тогда

$$Z = 1,06 C_i K_t. \quad (15)$$

Выводы

На основании рассмотренной модели экономической оценки и обоснования выбора варианта ПК, а также определения экономической эффективности защиты зданий и сооружений от взрывов строительными мероприятиями можно сделать следующие выводы.

1. Защита зданий от последствий взрыва внутри помещений применением ПК связана с дополнительными затратами. Поэтому задача обеспечения взрывобезопасности с наименьшими суммарными затратами на возведение и эксплуатацию здания является весьма важной.

2. При экономической оценке принятого варианта применения ПК основополагающим параметром является среднее время безаварийной работы здания, которое может быть выражено через интенсивность разрушений, являющуюся, как известно, случайной величиной. Для ее определения применимы вероятностно-статистические методы.

3. При выборе материалов для изготовления ПК необходимо свести к минимуму полные затраты на возведение и эксплуатацию ПК с учетом вероятности возникновения взрывов. Рассмотренный метод позволит подобрать такие материалы для ПК, применение которых сделает полные затраты минимальными.

4. Уравнение (7) для экономического обоснования выбора варианта ПК дает возможность установить суммарные затраты на строительство, эксплу-

атацию и восстановление здания с учетом вероятности возникновения взрыва. Анализ этого уравнения и расчеты показывают, что для зданий с технологиями с дистанционным и автоматическим управлением, где взрывы происходят с интервалом 12–15 лет и более, экономически оправданно уменьшение площадей ПК, полученных расчетом.

5. Расчеты экономической оценки эффективности ПК по приведенной методике только для зданий компрессорных по транспортировке горючих газов показывают, что для них экономический эффект при использовании разработанного метода обеспечения взрывобезопасности зданий со взрывоопасными производствами составляет около 3 % от суммарных затрат на строительство и эксплуатацию. С учетом строительства объектов только такого типа экономический эффект от внедрения результатов данного метода составит более 5 млн. руб. в год. Однако, с учетом того что перечень взрывоопасных производств в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, газовой и других отраслях промышленности включает несколько десятков наименований, экономический эффект составит несколько десятков миллионов рублей.

6. В целях оптимизации затрат на защиту зданий от взрывов необходимо использовать вероятностные методы определения возможности возникновения взрыва в зависимости от различных защитных мероприятий. Для этого может быть применена методика, разработанная ВНИИПО МВД. При этом должен быть учтен не только прямой ущерб, наносимый взрывом, но и косвенный, связанный с ликвидацией производства определенного вида промышленной продукции и необходимостью восстановления выбывших из строя мощностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бесчастнов М. В., Соколов В. М., Кац М. И. Аварии в химических производствах и меры их предупреждения. — М. : Химия, 1976. — 367 с.
2. Анализ аварий, связанных со взрывами в химической промышленности : научно-технический отчет по теме 00-67-3.1.3. — Северодвинск : ВНИИТБХП, 1978. — 22 с.
3. СН 423–71. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве. — Введ. 01.07.71. — М. : Стройиздат, 1972.
4. Орлов Г. Г., Лейбман А. Е., Манасян А. И. Определение экономически оптимальных площадей легкосбрасываемых ограждающих конструкций // Охрана труда в строительстве. — М. : МИСИ им. В. В. Куйбышева, 1978.
5. Шароварников А. Ф., Корольченко Д. А. Использование генераторов пены высокой кратности для тушения пожаров в складских помещениях // Научное обозрение. — 2014. — № 9, ч. 2. — С. 461–466.
6. Корольченко Д. А., Лукьянов А. М., Агапов А. Г. О пожароопасности древесины при возведении мостов // Мир транспорта. — 2012. — Т. 42, № 4. — С. 158.
7. Sharovarnikov A. F., Korolchenko D. A. Fighting fires of carbon dioxide in the closed buildings // Applied Mechanics and Materials. — 2013. — Vol. 475–476. — P. 1344–1350. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.475-476.1344.

8. Корольченко Д. А., Громоной В. Ю., Ворогушин О. О. Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях // Вестник МГСУ. — 2011. — № 1-2. — С. 331–335.
9. Gorshkov V. I., Korolchenko D. A., Shebeko Yu. N., Navtsenya V. Yu., Kostyukhin A. K. The peculiarities of application of gas-aerosol fire extinguishing tools in various rooms // Proceedings of Second International Seminar on Fire-and-Explosion Hazard of Substances and Venting of Deflagrations. — Moscow : All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1997. — P. 800–808.
10. Поддаева О. И. Физические исследования архитектурно-строительной аэродинамики для устойчивого проектирования в строительной отрасли // Промышленное и гражданское строительство. — 2013. — № 9. — С. 35–38.
11. Churin P., Poddaeva O. I. Aerodynamic testing of bridge structures // Applied Mechanics and Materials. — 2013. — Vol. 477–478. — P. 817–821. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.477-478.817.
12. Borkovskaya V. G. Post bifurcations of the concept of the sustainable development in construction business and education // Advanced Materials Research. — 2013. — Vol. 860–863. — P. 3009–3012. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.860-863.3009.
13. Борковская В. Г. Стандарты и требования пожарной безопасности // Актуальные проблемы защиты окружающей среды и техносферной безопасности в меняющихся антропогенных условиях : материалы Международной научно-практической конференции “Белые ночи 2014”. — Грозный, 2014. — С. 519.
14. Холщевников В. В., Парфёненко А. П. О моделировании эвакуации людей и динамики опасных факторов пожара в целях нормирования эвакуационных путей // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2014. — Т. 53, № 1. — 8 с.
15. Холщевников В. В., Парфёненко А. П. Модели движения людских потоков в России // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании : сборник материалов Международной научно-практической конференции. — М. : МГСУ, 2015. — С. 286–289.

Материал поступил в редакцию 20 марта 2015 г.

English

ECONOMIC EFFICIENCY OF APPLICATION OF EXPLOSION-RELIEF VALVES IN ORDER TO ENSURE EXPLOSION STABILITY OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

ORLOV G. G., Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Complex Safety in Construction, Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: ICA_kbs@mgsu.ru)

KOROLCHENKO D. A., Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Complex Safety in Construction, Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: ICA_kbs@mgsu.ru)

KOROLCHENKO A. Ya., Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Complex Safety in Construction, Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: ICA_kbs@mgsu.ru)

ABSTRACT

The model of economic evaluation and substantiation of choice of explosion-relief valves (ERV) as well as determination of efficiency of explosion protection of buildings and constructions organized during the construction stage is considered in this article. It is shown that the important role in design of explosive productions is played by choice of economically effective materials for ERV. It is noted that choose of any type of ERV should minimize full costs of its erection and exploitation taking into account probability of emergence explosions. The considered method allows selecting such materials for ERV which reduce full costs to minimum. The equation for economic evaluation of choice of ERV type allow to establish total costs of construction, exploitation and reconstruction of buildings taking into account probability of explosion. The analysis of this equation and further calculations show that for buildings equipped with remote and (or) automatic production control, where explosions occur at intervals of 12–15 years or more, decrease of ERV areas is economically justified. For optimization of explosion safety costs it is necessary to use probabilistic methods of determination of explosion possibility and to realize the relevant protective measures.

Keywords: explosion-relief valves; economically effective materials; explosion of production building; explosion safety; explosion safety costs; design of explosive productions.

REFERENCES

1. Beschastnov M. V., Sokolov V. M., Kats M. I. *Avarii v khimicheskikh proizvodstvakh i меры их предупреждения* [Accidents in chemical productions and measures of their prevention]. Moscow, Khimiya Publ., 1976. 367 p.
2. *Analiz avariyn, svyazannykh so vzyvmami v khimicheskoy promyshlennosti: nauchno-tekhnicheskiy otchet* [The analysis of accidents due to explosions in chemical industry. Scientific and technical report]. Severodvinsk, VNIITBKhP Publ., 1978. 22 p.
3. *Building codes 423–71. The instruction on determination of economic efficiency of capital investments in construction*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1972 (in Russian).
4. Orlov G. G., Leybman A. Ye., Manasyan A. I. *Opredeleniye ekonomicheskikh optimalnykh ploshchadey legkosbrasyvayemykh ogradzhayushchikh konstruktsey* [Determination of economically optimal areas of explosion-relief valves]. *Okhrana truda v stroitelstve* [Labor protection in construction]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering Publ., 1978.
5. Sharovarnikov A. F., Korolchenko D. A. *Ispolzovaniye generatorov peny vysokoy kratnosti dlya tushe-niya pozharov v skladskikh pomeshcheniyakh* [Usage of high-expansion foam generators for extinguishing fires in warehouses]. *Nauchnoye obozreniye — Science Review*, 2014, no. 9, part 2, pp. 461–466.
6. Korolchenko D. A., Lukyanov A. M., Agapov A. G. *O pozharoopasnosti drevesiny pri vozvedenii mostov* [About the fire hazard of wood in the building of bridges]. *Mir transporta — World of Transport*, 2012, vol. 42, no. 4, p. 158.
7. Sharovarnikov A. F., Korolchenko D. A. *Fighting fires of carbon dioxide in the closed buildings*. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 475–476, pp. 1344–1350. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.475-476.1344.
8. Korolchenko D. A., Gromovoy V. Yu., Vorogushin O. O. *Primeneniye tonkoraspylennoy vody dlya tushe-niya pozharov v vysoknykh zdaniyakh* [Fire extinguishing in tall buildings by using water mist systems]. *Vestnik MGSU — Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*, 2011, no. 1-2, pp. 331–335.
9. Gorshkov V. I., Korolchenko D. A., Shebeko Yu. N., Navtsenya V. Yu., Kostyukhin A. K. *The peculiarities of application of gas-aerosol fire extinguishing tools in various rooms*. *Proceedings of Second International Seminar on Fire-and-Explosion Hazard of Substances and Venting of Deflagrations*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1997, pp. 800–808.
10. Poddaeva O. I. *Fizicheskiye issledovaniya arkhitekturno-stroitelnoy aerodinamiki dlya ustoychivogo proyektirovaniya v stroitelnoy otrasli* [Physical studies of architectural and construction aerodynamics for steady design in construction branch]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo — Industrial and Civil Engineering*, 2013, no. 9, pp. 35–38.
11. Churin P., Poddaeva O. I. *Aerodynamic testing of bridge structures*. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 477–478, pp. 817–821. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.477-478.817.
12. Borkovskaya V. G. *Post bifurcations of the concept of the sustainable development in construction business and education*. *Advanced Materials Research*, 2013, vol. 860–863, pp. 3009–3012. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.860-863.3009.
13. Borkovskaya V. G. *Standarty i trebovaniya pozharnoy bezopasnosti* [Standards and requirements of fire safety]. *Aktualnyye problemy zashchity okruzhayushchey sredy i tekhnosfernoy bezopasnosti v menayushchikhsya antropogennykh usloviyakh. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Belye nochi 2014”* [Actual Problems of Environment Protection and Technosphere Safety in Changing Anthropogenous Conditions. Materials of the International Scientific and Practical Conference “White Nights 2014”]. Groznyy, 2014, p. 519.
14. Kholshchevnikov V. V., Parfenenko A. P. *O modelirovanii evakuatsii lyudey i dinamiki opasnykh faktorov pozhara v tselyakh normirovaniya evakuatsionnykh putey* [About modeling of evacuation of people and dynamics of fire hazards in purpose of normalization evacuation routes]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal — Technologies of Technosphere Safety. Internet-Journal*, 2014, vol. 53, no. 1. 8 p.
15. Kholshchevnikov V. V., Parfenenko A. P. *Modeli dvizheniya lyudskikh potokov v Rossii* [Models of movement of pedestrian flows in Russia]. *Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitelnoy nauke i obrazovanii. Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Integration, Partnership and Innovations in Construction Science and Education. Collection of materials of International Scientific and Practical Conference]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering Publ., 2015, pp. 286–289.