

А. А. Сулейманов

## АНАЛИЗ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕЙСМОВОЗДЕЙСТВИЯ СО ВТОРИЧНЫМИ ПОЖАРАМИ

92

Произведен анализ риска предприятий промышленности в результате сейсмоздействия и вызванных им вторичных пожаров. Учет этого обстоятельства – достаточно часто совпадающих и совместно действующих векторов – предлагается использовать как механизм обеспечения защиты промышленных объектов от сейсмопожароопасности, в том числе и аспирационных потоков как фактора воздействия. Анализ риска рассчитывается по алгоритму обеспечения безопасности сложных систем, что показывает степень универсальности данного алгоритма. Этот механизм обеспечения безопасности наиболее актуален для архитектурных генпланов зданий и сооружений, а также в оперативно-тактических действиях подразделений спасательных служб при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, кризисных и экстремальных явлений. В результате анализа произведена выборка для категоризованных объектов промышленности и объектов, расположенных в малых городах и сельской местности.

*In this article, I analyse risks borne by businesses that have experienced seismic impacts aggravated by secondary fires. I suggest taking into account this circumstance as part of a mechanism to ensure the post-earthquake fire safety of industrial facilities. It is also important to consider aspiration flows as an influencing factor. The risk analysis employs an algorithm for ensuring complex system safety, which proves to be universal. The mechanism in question should be employed in both preparing architectural plans of buildings and structures and conducting rescue operations in emergencies. Based on this analysis, I draw a sample of categorized industrial facilities located in smaller cities and rural areas.*

**Ключевые слова:** механизм обеспечения безопасности, риск от пожаров, вторичные пожары, сейсмическое воздействие, диапазон избыточного давления, перераспределение времени, чрезвычайные ситуации, аспирационные потоки.

**Keywords:** safety mechanisms, fire-associated risks, secondary fires, earthquake, excess pressure range, time redistribution, emergencies, aspiration flows.

### Введение

Особая актуальность данной проблемы отмечена в указе президента Российской Федерации от 11.01.2018 г. №12 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до



2030 года», который определил соответствующую стратегию в данной области. В условиях же Узбекистана большую роль играет степень сейсмической защищенности, а также пожарной безопасности зданий и сооружений. К наиболее опасным и разрушительным стихийным явлениям природы относятся землетрясения с последующими затяжными пожарами, поскольку они приводят не только к разрушениям зданий, но и к гибели людей.

Результаты приведенного в данной статье исследования служат выполнению задач, предусмотренных указами президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 07.02.2017 г. «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № УП-5066 от 01.06.2017 г. «О мерах по коренному повышению эффективности системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», постановлением Кабинета министров № 1027 от 28.12.2017 «О создании единой системы мониторинга, обмена информацией и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и экологического характера», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Большинство сейсмоизолирующих систем и устройств весьма сложны и трудоемки в изготовлении и монтаже, а следовательно, дороги относительно стоимости объекта (здания, сооружения). К тому же каждая система сейсмозащиты имеет определенную область применения, зависящую от основной конструкции объекта, его этажности и характеристик возможных землетрясений. Задача оценки риска осложняется еще и тем, что каждое землетрясение в идеале требует специфических профилактических решений. В разработке системы сейсмозащиты предлагается также использовать информацию об аспирационных потоках как дополнительный механизм обеспечения безопасности промышленных объектов от сейсмопожароопасного фактора с целью предварительной оценки риска для предприятий и оперативных подразделений, вынужденных действовать в сложных условиях [1; 2; 6; 14].

## 1. Алгоритмы обеспечения безопасности

Для зданий и сооружений, а также безопасности жизни и здоровья населения необходимо учитывать ряд вероятностных факторов.

В алгоритме действий подразделений при обеспечении безопасности можно выделить три основных этапа [16].

1. На *первом* этапе длительностью  $t_1$  предусматривается:

- изучение степени устойчивости защищаемой системы, выявление факторов и сил, способствующих возможному ее разрушению;
- выявление сил, способствующих стабильному существованию защищаемой системы;
- определение границ распространения и степени развития сил, воздействующих на изменение надежности системы.
- определение причин разрушения и (или) нарушения работоспособности системы;



– изучение свойств системы, ее слабых сторон (например, изучение территориальных особенностей и обстоятельств взрыва торгового дома в Нью-Йорке позволило точно определить сложившуюся оперативную обстановку и, приняв правильное управленческое решение, наметить направления введения основных сил и средств при организации спасательных мероприятий);

– определение способов влияния на выявленные в системе антагонизмы.

Первый этап в целом можно охарактеризовать как этап изучения защищаемой системы. С самого начала необходимо четко определить, сколько имеется времени для решения задач данного этапа (обычно это необходимо, если мы имеем дело с уже разрушающейся системой). Здесь определяющим фактором является максимальное время развития разрушающего процесса до точки «S», после которой разрушение или уничтожение системы уже невозможно предотвратить (другими словами, «S» – это точка, до которой еще возможен восстановительный процесс). Исходя из имеющегося в распоряжении времени можно будет определить возможный его лимит для первого этапа [17].

Важность первого этапа определяется ценностью времени, затрачиваемого на решение его задач. Один из возможных способов не уменьшения, а увеличения этого времени – приглашение специалистов и (или) постановка конкретных задач перед людьми, имеющими достаточный опыт в их решении, так как они способны:

– во-первых, ускорить решение поставленных задач;

– во-вторых, быстро и обоснованно определить решающее направление действий, исходя из сложившихся условий;

– в-третьих, при необходимости отсеять ненужные (или временно ненужные) подпункты первого и последующих этапов. Время, затраченное на привлечение специалистов, получение ими информации и принятие решения можно обозначить как  $t_k$  – период, катализирующий временную «деформацию».

2. На *втором* этапе длительностью  $t_2$ :

– определяются пути локализации распространения составных элементов, разрушающих систему. В частности, такие операции пришлось выполнять в Вашингтоне для локализации распространения очагов в связи с возникновением чрезвычайной ситуации в результате теракта;

– разрабатываются рекомендации по сохранению прочности системы в целом. Например, в системе обеспечения пожарной безопасности разработан комплекс профилактических мероприятий, цель которых – предупреждение пожаров на объектах в различных отраслях промышленности; Министерством по чрезвычайным ситуациям также определены профилактические меры, применимые во всех сферах жизнедеятельности человека.

3. На *третьем* этапе длительностью  $t_3$  осуществляется:

– оперативное вмешательство для локализации развития нарушения стабильности;



– установление (внедрение) дополнительной подсистемы (так называемый сателлит) в целях повышения надежности системы (или ее необходимых качеств, желательно без ухудшения остальных). Однако установка дополнительной подсистемы зачастую сводится к реализации известного принципа, по которому «если хочешь приобрести что-то, надо платить или жертвовать чем-нибудь другим». На практике это нередко сопряжено с введением дополнительных людских и прочих резервов;

– перестановка составляющих системы (это предпринимается реже), что позволяет в итоге повысить ее надежность и (или) устойчивость системы;

– замена или оперативное удаление (при необходимости) отдельных составляющих, мешающих стабильному существованию;

– установление контроля за соблюдением рекомендаций, способствующих повышению надежности и стабильности системы;

– обеспечение благоприятных условий для сил, способствующих стабильному функционированию системы.

Имеется также *четвертый этап* длительностью  $t_4$ , который выходит за пределы времени локализации и представляет собой период, необходимый для полной ликвидации последствий. Этот процесс не всегда (реже) проходит в кризисных и экстремальных условиях и может длиться годами. Для примера: полная ликвидация последствий землетрясения в Гуанджоу (Китай), происшедшего 8 августа 2017 г., до сих пор не окончена. Если взять землетрясение 1966 г. в Ташкенте, то существуют дома, построенные калининградцами в столице Узбекистана в 1972 г., то есть полная ликвидация последствий заняла более 6 лет [12; 17]. Вполне понятно, что строительство этих домов проходило уже не в кризисных и экстремальных условиях. Поэтому интереса с точки зрения оперативного реагирования, рассматриваемого в статье, этот этап не представляет.

## 2. Математическая модель обеспечения безопасности

1. Итак, получаем, что период времени  $t_{\text{чс}}$ , которым располагают для локализации последствий *чрезвычайных ситуаций* (ЧС), можно разбить на три составляющих:

$$t_{\text{чс}} = t_1 + t_2 + t_3 = \sum_{i=1}^3 t_i,$$

где  $t_{\text{чс}}$  – период времени, имеющийся в наличии, то есть время, оставшееся до точки «Ч» (когда можно считать, что последствия локализованы);  $t_i$  – период времени, затрачиваемого для каждого этапа (где  $i = 1, 2, 3$ );  $t_1$  – период времени для определения оперативной обстановки;  $t_2$  – период времени для принятия управленческого решения;  $t_3$  – период времени для оперативного вмешательства [18; 19].



2. Если учесть, что три указанных периода времени состоят из конкретных действий, описанных выше, на осуществление которых также требуется время, то эти три периода можно записать в следующем, более конкретном виде:

1) для периода определения оперативной обстановки:  $t_1 = \sum_{j_1=1}^{N_1} t_{1j_1}$ , где

$j_1$  может включать номера всех возможных мероприятий первого периода;

2) для периода принятия управленческого решения:  $t_2 = \sum_{j_2=1}^{N_2} t_{2j_2}$ , где

$j_2$  может охватывать номера всех возможных мероприятий второго периода;

3) для периода оперативного вмешательства:  $t_3 = \sum_{j_3=1}^{N_3} t_{3j_3}$ , где  $j_3$  может

пробегать номера всех возможных мероприятий третьего периода.

В итоге в результате уточнения составляющих каждого из трех периодов времени получаем более подробную формулу для величины периода времени  $t_{\text{чс}}$ :

$$t_{\text{чс}} = t_1 + t_2 + t_3 = \sum_{j_1=1}^{N_1} t_{1j_1} + \sum_{j_2=1}^{N_2} t_{2j_2} + \sum_{j_3=1}^{N_3} t_{3j_3} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j_i=1}^{N_i} t_{ij_i}, \quad (1)$$

где  $t_{1j_1}$  — длительности мероприятий по определению оперативной обстановки,  $j_1 = 1, 2, 3, \dots, N_1$ ,  $N_1$  — количество этих мероприятий;  $t_{2j_2}$  — длительности мероприятий по принятию управленческого решения,  $j_2 = 1, 2, 3, \dots, N_2$ ,  $N_2$  — количество этих мероприятий;  $t_{3j_3}$  — длительности мероприятий по реализации принятого управленческого решения (непосредственное оперативное вмешательство),  $j_3 = 1, 2, 3, \dots, N_3$ ,  $N_3$  — количество этих мероприятий.

3. Сумма (1) может подтверждаться при условии, что

$$\begin{cases} g(t_1) = 0, \text{ если } t_1 \notin [a, b], \\ \varphi(t_3) = 0, \text{ если } t_3 \notin [c, d], \\ g(t_2) > 0, \text{ если } t_2 \in [b, c], \\ \varphi(t_3) > 0, \text{ если } t_3 \in [c, d], \end{cases} \quad (2)$$

где  $g(t_1)$  — функция для определения оперативной обстановки;  $g(t_2)$  — функция для принятия управленческого решения;  $\varphi(t_3)$  — функция для оперативного вмешательства.

В системе (2) параметры  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  описывают профилактические и тактические мероприятия, которые могут обеспечить значительную эффективность используемых сил и средств на третьем этапе. Реализовываться они могут на любом из трех этапов и даже до начала первого этапа — это относится прежде всего к профилактическим мероприятиям, которые реализуются обычно до начала первого этапа, хотя возможно их проведение на первом, втором и третьем этапах. Также опе-



ративный штаб и руководство могут оставить нереализованным тот или иной уже имеющийся рычаг изменения временного перераспределения, предусмотренный профилактическим или тактическим решением, исходя из сложившихся обстоятельств. Поэтому в системе (2) предусмотрены знаки  $\notin$  и  $\in$ , что позволяет учитывать и объясняет проявление  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  на любом из рассматриваемых этапов.

В реальной ситуации длительности этих трех периодов  $t_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ , могут существенно изменяться в зависимости от того, как и когда руководитель будет использовать высвободившееся время и задействовать его по своему усмотрению. Если руководитель эффективно использует период времени  $t_1$  для определения оперативной обстановки, соответствующих организационных и технических мероприятий  $t_{1j_1}$  (например, приглашение консультантов, более опытных сотрудников, использование экспонетров, карт и планов, специальной закладной информации), то время этого периода уменьшается, что дает возможность выделить больше времени для принятия решения, то есть период времени  $t_2$  увеличивается. Если же руководитель эффективно использовал и период времени  $t_2$ , оптимально применив мероприятия  $t_{2j_2}$ , то на мероприятия  $t_{3j_3}$  периода  $t_3$  — оперативного вмешательства (например, спасение пострадавших) — остается еще больше времени.

На языке формул это означает, что при

$$t_1 + t_2 \rightarrow \min(t_1 + t_2)$$

создаются возможности для

$$t_3 \rightarrow \max(t_3).$$

Кроме того, высока вероятность появления таких обстоятельств, когда реализованные оперативным штабом мероприятия приведут к цепочке состояний

$$t_1 \rightarrow \min(t_1) \Rightarrow t_2 \rightarrow \max(t_2), t_3 \rightarrow \max(t_3).$$

Также вполне допустима цепочка состояний

$$t_2 \rightarrow \min(t_2) \Rightarrow t_3 \rightarrow \max(t_3).$$

Последние две возможности регламентированы *боевым уставом пожарной охраны* (БУПО) [20]. БУПО непосредственно делает установку — не в формулах, а в конкретных функциональных обязанностях руководителя и оперативного штаба (создаваемого при экстремальных и кризисных явлениях) — на обязательную необходимость воссоздания перераспределения времени, в том числе по последним двум приведенным вариантам.

Основная масса разработок по борьбе с кризисными явлениями направлена на перераспределение указанных выше периодов, чаще

всего увеличение  $\sum_{j_3=1}^{N_3} t_{3j_3}$  за счет сумм  $\sum_{j_1=1}^{N_1} t_{1j_1}$  и  $\sum_{j_2=1}^{N_2} t_{2j_2}$ .



Далее подробнее рассмотрим некоторые мероприятия (и/или механизмы обеспечения безопасности) профилактического характера, способные значительно изменить перераспределение рассматриваемых временных периодов между этапами.

### 3. Деформативность сейсмозащитных диафрагм

Как известно, деформативность сквозных сейсмозащитных диафрагм в зданиях обусловлена деформациями изгиба  $\delta_M$ , сдвига  $\delta_Q$ , осевыми деформациями  $\delta_N$  и конечными размерами поперечных сечений простенков, а также работой перемычек. Для выяснения влияния деформаций сдвига на общую деформативность конструкции приведены расчеты диафрагм с одним вертикальным рядом проемов и представлены графики (рис. 1), показывающие, какую долю (в %) в общем прогибе верха диафрагмы составляют сдвиговые деформации  $\delta_Q$ :

I — кривая соответствует учету сдвига в перемычках;

II — кривая соответствует учету сдвига в простенках;

III — кривая соответствует учету сдвига в простенках и перемычках одновременно.

Расчеты были проведены для диафрагм различной этажности.

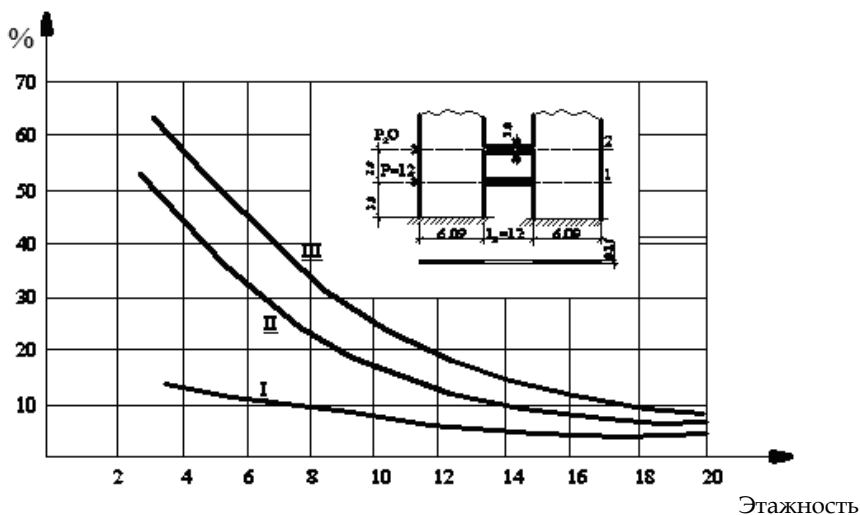


Рис. 1. Доля сдвиговых деформаций  $\delta_Q$  в общем прогибе верха сейсмозащитных диафрагм:

I — перемычки; II — простенки; III — их сумма

В практике проектирования для упрощения расчетов часто не учитываются некоторые из перечисленных факторов. При расчетах равносвязанных конструкций это может привести к неправильному представлению о распределении усилий между рамной частью и диафрагмами, что не всегда идет в запас прочности, особенно для каркаса [3–5].



На рисунке 2 показаны графики долей (в %) в общем прогибе верха диафрагмы осевых деформаций  $\delta_N$ , а на рисунке 3 – графики величины деформации изгиба  $\delta_M$  при прогибе верха. На этих рисунках  $K$  – количество проемов в сейсмозащитной диафрагме здания.

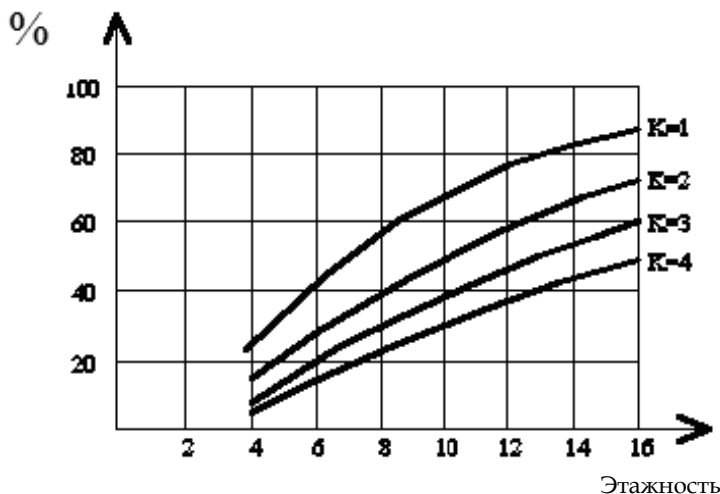


Рис. 2. Доля осевых деформаций  $\delta_N$  от нормальных сил в общем прогибе верха

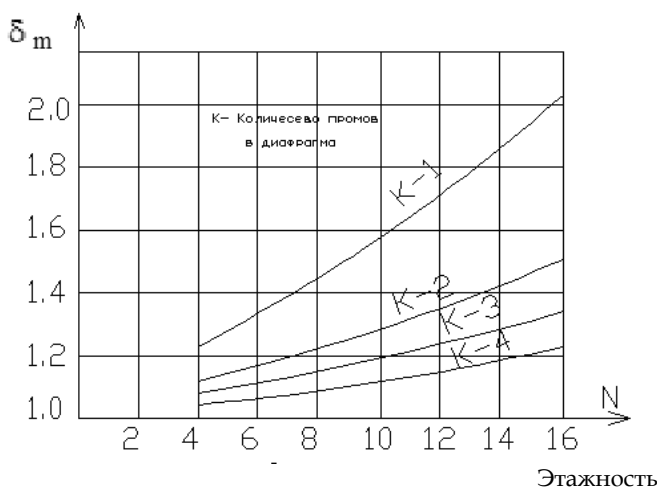


Рис. 3. Величина деформации от изгибающего момента  $\delta_M$  при прогибе верха

Из приведенных графиков видно, что деформации сдвига  $\delta_Q$  и изгиба  $\delta_M$  существенно влияют на общую деформативность диафрагм; их необходимо учитывать в расчете даже высоких (16–20 этажей) конструкций, для которых прогибы за счет сдвига составляют 8–10%. Для 4-этажных сейсмозащитных диафрагм эта величина достигает 56% [7–10].

На рисунке 4 показано влияние перемычек различной жесткости на прогиб сейсмозащитных диафрагм.



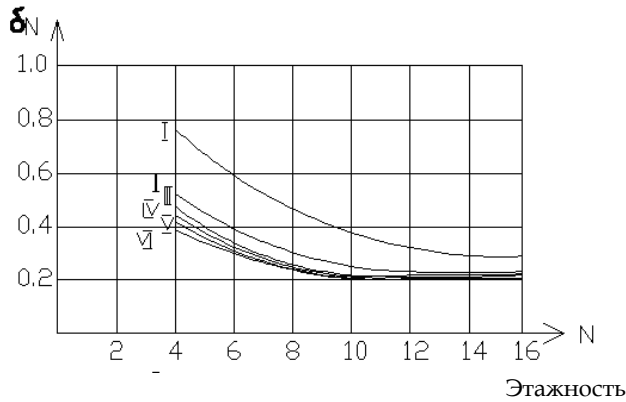


Рис. 4. Влияние перемычек различной жесткости на прогиб сейсмозащитных диафрагм:

I – перемычки прочностью 1/400 от суммарной жесткости; II – 1/200; III – 1/100;  
IV – 1/50; V – 1/10; VI – перемычки бесконечной жесткости

Сдвиговые деформации  $\delta_Q$  влияют (по сравнению с осевыми  $\delta_N$ ) не только на величины прогибов диафрагм, но и на распределение в них усилий. Расчеты показывают, что при учете сдвиговых деформаций перемычек для зданий и сооружений увеличение изгибающего момента в основании простенков 4-этажных диафрагм может достигать 20% (рис. 5). Из рисунка видно, что с ростом этажности эта величина снижается до 10% для 20-этажной конструкции.

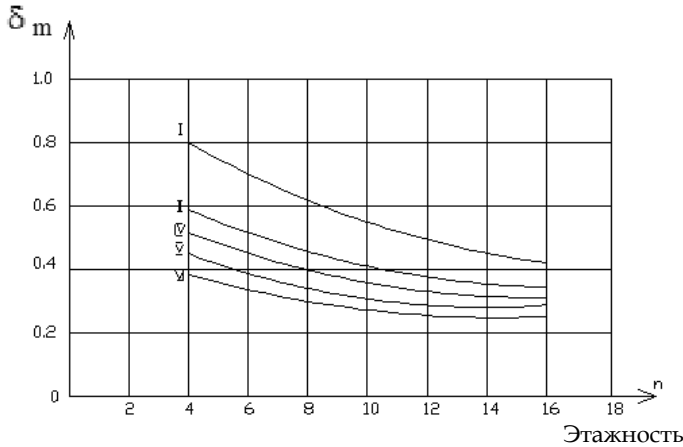


Рис. 5. Влияние перемычек различной жесткости на изгибающий момент в основаниях простенков:

I – прочность 1/400 от суммарной жесткости; II – 1/200; IV – 1/50; V – 1/10;  
VI – перемычки бесконечной жесткости  
(для перемычек жесткостью III – 1/100 данные здесь не приводятся)

Сдвиг в простенках зданий и сооружений не влияет на распределение в них изгибающих моментов  $\delta_M$ . Одним из существенных факторов, определяющих деформативность сейсмозащитных диафрагм, яв-



ляется осевая деформация простенков  $\delta_N$  от действия нормальных сил, возникающих при изгибе диафрагм [11–15]. Этот вопрос исследован преимущественно для рамных конструкций зданий и сооружений, где установлено, что нормальные силы значительно влияют на прогибы рам, тогда как на изгибающие моменты влияние этого фактора несущественно.

#### 4. Вероятность возникновения пожара

Значение вероятности возникновения пожара  $P_{\text{пож}}$  в здании вычисляется по следующей формуле:

$$P_{\text{пож}} = 1 - (1 - P'_{\text{пож}})(1 - P''_{\text{пож}}), \quad (3)$$

где  $P_{\text{пож}}$  – вероятность пожара хотя бы в одном из двух зданий;  $P'_{\text{пож}}$  – вероятность пожара в первом здании;  $P''_{\text{пож}}$  – вероятность пожара во втором здании.

Для того чтобы определить величину ущерба, причиненного пожаром, необходимо пересчитать относительную стоимость объекта, оставшуюся после сейсмоздействия со вторичным пожаром. Обозначим через  $\Delta P_{\text{ф}}$  приращение вероятности риска от какого-нибудь фактора воздействия. Оно может быть как положительным, так и отрицательным.

Составим таблицу 1 с величинами относительной стоимости ущерба от сейсмоздействия и остаточной относительной стоимости для различных значений приращения вероятности риска  $\Delta P_{\text{ф}}$ , пользуясь формулой (3).

Таблица 1

**Относительная стоимость и ущерб от сейсмоздействия для различных значений приращения вероятности риска  $\Delta P_{\text{ф}}$**

Относительная стоимость	$\Delta P_{\text{ф}} = 0,3$		$\Delta P_{\text{ф}} = 0,4$			$\Delta P_{\text{ф}} = 0,5$		
	Ущерб от сейсмоздействия	Оставшаяся относительная стоимость	Относительная стоимость	Ущерб от вторичных пожаров	Оставшаяся относительная стоимость	Относительная стоимость	Ущерб сейсмоздействия со вторичными пожарами	Оставшаяся относительная стоимость
0,02	0,011	0,009	0,02	0,016	0,004	0,02	0,017	0,003
0,20	0,30	0,170	0,20	0,08	0,120	0,20	0,150	0,050
0,30	0,009	0,291	0,30	0,012	0,288	0,30	0,150	0,150
0,12	0,012	0,108	0,12	0,018	0,02	0,12	0,034	0,086
0,05	0,008	0,042	0,05	0,020	0,030	0,05	0,26	0,024
0,10	0,025	0,075	0,10	0,04	0,060	0,10	0,052	0,048
0,05	0,005	0,045	0,05	0,008	0,042	0,05	0,020	0,030
0,1	0,002	0,098	0,1	0,002	0,098	0,1	0,085	0,015
0,6	0,033	0,027	0,06	0,048	0,012	0,06	0,051	0,010



Пусть  $G_{\text{п}}(\Delta P_{\text{ф}})$  – относительная величина ущерба, наносимого элементам предприятий, зданий и сооружений. Тогда можно вычислить следующие значения величин  $G_{\text{п}}(\Delta P_{\text{ф}})$ :

1) при чистом воздухе:

$$G_{\text{п}}(0,2) = 0, G_{\text{п}}(0,3) \approx 0,013, G_{\text{п}}(0,4) \approx 0,175, G_{\text{п}}(0,5) \approx 0,129;$$

2) при задымленном воздухе:

$$G_{\text{п}}(0,2) = 0, G_{\text{п}}(0,3) = 0, G_{\text{п}}(0,4) \approx 0,37, G_{\text{п}}(0,5) \approx 0,079.$$

## 5. Физическая устойчивость элементов предприятия

Составим таблицу 2, где приведем характеристики физической устойчивости элементов предприятия. Для этого определим ущерб, причиненный элементам предприятия, для каждой степени разрушения строительных конструкций в здании, в пределах верхней и ближней границ диапазона дальности распространения аспирационных потоков (слабая, средняя, сильная) [8; 10; 18].

Таблица 2

### Чрезвычайные ситуации и пожары для категорированных городов

$\Delta P_{\text{ф}}$ кгс/см <sup>2</sup>	0,1–0,2 0,2	0,2–0,3 0,25	0,3–0,5 0,4	0,5–1,0 0,6	1,0–2,0 1,5	2,0–3,0 2,5
А-1	0,8	0,22	0,19	0,19	0,22	0,03
Б-1	0,5	0,15	0,08	0,08	0,27	0,04
		0,21				
	0,063	0,101-	0,255	0,510	0,725	0,875
		0,134				

Вычисления были проделаны с помощью формулы

$$G = \sum_{j=1}^n \bar{G}_j G_{\text{п}j}(\Delta P_{\text{ф}}),$$

где  $G$  – относительная величина ущерба, причиняемого не только зданиям и сооружениям, но технологическому процессу предприятий сейсмо- и термовоздействием;  $\bar{G}_j$  – относительная стоимость  $j$ -го элемента предприятия;  $G_{\text{п}j}(\Delta P_{\text{ф}})$  – относительная величина ущерба, причиняемого элементу при заданном сейсмозодействии со вторичными пожарами  $\Delta P_{\text{ф}}$ .

По полученным результатам в координатах  $G \times \Delta P_{\text{ф}}$  строим график наносимого ущерба от совместного воздействия сейсмо- и пожароопасного фактора (рис. 6).

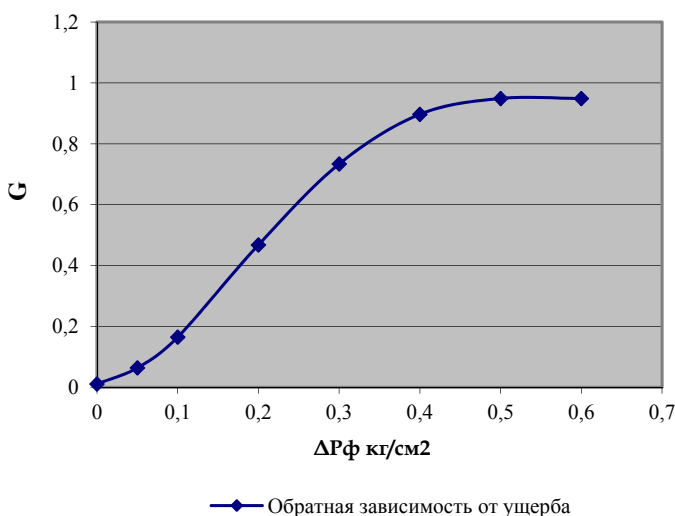


Рис. 6. График обратной зависимости ущерба от сонаправленного сейсмо- и термовоздействия при вторичных пожарах после землетрясений

Полученная кривая (рис. 6) носит название *кривой закона поражения*. Ввиду того что значение сейсмоздействия со вторичными пожарами является величиной случайной, все виды ущерба вычисляются как математическое ожидание  $M$  [8; 14; 19]. Для определения математического ожидания величины ущерба, причиненного предприятию, используем формулу

$$M = \sum_{j=1}^n G_{ij}(\Delta P_{\phi}) \Delta M_j,$$

где  $G_{ij}(\Delta P_{\phi})$  – ущерб, наносимый общему технологическому процессу предприятия при заданном значении  $\Delta P_{\phi}$ ,  $\Delta M_j$  – доля площади города или зоны возможных разрушений, на которых ожидается значение  $\Delta P_{\phi}$ , взятое из уточненных вариантов воздействия.

Таблица 3

Математическое ожидание ущерба от чрезвычайных ситуаций (сейсмо- и пожароопасного фактора) для категорированных городов

$\Delta P_{\phi}$ кгс/см <sup>2</sup>	До 0,1	0,1–0,2 0,15	0,2–0,3 0,25	0,3–0,4 0,35	0,4–0,5 0,45	0,5–0,6 0,55	0,6–0,7 0,65
А-1	0,97		0,02	0,01	0	0	0
Б-1	0	0,08	0,22	0,19	0,11	0,08	0,05
	0,03	0,046	0,134	1,188	0,306	0,434	0,531



## Заключение

Таким образом, анализ представленных результатов дает возможность окончательно оценить ущерб, причиненный элементам предприятия для каждой степени разрушения строительных конструкций в пределах верхней и ближней границ диапазона избыточного давления:

1) для категорированных городов:

$$A-I: 0,363; B-I: 0,438;$$

2) для категорированных объектов, расположенных в малых городах и сельской местности:

$$A-I: 0,031; B-I: 0,349.$$

Снижение ущерба прямо пропорционально снижает риски на предприятиях промышленности в результате чрезвычайных ситуаций. При этом имеется следующая возможность [15 – 17; 21]:

$$t_1 + t_2 \rightarrow \min(t_1 + t_2), \text{ тогда } t_3 \rightarrow \max(t_3).$$

Это, в свою очередь, дает возможность предусмотреть дополнительный механизм обеспечения безопасности промышленных предприятий как при проектировании, так и при разработке рекомендаций по технологии производства режимного характера. Кроме того, учет аспирационных потоков дает возможность использовать дополнительный механизм обеспечения безопасности при оперативно-тактических действиях подразделений во время чрезвычайных, кризисных и экстремальных ситуаций, происходящих при землетрясениях, особенно с сопутствующими пожарами.

### **Благодарности.**

Особую благодарность автор выражает ответственному редактору серии «Физико-математические и технические науки» Вестника БФУ им. И. Канта С.В. Мацеевскому, которым в ходе совместной работы по редактированию и обсуждению материала статьи автору были даны ценные советы теоретического и практического характера.

### **Список литературы**

1. Сулейманов А.А. Установка по определению аспирационных потоков // Материалы 15-й научно-технической конференции «Системы безопасности» СБ-2006. Междунар. форум информатизации. М., 2006. С. 205 – 207.
2. Сулейманов А.А., Хасанов О. Механизм обеспечения безопасности // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации: матер. Первой междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2007. Ч. 1. С. 3 – 5.
3. Ибрагимов Б.Т. Испытание модели строительной конструкции на прочность при воздействиях принудительных колебаний // Архитектура и дизайн. 2008. №3 – 4. С. 17 – 21.
4. Сулейманов А.А., Ибрагимов Б.Т. Адаптивные системы в пожаробезопасной сейсмозащите // Материалы научно-практической конференции. Ташкент, 2014. С. 45 – 47.



5. Щербакова К. С., Ситников И. В., Однолько А. А. Проблемы применения математических моделей пожара при оценке пожарного риска объекта защиты // Комплексные проблемы техносферной безопасности : матер. междунар. науч.-практ. конф. М., 2016. С. 40–45.

6. Григорова О. О., Ситников И. В., Однолько А. А. Исследование динамики опасных факторов пожара с помощью аналитической модели пожара в помещении общественного назначения // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2012. №1 (3). С. 50–52.

7. Однолько А. А., Ситников И. В. Определение величины пожарного риска в производственном помещении с выделением горючих жидкостей и газов // Строительство и архитектура. 2011. № 3. С. 125–133.

8. Ибрагимов Б. Т., Муслимов Б. А. Исследование выносливости строительных конструкций зданий и сооружений, подвергшихся одновременному термическому и динамическому воздействию // Материалы научно-практической конференции. Ташкент, 2013. С. 110–114.

9. Реимбаев Р. С., Ибрагимов Б. Т. Решение проблем сейсмостойкости как фактор снижения ожидаемого риска пожароопасных зданий и сооружений // Материалы научно-практической конференции. Ташкент, 2015. С. 142–145.

10. Ibragimov B. T., Suleimanov A. A. Research of Thermal and Mechanical Influence on Ferro-Concrete Designs with Damping Inserts // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 2017. Vol. 4, iss. 9. P. 4595–4598.

11. Сулейманов А. А., Рустамий Ж. Р., Акрамов Ж. Т. Теоретические и практические проблемы обеспечения безопасности в нефтегазовой промышленности // Наука, техника и образование. 2017. № 10 (40). С. 24–27.

12. Ибрагимов Б. Т., Сулейманов А. А., Рустамий Ж. Р. Энтропия при оценке процессов обеспечения безопасности // Материалы научно-практической конференции. Ташкент, 2017. С. 113–115.

13. Ибрагимов Б. Т., Реимбаев Р. С. К вопросу об обеспечения безопасности взрывоопасных промышленных объектов, расположенных в сейсмоопасной зоне // Материалы научно-практической конференции. Ташкент, 2016. С. 56–58.

14. Глебова Е. В. Анализ способов и средств повышения уровня защиты зданий и сооружений от действия ударных волн // Безопасность труда в промышленности. 2017. №2. С. 73–78.

15. Маджидов И. У., Ибрагимов Б. Т. Моделирование условий сейсмоздействия на несущие конструкции // СамГАСИ Меъморчилик ва курилиш. 2016. №4. С. 55–56.

16. Маджидов И. У., Ибрагимов Б. Т., Сулейманов А. А. Протектология в оценке сейсмической опасности и процессов обеспечения безопасности // Известия ФерПИ. 2017. №1. С. 56–57.

17. Сулейманов А. А., Курбанбаев Ш. Э., Ибрагимов Б. Т. и др. Энергетическая цена вероятности обеспечения безопасности от самопроизвольной эволюции системы // Архитектура и дизайн. 2017. № 3–4. С. 108–111.

18. Курбанбаев Ш. Э., Сулейманов А. А., Магруппов А. М. Степень риска энергетической зависимости обеспечения безопасности от опасного фактора. Ташкент, 2018. С. 76–79.

19. Яскевич М. В., Сулейманов А. А., Таманова В. В. Универсальный временной вектор при спасении пострадавших в результате сонаправленного воздействия сейсмопожароопасного фактора // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты : сб. ст. студентов, магистров, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. Пермь, 2018. Вып. 26. С. 58–59.



20. *Об утверждении* Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно спасательных работ : приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 16.10.2017 г. №444. URL: <http://www.garant.ru> (дата обращения: 17.05.2018).

21. *Расул-Заде Д.А., Сулейманов А.А., Будовкина А.А.* Эффективность консультативных комитетов для снижения вероятности рисков действий подразделений при чрезвычайных ситуациях в нефтегазовой отрасли // Новые информационные технологии в науке : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Челябинск, 2018. С. 17 – 19.

#### Об авторе

Адилжан Арифджанович Сулейманов – канд. техн. наук, проф., Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан.

E-mail: [ibragimov-dem@yandex.com](mailto:ibragimov-dem@yandex.com)

#### The author

Prof. Adiljan A. Suleimanov, Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan.

E-mail: [ibragimov-dem@yandex.com](mailto:ibragimov-dem@yandex.com)