

Теория расчета строительных конструкций

УДК 699.8

О БЕЗОПАСНОСТИ ЗАСТРАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.П. Мельчаков, Д.А. Байбурин, Е.В. Шукутина

Приведена технология риск-менеджмента застраиваемой территории, и выявлено влияние степени ее урбанизации на риск аварии расположенных на ней строительных объектов.

Ключевые слова: территория, степень урбанизации, риск, надежность, безопасность, страхование.

Выдавая разрешение на строительство посёлков в пойме реки Амур, чиновники не даже предполагали, какой ущерб в будущем будет нанесен государству от случившегося недавно наводнения и затопления поймы Амура. Поэтому совершенно очевидно и неоспоримо, что перед застройкой территории необходимо выявить исходящие от нее угрозы, оценить связанные с ними риски, а государство в обязательном порядке должно застраховать от этих рисков ту недвижимость, которая появится на этой территории.

Показателем безопасности застраиваемой территорий является та часть риска аварии находящихся на ней зданий и сооружений, которая тесно связана с исходящими от территории расположения объекта угрозами его безопасности. Эту часть риска аварии можно оценить по формуле [2, 3]:

$$r_m = 1 / p_m, \quad (1)$$

где p_m – показатель надежности застраиваемой территории. В результате, задача оценки безопасности территории свелась к задаче оценки ее надежности.

В теории размытых множеств [6, 7] термин «надежность территории» позволяет трактовать как степень принадлежности конкретной территории к множеству территорий, из которых не исходят угрозы безопасности возведенным на них строительным объектам. Наиболее опасные угрозы от застроенных территорий – это угрозы природно-климатического характера (им присвоен индекс Π) и угрозы техно-антропогенного характера (индекс T). Приемы нечеткой логики позволяют отождествлять надежность территории p_m с вероятностью события B , заключающегося в том, что от нее не исходят угрозы безопасности строительным объектам. Из формулы полной вероятности [1] следует:

$$p_m = P(B) = \sum P(B / q_i) \cdot P(q_i), \quad (2)$$

где $q = \{q_i\} = \{\Pi T, \Pi^* T, \Pi T^*, \Pi^* T^*\}$ – полная группа событий. Она включает в себя следующие независимые события: Π – нет угроз от территории природно-климатического характера; T – нет угроз

от территории техноантропогенного характера; Π^* и T^* – события, противоположные событиям Π и T .

Входящие в эту формулу условные вероятности $P(B / q_i)$ для конкретной территории являются инвариантами. Вновь используя приемы нечеткой логики, приходим к следующим понятиям и обозначениям:

1. Если нет угроз от территории, то $P(B / q_1) = 1$.

2. Если есть угрозы только природно-климатического характера, то $P(B / q_2) = a$.

3. Если есть угрозы только техноантропогенного характера, то $P(B / q_4) = b$.

4. Если есть угрозы обоих видов, то $P(B / q_8) \cong ab$.

Если обозначить вероятности независимых событий Π и T как $P(\Pi)$ и $P(T)$, то из формулы полной вероятности следует следующая математическая модель:

$$p_m = P(\Pi) \cdot P(T) + a \cdot (1 - P(\Pi)) \cdot P(T) + b \cdot P(\Pi) \cdot (1 - P(T)) + ab \cdot (1 - P(\Pi)) \cdot (1 - P(T)). \quad (3)$$

Параметры a , b , $P(\Pi)$ и $P(T)$, входящие в эту модель, устанавливаются по специальным методикам отдельно для каждой конкретной застраиваемой территории. Информация для их расчета предоставляется независимыми экспертами. Ниже приведены технологии риск-менеджмента, позволяющие назначить для конкретной территории числовые значения этих параметров.

Методики для определения параметров a , b , $P(\Pi)$ и $P(T)$ основаны на приемах нечеткой логики и теории размытых множеств [6]. Факторы риска для определения a и $P(\Pi)$ приведены в табл. 1, а для определения b и $P(T)$ в табл. 2.

В табл. 3 приведены типовые высказывания о подверженности застраиваемой территории угрозам из табл. 1 и 2. Задача эксперта-исследователя – установить фактический порядковый номер типового высказывания об угрозах конкретной терри-

Таблица 1

Угрозы природно-климатического характера

№ угрозы	Угрозы с индексом Π
1	Сейсмический риск, риск землетрясения
2	Риски селей, лавин, наводнений, затоплений, подтоплений
3	Риски разломов кристаллической подосновы фундаментов зданий, карстовых провалов
4	Риски ураганов, смерчей, торнадо
5	Риски града, снега, очень высоких или очень низких температур

Таблица 2

Угрозы техноантропогенного характера

№ угрозы	Угрозы с индексом T
1	Близко расположены взрывоопасные производства
2	Близко расположены магистральные нефте-, газопроводы
3	Близко расположены аэродромы, склады боеприпасов
4	Близко расположены ж/д станции или линии метрополитена
5	Излучения, звуковые волны, резонанс, падение летательных аппаратов

Таблица 3

Типовые высказывания и их порядковые номера

Порядковый номер типового высказывания	Типовое высказывание о подверженности территории фактору опасности (риска)
1	Территория не подвержена фактору риска
2	Территория практически не подвержена фактору риска
3	Территория подвергается фактору риска крайне редко
4	Территория подвергается фактору риска редко
5	Территория подвергается фактору риска часто
6	Территория подвергается фактору риска регулярно
7	Территория подвержена фактору риска постоянно

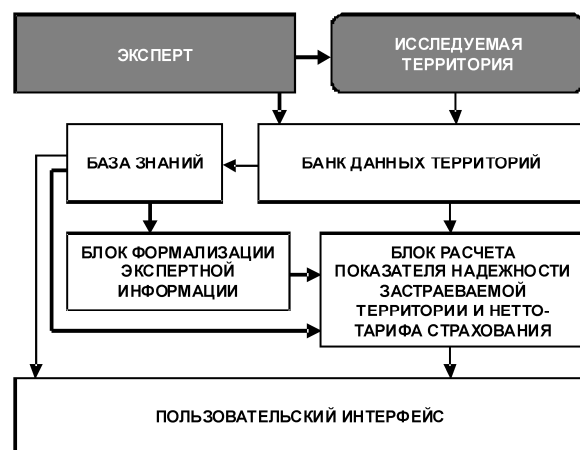
тории и назначить индекс достоверности (1, 2 или 3) этого высказывания. Индекс 1 означает, что типовое высказывание о подверженности территории фактору опасности отвечает действительности в наименьшей мере, индекс 2 – в среднем, а индекс 3 – в максимальной мере.

Структура экспертной системы для расчета урбанизационной надежности и безопасности застраиваемой территории показана на рисунке.

Основным элементом базы знаний экспертной системы является табл. 4. Основным элементом банка данных территорий экспертной системы является заполняемая экспертом табл. 5.

Все последующие расчеты выполняет автоматизированная экспертная система. При заполненной табл. 5 параметры a и b , входящих в вышеприведенную математическую модель для оценки показателя надежности застраиваемой территории, определяются как объединение элементов множества $\{P_i(\Pi)\}$ и $\{P_i(T)\}$ по следующим формулам алгебры теории нечетких множеств:

$$a = \max \{P_i(\Pi)\}, b = \max \{P_i(T)\}. \quad (4)$$



Блок-схема экспертной системы

Для определения параметров $P(\Pi)$ и $P(T)$, трактуемых как вероятности подверженности застраиваемой территории от совокупного множества факторов опасности природно-климатического характера или техноантропогенного характера, применен метод, известный в теории вероятностей

Соответствующие типовому высказыванию вероятности угроз

Порядковый номер типового высказывания	1			2			3			4			5			6			7					
	Индекс высказывания	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Вероятности подверженности	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00			

как метод наименьших квадратов. $P(\Pi)$ и $P(T)$ определяется по следующему правилу: принимаются те значения $P(\Pi)$ и $P(T)$, для которых сумма квадратов разности стандартных $P(\Pi)^*$ и $P(T)^*$ и назначенных экспертом (фактических) вероятностей подверженности $P_i(\Pi)$ и $P_i(T)$ имеет минимальное значение. Это условие может быть записано в виде

$$\sum [P(\Pi)^* - P_i(\Pi)]^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Решение отыскивается в формате табл. 6.

Формат таблицы для определения $P(T)$ повторяет формат табл. 6, если в ней заменить Π на T , $P_i(\Pi)$ на $P_i(T)$, а $P(\Pi)^*$ на $P(T)^*$.

Приведенные выше формулы для определения параметров a , b , $P(\Pi)$ и $P(T)$ в экспертной системе в совокупности образуют блок формализации

экспертной информации. Последний блок экспертной системы предназначен для расчета показателей надежности и безопасности застраиваемой территории. Кроме этого, в блок расчета включены формулы для фактических значений ветровых и снеговых нагрузок для объектов, планируемых к строительству на урбанизированных территориях. Так, показатель надежности урбанизированной территории p_m определяется по приведенной выше математической модели, а показатель ее безопасности по формуле $r_m = 1/p_m$. Ветровые и снеговые нагрузки при проектировании строительных объектов должны назначаться с учетом вероятности возможных угроз от территории, имеющих природно-климатический характер. В частности,

Таблица 5

Фактические вероятности подверженности территории

Порядковый номер угрозы с индексом Π	$P_i(\Pi)$	Порядковый номер угрозы с индексом T	$P_i(T)$
1	•	1	•
2	•	2	•
3	•	3	•
4	•	4	•
5	•	5	•

Таблица 6

 К определению параметра $P(\Pi)$

Угрозы с индексом Π	$P_i(\Pi)$	Стандартные значения вероятностей $P(\Pi)^*$						
		0,00	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90
1	•	•	•	•	•	•	•	•
2	•	•	•	•	•	•	•	•
3	•	•	•	•	•	•	•	•
4	•	•	•	•	•	•	•	•
5	•	•	•	•	•	•	•	•
$\sum [P(\Pi)^* - P_i(\Pi)]^2$		S	S	S	S	S	S	S

для нормативной ветровой нагрузки коэффициент увеличения должен быть не менее величины $1/(1-P_4(I))$, а для нормативной снеговой нагрузки – не менее $1/(1-P_5(I))$.

Выводы

1. Применение при оценке безопасности застраиваемой территории технологии риск-менеджмента [3] и автоматизированной экспертной системы обеспечивает и оперативность получения необходимых результатов, и их достоверность.

2. Страхование недвижимости от риска угроз урбанизированной территории – это одно из обязательств государства, а показатели надежности и безопасности застраиваемой территории должны быть основой технологии тарификации [5].

3. Ранее полученную и приведенную в [4] математическую модель $r = 1 / \prod p_i$, связывающую величину риска аварии объекта r с показателями надежности групп однотипных конструкций p_i его несущего каркаса, следует поправить включением в произведение $\prod p_i$ еще и показателя p_m .

Литература

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1969. – 368 с.

2. Мельчаков, А.П. Прогноз, оценка и регулирование риска аварии зданий и сооружений: теория, методология и инженерные приложения: монография / А.П. Мельчаков, Д.В. Чебоксаров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. – 113 с.

3. Мельчаков, А.П. Риск-менеджмент как наука о безопасности / А.П. Мельчаков // Технадзор. Серия «Промышленная безопасность». – 2011. – № 3 (52). – С. 72–76.

4. Мельчаков, А.П. Конструкционная безопасность строительного объекта: оценка и обеспечение: учебное пособие / А.П. Мельчаков, Д.А. Байбурин, Е.А. Казакова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – 136 с.

5. Мельчаков, А.П. Управление безопасностью в строительстве. Прогнозирование и страхование риска аварии зданий и сооружений / А.П. Мельчаков, К.Э. Габрин, Е.А. Мельчаков. – Курган: Зауралье, 1996. – 198 с.

6. Никонов, Н.Н. О безопасности сооружений / Н.Н. Никонов, А.П. Мельчаков, В.Н. Рудин // Журнал «ПГС». – 2013. – № 3–4. – 36 с.

7. Орловский, С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С.А. Орловский. – М.: Наука, 1981. – 208 с.

Мельчаков Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительная механика», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), profmelchakov@gmail.com.

Байбурин Денис Альбертович, магистр техники и технологии по направлению «Строительство», аспирант кафедры «Строительная механика» Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), dbayburin@mail.ru.

Шукутина Екатерина Владимировна, инженер, аспирант кафедры «Строительная механика», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск).

Поступила в редакцию 27 февраля 2014 г.

Bulletin of the South Ural State University
Series "Construction Engineering and Architecture"
2014, vol. 14, no. 1, pp. 14–18

ON URBAN AREA SAFETY

A.P. Melchakov, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, profmelchakov@gmail.com.

D.A. Bayburin, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, dbayburin@mail.ru.

E.V. Shukutina, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation.

The article considers risk management of urban areas. The influence of a degree of area urbanization on a risk of construction accidents is revealed.

Keywords: territory, degree of urbanization, risk, reliability, safety, insurance.

References

1. Vencel E.S., Ovcharov L.A. *Teoriya veroyatnostey* [Probability Theory]. Moscow, Nauka Publ., 1969, 368 p.
2. Melchakov A.P., Cheboksarov D.V. *Prognoz, ocenka i regulirovanie riska avarii zdaniy i sooruzheniy: teoriya, metodologiya i inzhenernie prilozheniya* [Forecast, assessment and regulation buildings and constructions accident risk: theory, methodology and engineering applications]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2009, 113 p.
3. Melchakov A.P. Risk-management how the science about safety [Risk-menedgement kak nauka o bezopasnosti]. *Tehnadzor. Seriya «Promyshlennaya bezopasnost»* [Industry supervision. Industrial safety series], 2011, no. 3 (52), pp. 72–76.
4. Melchakov A.P., Bayburin D.A., Kazakova E.A. *Konstrukcionnaya bezopasnost stroitel'nogo obyekta: ocenka i obespechenie: uchebnoe posobie* [Structural safety of construction object: evaluation and ensuring: guide], Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2013, 136 p.
5. Melchakov A.P., Gabrin K.E., Melchakov E.A. *Upravleniye bezopasnostyu v stroitelstve. Prognozirovaniye riska avarii zdaniy i sooruzheniy* [Safety managing in construction industry. Forecasting and insurance of buildings and structures accident risk]. Kurgan, Zauralye Publ., 1996, 198 p.
6. Nikonov N.N. Melchakov A.P., Rudin V.N. About constructions safety [O bezopasnosti v stroitelstve]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial an civic engineering], 2013, no. 3, 4, pp. 36.
7. Orlovskiy S.A. *Problemy prinyatiya resheniy pri nechetkoy iskhodnoy informatsii* [Decision-making problems with fuzzy initial information]. Moscow, Nauka Publ., 1981, 208 p.

Received 27 February 2014