

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

Ф.Г. Габибов⁽¹⁾, Е.М. Шокбаров⁽²⁾, Х.Р. Баят⁽³⁾

⁽¹⁾ Азербайджанский НИИ строительства и архитектуры, г. Баку, Азербайджан, farchad@yandex.ru

⁽²⁾ Казахстанский НИИ строительства и архитектуры, г. Алматы, Казахстан, eralykarakat@mail.ru

⁽³⁾ Зенджанский Технический Университет, г. Зенджан, Иран

Аннотация. В статье приведен системный анализ известных методик оценки сейсмического риска. Авторами предлагается определенная концепция расшифровки и оценки сейсмического риска для развивающихся городов, где существующие здания и памятники окружаются современными зданиями и сооружениями. По предложенной методике, средний сейсмический риск может быть определен как суммарные произведения вероятностей получения определенного ущерба от землетрясения, вызванного причиной или событием определенного типа.

TO THE QUESTION OF THE SEISMIC RISK ASSESSMENT

F.G. Gabibov⁽¹⁾, E.M. Shokbarov⁽²⁾, H.R. Bayat⁽³⁾

⁽¹⁾ Azerbaijan Scientific and Research Institute of Construction and Architecture, Baku city, Azerbaijan farchad@yandex.ru

⁽²⁾ Kazakh Scientific and Research Institute of Construction and Architecture, Almaty city, Kazakhstan eralykarakat@mail.ru

⁽³⁾ Technical University of Zanjan, Zanjan city, Iran

Abstract. The article presents a systematic analysis of the known methods for seismic risk assessment. The authors propose a certain concept of interpretation and assessment of seismic risk for developing cities, where modern buildings and structures surround existing buildings and monuments. According to the proposed method, the average seismic risk can be defined as the total product of the probability for obtaining a certain damage from an earthquake caused by a cause or event of a certain type.

СЕЙСМИКАЛЫК ТОБОКЕЛЧИЛИКТИ БАЛОО СУРООСУНА

Ф.Г. Габибов⁽¹⁾, Е.М. Шокбаров⁽²⁾, Х.Р. Баят⁽³⁾

⁽¹⁾ Азербайджан курулуш жана архитектура ИИИ, Баку ш., Азербайджан, farchad@yandex.ru

⁽²⁾ Казахстан курулуш жана архитектура ИИИ, Алматы ш., Казахстан, eralykarakat@mail.ru

⁽³⁾ Зенджан Техникалык Университети, Зенджан ш., Иран

Аннотация. Макалада сейсмикалык тобокелчиликти баалоонун белгилүү ыкмаларына системдүү талдоо келтирилген. Авторлор тарабынан имараттар жана эстеликтер заманбап имараттар жана курулмалар менен курчалган өнүгүп келе жаткан шаарлар үчүн сейсмикалык тобокелчиликти чечмелөөнүн жана баалоонун белгилүү концепциясы сунушталууда. Сунушталган методика боюнча орточо сейсмикалык тобокелчилик белгилүү типтеги себеп же окуяны чакырган жер титирөөдөн келтирилген белгилүү бир чыгымды алуу мүмкүндүгүнүн суммалык чыгармасы катары аныкталышы мүмкүн.

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

Сейсмический риск можно определить, как вероятность неблагоприятных последствий сейсмической деятельности природы.

Конкретный смысл, вкладываемый разными исследователями в понятие сейсмический «риск», весьма различен. Американский специалист К.А. Корнелл [1] понятие «сейсмический риск» отождествляет с вероятностью наступления в некотором регионе землетрясений определенной интенсивности за определенный отрезок времени.

В исследованиях НИИ строительных конструкций (г. Москва), Института физики Земли АН СССР и в ряде других понятие «сейсмический риск» связывается с вероятностью разрушения сооружений. Авторы этих работ исходят из соображений о том, что при отсутствии сооружений на территории, где произошло сильное землетрясение, практически отсутствует и риск (в отношении жизни и здоровья людей, сохранности исторических и материальных ценностей).

Для нужд строительного проектирования Я.М.Айзенбергом и А.И.Нейманом [2] было предложено разработать специальные карты сейсмической опасности, в которых, помимо интенсивности, учитывалась бы вероятность повторения сейсмического воздействия.

В работе Д. Грандори [3] рассматривается подход, основанный на сравнении двух величин: максимальных затрат, на которые способно и готово общество для сохранения человеческой жизни, и фактической граничной (маргинальной) стоимостью сохраненной жизни.

Обширный обзор работ по сейсмическому риску с позицией главным образом статистической сейсмологии представлен в работе К. Оливейра [4]. Рассмотрены пуассоновские и непуассоновские модели, байесовские процедуры отыскания апостериорных вероятностей сейсмических событий и другие смежные вопросы.

И.Идрисс [5] рассмотрел геологические и сейсмические данные, определяющие сейсмический риск.

Китайские специалисты Ванг Ган-ян и Ванг Вен-Кан [6] использовали для оценки сейсмической реакции сооружений и для оценки сейсмического риска теорию размытых множеств Л.Заде.

М.А. Шахраманьян [7] отмечает, что для оценки сейсмического риска стихийное бедствие в результате землетрясения следует рассматривать как сложное событие, которое наступает в случае реализации двух событий: 1) землетрясения на рассматриваемой территории (событие А); 2) разрушения объектов инфраструктуры в результате действия поражающих факторов землетрясения (событие В).

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

Для оценки индивидуального сейсмического риска необходимо рассматривать и третье событие С – гибель людей в результате разрушения зданий при условии их нахождения внутри зданий.

Согласно мнения А.П. Сеницына [116] использование математической теории риска позволяет получить эффективное решение при определении сейсмической нагрузки на отдельные объекты.

В.В. Болотин [8] считает, что понятие сейсмического риска включает естественные факторы геологического и тектонического характера, микрогеологические и грунтовые условия на рассматриваемой площадке, уровень сейсмостойкости сооружений, конструкций и оборудования, размер ущерба от возможных землетрясений и их последствий, социально-экономические факторы.

С точки зрения сейсмологии представляет интерес оценить риск возникновения в данном регионе землетрясения, магнитуда которого превышает заданное значение.

В.Н. Николаевский считает, что первый критерий сейсмического риска для сооружений следует сформулировать для максимума скорости смещения. Второй критерий территории следует формулировать как требование к частотам, поскольку существует возможность резонанса сейсмических волн с сооружениями [9].

Нами предлагается определенная концепция расшифровки и оценки сейсмического риска для развивающихся городов, где существующие (старые) здания, сооружения и памятники окружаются новыми современными зданиями и сооружениями. Причем техногенные воздействия при современном индустриальном освоении городских территорий, эксплуатации крупных сооружений и использовании недр для добычи различных полезных ископаемых повышает негативную динамическую активность сейсмоопасных территорий, а иногда способствует проявлению техногенно наведенной сейсмической активности.

Также необходимо учитывать различного рода негативные социальные факторы, которые порой существенно влияют на величину сейсмического риска.

Ситуация воспринимается как опасная, рискованная только в тех случаях, когда вероятность землетрясения и возможный ущерб от его проявления отличны от нуля или реальны в житейском понимании.

В качестве количественной меры сейсмического риска целесообразно использовать показатель, одновременно учитывающий две характеристики землетрясения на территориях развивающихся мегаполисов:

1) вероятность наступления землетрясения;

2) величину причиняемого землетрясениям ущерба. Исходя из вышеизложенного мерой сейсмического риска является показатель среднего сейсмического риска, рассчитываемым согласно следующей формуле:

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

$$R = \sum_{i=1}^n P_i X_i , \quad (1)$$

где P_i - вероятность получения ущерба размера X_i в результате землетрясения (серии землетрясений); X_i - величина ущерба, выраженная в повреждении и разрушении территорий, зданий, сооружений и гибели (увечии) людей, животных и растений, которые на основе принятых методик можно оценить в стоимостном выражении; R – количественная мера сейсмического риска (средний риск), выражаемая в тех же единицах, что и ущерб от сейсмического воздействия; n – число возможных вариантов ущербов, которые могут быть при землетрясении на определенной территории, включая и нулевой ущерб.

Таким образом, для определения величины сейсмического риска согласно выражению (1) необходимо иметь информацию, выражающую соответствие значений P_i и X_i , $i=1, 2, \dots, n$. Такая информация в простейшем случае определяет закон распределения вероятностей в пространстве ущербов от землетрясения.

В предположении о непрерывной зависимости вероятности P_i от значений ущерба x получим

$$P_i = P(x) , \quad (2)$$

а выражение (1) может быть представлено в интегральном виде:

$$R = \int_{-\infty}^{\infty} x P(x) dx . \quad (3)$$

В общем случае, когда ущерб от землетрясения может наступить вследствие различных зависящих и не зависящих друг от друга причин, и событий естественного, техногенного и социального характера, средний сейсмический риск может быть определен согласно следующей формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} P_i X_i , \quad (4)$$

где P_j - вероятность получения ущербов X_i от землетрясения, вызванного причиной или событием j -го типа.

Вероятность получения ущерба от землетрясения из формулы (4) определяется как условная вероятность согласно следующему произведению:

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

$$P_{ij} = P_j P_i(j), \quad (5)$$

где P_j - вероятность формирования и реализации неблагоприятной причины или наступления неблагоприятного события j -го типа; $P_i(j)$ - вероятность получения при землетрясении ущерба X_i при реализации причины или при наступлении события j -го типа.

При условии, что ущербы в результате землетрясения от различных причин и событий измеряются по одной шкале (например, в стоимостном выражении), и с учетом формулы (5) для определения среднего сейсмического риска вместо выражения (4) можно использовать следующую формулу:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_j P_i(j) X_i \quad (6)$$

В формуле (6) P_i выражает закон распределения реализации неблагоприятных причин или наступления неблагоприятных событий, а $P_i(j)$ - законы распределения ущербов от землетрясения при реализации или наступления каждого из таких причин и событий.

Можно отметить, что формулы (1), (3), (4) и (6) определяют величину среднего сейсмического риска вне зависимости от деятельности территории или объекта (сооружения), подвергающегося землетрясению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cornell C.A. *Engineering seismic risk analysis. Bull. Seismol. Soc. Amer. Vol. 58, 1968, p. 431-452.*
2. Айзенберг Я.М., Нейман А.И. *Экономические оценки оптимальности сейсмостойких конструкций и принцип сбалансированного риска. «Строительная механика и расчет сооружений», №4, 1973, с. 6-10.*
3. Grandori G. *Cost-benefit analysis in earthquake engineering. Pros. VII Europ. Conf. On earthquake eng. Athens, Vol.7, 1982, p. 71-136.*
4. Oliveira C.S., *Seismic risk analysis. Rep. Univ. Cal. N EERC 74-1, Berkeley, 1974, 102 p.*
5. Idriss I.M. *Evaluating seismic risk in engineering practice. Proc. II Intern. Conf. Soil. Mech. And Found. Eng., San Francisco- Boston, 1985, p. 121-134.*

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО
СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

6. Wang G.- y., Wang W.- Q. *Fuzzy optimum design of aseismic structures. J. Earthquake. Eng. And Struct. Dyn., Vol. 13, 1985, p. 827-837.*

7. Шахраманьян М.А. *Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения (теория и практика) М.: ВНИИ ГОЧС, 2000, 190 с.*

8. Болотин В.В. *Ресурс машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1990, 448 с.*

9. Николаевский В.Н. *Геомеханика и флюидодинамика. М., Недра, 1996, 447 с.*