



СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Махмудов Саид Махмудович

Научный руководитель проф.

Гойибов Ойбек Инатиллаевич

докторант

Ташкентский архитектурно-строительный
университет Республики Узбекистан

saidmaxmudov1947@gmail.com

тел.91-551-16-76:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8032398>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 05-June 2023 yil

Ma'qullandi: 08-June 2023 yil

Nashr qilindi: 13-June 2023 yil

KEY WORDS

статистическое
моделирование,
коэффициент
динамичности,
пластических деформаций,
сейсмических воздействия,
экстраполяции,
акселерограммы,
двухкомпонентная модель,
активная сейсмоизоляция,
сейсмоизолированных
систем.

ABSTRACT

Данная статья посвящена реализации полной схемы метода статистического моделирования в теории сейсмостойкости: от моделирования потоков сотрясений, интегрирования уравнений движения упруго-пластического поведения конструкции, построения эмпирических распределений параметров качества, экстраполяции в область редких событий для оценки сейсмического риска.

Понятия безопасности и риска являются составными частями проблемы надежности, а их основные качественные показатели аналогичны в математическом отношении соответствующим показателям в теории надежности. Среди природных источников риска для зданий и сооружений основное место принадлежит землетрясениям.

Как показали землетрясения в Японии, Мексике, Армении, Турции, Гаэли, на Тайване, в Иране, проблема обеспечения надежности конструкций при интенсивных сейсмических воздействиях остается актуальной.

В настоящее время считается общепризнанным, что описание сейсмических воздействий и оценка риска конструкций по отношению к землетрясениям возможно лишь с позиций теории вероятностей. При этом землетрясения рассматриваются как поток случайных событий, порождаемый тектоническими процессами в неоднородной и неоднородно напряженной земной коре. Сейсмические сотрясения на данной площадке есть реализации некоторого нестационарного случайного процесса.

Параметры, характеризующие координаты эпицентра, глубину залегания фокуса, интенсивность, продолжительность

сотрясения, спектральный состав и т.д., являются случайными величинами.

История применения вероятностных методов к антисейсмическим расчетам зданий и сооружений насчитывает около 40 лет. Первые работы принадлежат Болотину В.В., Окамото Ш., Канаи-Таджими и т.д.

В 80-е годы Болотиным [1]. была построена статистическая теория сейсмостойкости, представляющая собой синтез теории сейсмического риска, динамики сооружений и теории надежности конструкций. В полной мере методы статистической теории сейсмостойкости могут быть реализованы с применением статистического моделирования.

При этом решались следующие вспомогательные задачи: —статистическое моделирование потоков землетрясений; —статистическое моделирование сотрясений различной балльности; —разработка расчетных схем каркасных зданий; —разработка моделей, учитывающих упруго-пластическую работу, накопление повреждений; —разработка алгоритмов и программ интегрирования нелинейных уравнений движения; —построение эмпирических функций распределения.

Нормы и правила расчетов на сейсмостойкость появились в начале XX века. В этих документах были использованы хорошо известные к тому времени методы расчета конструкций, схематизируемых как упругие системы, на постоянную статическую нагрузку. Совершенствование норм происходило за счет введения различных поправочных коэффициентов при определении сейсмической нагрузки. Первоначально предлагалось в качестве сейсмических сил S , действующих на сооружение, использовать произведение его массы на максимальное ускорение грунта при землетрясении:

$$S = m A_{max} = k_c Q, \quad (1)$$

где $Q = m g$ — вес здания, $k_c = A_{max}/g$ — сейсмический коэффициент, характеризующий максимальную интенсивность движения на площадке, g - ускорение свободного падения, A_{max} — максимальное ускорение грунта.

Важным шагом в развитии методов расчета стало введение спектрального коэффициента динамичности ρ , характеризующего усиление колебаний по данной форме;

$$S = k_c \rho Q. \quad (2)$$

где ρ — спектральный коэффициент динамичности

С использованием результатов измерения ускорений маятников с разными собственными периодами и коэффициентами затухания были построены стандартные спектры ускорений. По результатам многочисленных расчетов спектров реакции в национальных нормах разных стран были введены стандартные графики для коэффициента динамичности принятая в (СНиП 2.01.03-96 [8]). Эта кривая определяет связь между нормируемыми ускорениями сооружения, моделируемого системой с одной степенью свободы, и периодом его собственных колебаний).

Коэффициент динамичности имеет смысл отношения максимального абсолютного ускорения линейной системы с одной степенью свободы при сильном (расчетном) сотрясении к максимальному ускорению основания при этом сотрясении.

Полная перерезывающая сила в основании сооружения в различных нормах определяется формулой (2) с дополнительными коэффициентами, учитывающими

способность сооружения к неупругим деформациям, конструктивные особенности, грунтовые условия на площадке строительства и т.д.

Расчетные модели сооружений принимаются в виде линейно упругих систем при статическом действии внешних нагрузок [7]. Существующие нормы рекомендуется соблюдать при проектировании зданий и сооружений, возводимых в районах сейсмичностью 7,8 и 9 баллов.

При проектировании зданий и сооружений для строительства в сейсмических районах надлежит: -применять материалы, конструкции и конструктивные схемы, обеспечивающие наименьшие значения сейсмических нагрузок; -принимать, как правило, симметричные конструктивные схемы, равномерное распределение жесткостей конструкций и их масс, а также нагрузок на перекрытия; -предусматривать условия, облегчающие развитие в элементах конструкций и их соединениях пластических деформаций, обеспечивающие при этом устойчивость сооружения.

При проектировании зданий и сооружений для строительства в сейсмических районах следует учитывать: -интенсивность сейсмического воздействия в баллах (сейсмичность); -повторяемость сейсмического воздействия. Интенсивность и повторяемость следует принимать по картам сейсмического районирования территории Республики Узбекистан.

Определение сейсмичности площадки строительства следует производить на основании сейсмического микрорайонирования. На площадках, сейсмичность которых превышает 9 баллов, возводить здания и сооружения, как правило, не допускается.

Расчет конструкций и оснований зданий и сооружений, проектируемых для строительства в сейсмических районах, должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий[7].

Расчеты зданий и сооружений на особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий следует выполнять:

а) с использованием инструментальных записей ускорений основания при землетрясении, наиболее опасных для данного здания или сооружения, а также синтезированных акселерограмм.

При этом максимальные амплитуды ускорений основания следует принимать не менее 100, 200 или 400 см/с при сейсмичности площадок строительства 7,8 и 9 баллов соответственно.

Следует учитывать возможность развития неупругих деформаций конструкций.

б) на нагрузки, определяемые как: расчетная сейсмическая нагрузка, в выбранном направлении, приложенная к точке k и соответствующая i -му тону собственных колебаний зданий или сооружений, определяется по формуле;

$$S_{ik} = K_1 \cdot K_2 \cdot S_{0ik} \quad (3)$$

Здесь K_1 - коэффициент, учитывает допускаемые повреждения зданий и сооружений. Коэффициент K_2 учитывает конструктивные решения зданий и сооружений.

В формуле (3) S_{0ik} — значение сейсмической нагрузки для i -го тона собственных колебаний здания или сооружения, определяемое в предположении упругого деформирования конструкции по формуле;

$$S_{0ik} = Q_k \cdot A_{pi} \cdot K_{yij} \quad (4)$$

где Q_k — вес здания или сооружения, отнесенный к точке k определяемый с учетом

расчетных нагрузок на конструкцию; A — коэффициент, значения которого приняты равными 0.1; 0.2; 0.4 соответственно для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов; ρ_i — коэффициент динамичности, соответствующий i -му тону собственных колебаний здания; K_v — коэффициент, учитывающий конструктивные решения здания по отношению к устойчивости; g_{ijk} — коэффициент, зависящий от формы деформации здания при его собственных колебаниях по i -му тону и от места расположения нагрузки. Сейсмические воздействия могут иметь любое направление в пространстве. Для зданий и сооружений простой геометрической формы расчетные сейсмические нагрузки следует принимать действующими горизонтально в направлении их продольной и поперечной осей. Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях следует учитывать отдельно.

Применение статистического моделирования для расчетов на сейсмостойкость предусматривает разработку стохастической модели сейсмического воздействия [3]. В широком смысле под термином землетрясение можно было бы понимать любые сотрясения поверхности Земли. В более узком смысле под землетрясением понимается кратковременное сотрясение поверхности Земли, вызванное сейсмическими волнами, возникшими при местном нарушении сплошности с внезапным выделением в недрах коры или верхней мантии упругой энергии. Землетрясения образуют поток случайных событий, порождаемых более медленными тектоническими процессами в неоднородной и неоднородно напряженной земной коре.

Каждое землетрясение характеризуется рядом случайных параметров, среди которых — координаты эпицентра, глубина залегания фокуса, освобожденная энергия и т.п. Сейсмические сотрясения на данной площадке представляют собой результат сейсмических волн, приходящих на площадку из эпицентральной области. Эти сотрясения также образуют поток случайных событий, характеризуемых макросейсмическими параметрами: интенсивностью, максимальным ускорением, продолжительностью сотрясения, параметрами его спектрального состава.

Вероятностная природа сейсмических сил имеет два источника. Первый состоит в том, что каждое землетрясение, взятое в отдельности, представляет собой случайный акт. Местоположение эпицентра, глубина залегания фокуса, количество выделившейся энергии, время, в течение которого произошло это выделение и т.п. — все эти интегральные признаки, характеризующие землетрясение, являются случайными величинами. Другим источником вероятностной природы землетрясения является то обстоятельство, что к каждой рассматриваемой точке земной поверхности сейсмические волны доходят после многократных явлений, присущих волновым процессам, таким как дифракция и интерференция.

Кроме того, грунт является существенно неоднородной неизотропной средой. Вследствие этого движение грунта в каждом пункте представляет собой случайный процесс. Если бы было возможно получить для одного и того же пункта две акселерограммы двух совершенно идентичных по своим интегральным признакам землетрясений, то они отличались бы между собой неповторимыми чертами. Их следовало бы рассматривать как две различные реализации случайного процесса с одинаковыми статистическими характеристиками.

В качестве примера приведены акселерограммы движения грунта (Газли, 1976 год).

Изменение перемещений, скоростей, ускорений грунта во времени представляют собой реализации нестационарного случайного процесса.

Как отмечалось выше, в сейсмически активном районе повторяющиеся через различные промежутки времени землетрясения образуют поток случайных событий. Таким образом, для оценки надежности при расчетах на сейсмостойкость возникает вопрос о построении модели сейсмического воздействия, имеющего двоякую случайную природу. Во-первых, движение грунта является нестационарным случайным процессом, во-вторых, сотрясение в данной местности есть поток случайных событий.

Основы статистической модели сейсмического воздействия были заложены в работах В.В. Болотина [1]. Ниже приводится и в дальнейшем реализуется один из возможных вариантов данной статистической модели.

Предлагаемая модель может быть использована для статистического моделирования сейсмических колебаний сейсмоизолированных сооружений.

Результаты выполненных исследований могут быть использованы проектными и научно-исследовательскими институтами гражданского строительства при проектировании сейсмоизолированных систем в сейсмически опасных районах. Минстерства строительства могут использовать полученные разработки при составлении регламентов и норм сейсмостойкого строительства.

Заключение

При статистическом моделировании сейсмических воздействий с использованием случайных стационарных процессов для расчета сейсмоизолированных систем необходимо обеспечивать соответствие входного процесса фактическим смещениям, скоростям и ускорениям, наблюдаемым при землетрясениях.

Для этого авторами предложена двухкомпонентная модель случайного стационарного процесса с двумя преобладающими частотами. Для предлагаемой модели задаются преобладающие частоты компонент процесса и параметр узкополостности одной из компонент. Остальные параметры вычисляются из условия обеспечения необходимых свойств реальных воздействий.

Использованная литература:

1. Болотин, В.В. Статистические методы в строительной механике Текст. / В. В. Болотин // М.: Госстройиздат. - 1961. - 202 с.
2. Давыдова, Г.В. Влияние демпфирования на статистические характеристики сейсмоизолированных зданий Текст. / Г. В. Давыдова // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. — №1. — 2008. — С. 38-43.
3. Кириков, Б. А. Статистический метод расчета конструкций на сейсмические воздействия как нелинейных систем Текст. / Б.А. Кириков // Сейсмостойкое строительство. 1978. - Вып.4. - С. 6.
4. Смирнов, В.И. Применение инновационных технологий сейсмозащиты зданий в сейсмических районах Текст. / В.И. Смирнов // -Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. — 2009. Вып.4.1. С. 16-23.

5. Martelli, A. Seismic isolation: present application and perspectives Текст. / A. Martelli, M. Forny // International Workshop on Base Isolated High-rise Buildings. Yerevan. - Armenia. - June 15 - 17. - 2006. - P. 1 - 26.
6. Steiner, F. Oakland city hall repair and upgrades Текст. / F. Steiner, E. Elsesser // Design Decisions Methods, and Procedures, EERI. November. -2004. - 29 p.
7. Махмудов С.М. Расчетные модели для проектирования конструкций зданий. Монография. Ташкент. 2019г.125стр.
8. СНиП 2.01.03-96 Строительство в сейсмических районах
9. Sadridin, S., Mirmakmutovich, M. M., Makhmudovich, M. S., & Solijonovich, A. U. (2019). Modern methods of increasing energy efficiency of buildings in the Republic of Uzbekistan at the design stage. International Journal of Scientific and Technology Research, 8(11), 1333-1336.
10. Makhmudovich, M. S. (2021). Research Of The Work Of The System" Base-Foundation With A Damping Layer-Building" On An Inhomogene Soil Base. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT), 12(7), 2006-2015.
11. Rakhmankulovna, A. K. H., & Makhmudovich, M. S. (2020). Innovative designs and technologies in foundation engineering and geotechnics. International Journal of Scientific and Technology Research, 9(1), 3803-3807.
12. Askarov, X. A., Egamberdiyeva, S. A., & Maxmudov, S. M. (2022, November). "LEGO" G 'ISHT ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIYASI. In INTERNATIONAL CONFERENCE DEDICATED TO THE ROLE AND IMPORTANCE OF INNOVATIVE EDUCATION IN THE 21ST CENTURY (Vol. 1, No. 7, pp. 102-106).
13. Самиева, Ш. Х., & Махмудов, С. М. (2021). КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИХ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ. Scientific progress, 2(6), 427-432.
14. Inatillayevich G. O., Pulatovich M. B. Analysis of Underground Projects of Energy Efficient Low-Rise Residential Buildings Built on Highly Flooded Soils <https://doi.org/10.31149/ijie.v4i9>. – Т. 2156.
15. Shakhram X., Oybek G. HEAT PROTECTIVE QUALITIES OF EXTERNAL WALLS FROM CEMENT SANDWICH PANELS //Journal of Advanced Scientific Research (ISSN: 0976-9595). – 2022. – Т. 2. – №. 2.
16. Фозилов, Ф. Х., Гойибов, О. И., & Равшанов, Р. Р. (2021). TROMB DEVORI TURIDAGI GELIOSESTEMALI QUYOSHLI BINODA ENERGIYA TEJAMKORLIK. Журнал Технических исследований, 4(2).
17. Гойибов О. И., Хайдаров Ш. Р. БИНО ВА ИНШООТЛАРДА ТЕЖАМКОР ЭНЕРГИЯДАН ФОЙДАЛАНИШ //Журнал Технических исследований. – 2021. – Т. 4. – №. 2.
18. Тулаков, Э. С., Иноятлов, Д., & Курбонов АС, М. Б. П. (2020). Бинолар-нинг ертўла деворларини иссиқлик изоляциялаш ва унинг қалинлигини ҳисоблаш. Ме'morchilik va qurilish muammolari Проблемы архитектуры и строительства. Samarqand, 4, 29-32.
19. Тулаков, Э. С., Бўронов Х, М. Б., & Абдуллаева, С. А. (2020). Кам қаватли турар-жой бинолари ертўла деворларининг иссиқлик изоляция қатлами қалинлигини ҳисоблаш. Ме'morchilik va qurilish muammolari Проблемы архитектуры и строительства. Samarqand, 2, 41-45.
20. Inatillayevich, G. O., & Pulatovich, M. B. (2021). Analysis of Underground Projects of

Energy Efficient Low-Rise Residential Buildings Built on Highly Flooded Soils. International Journal on Integrated Education, 4(9), 96-102.

21. Матёкубов, Б. П., & Саидмуродова, С. М. (2022, August). КАМ СУВ ТАЛАБЧАН БОҒЛОВЧИ АСОСИДАГИ ВЕРМИКУЛИТЛИ ЕНГИЛ БЕТОНЛАР ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ҚЎЛЛАНИЛИШИ. In INTERNATIONAL CONFERENCES (Vol. 1, No. 15, pp. 103-109).

22. Bolikulovich, K. M., & Pulatovich, M. B. (2022). HEAT-SHIELDING QUALITIES AND METHODS FOR ASSESSING THE HEAT-SHIELDING QUALITIES OF WINDOW BLOCKS AND THEIR JUNCTION NODE WITH WALLS. Web of Scientist: International Scientific Research Journal, 3(11), 829-840.

23. Inatillayevich, G. O., & Pulatovich, M. B. Analysis of Underground Projects of Energy Efficient Low-Rise Residential Buildings Built on Highly Flooded Soils <https://doi.org/10.31149/ijie.v4i9.2156>.

24. Egamova, M., & Matyokubov, B. (2023). WAYS TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS AND THEIR EXTERNAL BARRIER STRUCTURES. Eurasian Journal of Academic Research, 3(1 Part 1), 186-191.

25. Nosirova, S., & Matyokubov, B. (2023). WAYS TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF EXTERNAL BARRIER CONSTRUCTIONS OF BUILDINGS. Евразийский журнал академических исследований, 3(3), 145-149.

26. Egamova, M., & Matyokubov, B. (2023). IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE EXTERNAL WALLS OF RESIDENTIAL BUILDINGS BEING BUILT ON THE BASIS OF A NEW MODEL PROJECT. Евразийский журнал академических исследований, 3(3), 150-155.

INNOVATIVE
ACADEMY