



ENGINEER

international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-february, 2026



engineer.tstu.uz

**ABDURAXMON ASIMOVICH ISHANXODJAYEV TAVALLUDINING
85 YILLIGIGA BAG‘ISHLANGAN
“TRANSPORT INSHOOTLARI: ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR,
SEYSMIK BARQARORLIK”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO‘PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti texnika fanlari doktori, professor, transport qurilishi sohasida taniqli olim, fan va texnika sohasidagi Abu Rayhon Beruniy nomli O‘zbekiston Davlat mukofoti laureati, “Shuxrat belgisi” ordeni, “Sharafli mehnati uchun” medali, “Oliy talim fidoiysi”, Oliy talim alochisi”, “SSSR ixtirochisi”, “Yo‘l ustalarning ustoz”, “Seysmik xavfsizlik sohasi alochisi” ko‘krak nishonlari sohibi **Abduraxmon Asimovich Ishanxodjayev tavalludining 85 yilligiga bag‘islangan “Transport inshootlari: zamonaviy texnologiyalar, seysmik barqarorlik”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to‘plami chop etildi.

Abduraxmon Asimovich 100 dan ortiq ilmiy asarlar, shu jumladan, 2 ta monografiya, 2 ta darslik, 18 ta chet elda chop etilgan ilmiy maqola va ishlab chiqarishga tadbiiq etilgan 6 ta ixtiroga berilgan guvohnoma va patentlar muallifidir. Uning ilmiy maslahatchiligi va ilmiy rahbarligida 2 ta doktorlik, 8 ta nomzodlik va 4 ta texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajalariga dissertatsiyalar yoqlandi, ko‘p sonli ilmiy-tadqiqot mavzulari – fundamental va amaliy Ilmiy grantlar, yo‘l-ko‘prik qurilishi bo‘yicha Respublika va soha me‘yoriy hujjatlari yaratganlar.

Ishanxodjayev Abduraxmon Asimovich 1962 yilda Toshkent temir yo‘l muhandislari institutini “Sanoat va fuqaro qurilishi” mutaxassisligi bo‘yicha tugatib, bir yil O‘zbekiston suv xo‘jaligi Davlat loyiha instituti muhandisi, to‘rt yil “Toshshaxarqurilish Bosh Boshqarmasi” qurilish tashkilotlarida qurilish ustasi va ish bajaruvchi lavozimlarida ishladi. Shu davrda u hozirgi Respublika Prezidenti devoni binosi qurilishida ishtirok etdi, Toshkent viloyati Bo‘stonliq rayoni “Chimyon” dam olish zonasida tiklanayotgan “Quyoshli” pioner lager qurilishiga rahbarlik qildi. Nihoyat, u 5-yillik loyiha va ishlab chiqarish tajribasiga ega mutaxassis sifatida 1967-yil dekabrda O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutiga, ushbu institut direktori, o‘sha paytda fan nomzodi, keyinchalik akademik Tursunboy Rashidov ilmiy rahbarligida aspiranturaga kiradi va keyingi 20-yil davomida kichik va katta ilmiy hodim, laboratoriya mudiri lavozimlarida faoliyat ko‘rsatdi.

Shu davrda uning bevosita rahbarligi va ishtirokida O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutida dunyoda yagona “Metropolitanlar zilzilabardoshligi” laboratoriyasi tashkil etildi. Ushbu laboratoriya Toshkent metropoliteni Chilonzor metro yo‘lini noqulay grunt sharoitlari va yuqori seysmik zonada loyihalash va qurishda, metro qurilishi tajribasida birinchi bo‘lib yirik yig‘ma temirbeton elementlardan tiklanadigan yurish va bekat tonnellarining yangi, zilzilabardosh konstruksiyalari yaratish va tadbiiq etishda faol qatnashdi. Toshkent metrosi Chilonzor yo‘lining qurilgan bo‘laklarida ulkan eksperimental tadqiqotlar o‘tkazildi, metro tajribasida birinchi bo‘lib muhandis-seysmometrik kuzatuvlar tashkil qilindi. Laboratoriya ilmiy xodimlari va izlanuvchlaridan 10 dan ortiq kishi nomzodlik va doktorlik dissertatsiyalari yoqladilar. Kafedrada bajarilgan ilmiy-tadqiqotlar natijalarining ishlab chiqarishga tadbiiqidanda hosil bo‘lgan katta miqdordagi iqtisodiy samara institut va O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi hisobotlarida qayd etildi.



Ustozimiz 30 yildan ortiq muddatda rahbarlik qilgan Toshkent avtomobil-yo'llar instituti "Ko'priklar va transport tonnelli" kafedra O'zbekiston Respublikasi, shuningdek, Osiyo, Afrika va Lotin Amerikasi mamlakatlari uchun ko'priksizlik bo'yicha oliy malumotli kadrlar tayyorladilar. Shuni qayd etish lozimki, professor Ishanxodjaev Abduraxmon Asimovich turli yillarda Tojikiston va Qirg'iziston Respublikalari hududlarida, Armaniston Respublikasining Spitak shahrida ro'y bergan kuchli zilzilalar oqibatlarini o'rganish va tahlil qilishda, sobiq Ittifoq Fanlar Akademiyasi prezidiumi qoshidagi seysmologiya va zilzilabardosh qurilish bo'yicha idoralararo kengash azosi sifatida faol ishtirok etdi. Keyingi yillarda u Toshkent shahri va Respublikada qurilayotgan ulkan transport inshootlari konstruksiyalari, shu jumladan Toshkent metropoliteni yer usti xalqa yo'li konstruksiyalarini ekspertiza qilish jarayonlarida ham bevosita ishtirok etdi.

Ishanxodjayev Abduraxmon Asimovich 50 yildan ortiq davrda ilmiy darajalar beruvchi ixtisoslashgan va ilmiy kengashlarning raisi, ilmiy kotibi, a'zosi va ushbu kengashlar qoshidagi ilmiy seminar raisi sifatida 300 dan ortiq mutaxassislarning doktorlik, nomzodlik va falsafa doktori ilmiy darajasini olish jarayonida qatnashdi. Hozirda u Toshkent Davlat Transport Universiteti huzuridagi doktorlik dissertatsiyalari himoyasi bo'yicha ilmiy kengash a'zosi va ushbu ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, O'zbekiston mexaniklar jamiyatining kengashi a'zosi, Sharof Rashidov nomli Samarqand Davlat universiteti va O'zbekiston Fanlar Akademiyasi seysmologiya instituti qoshidagi doktorlik dissertatsiyalari himoyasi bo'yicha ilmiy kengashlar a'zosi sifatida ilmiy darajadagi mutaxassislar tayyorlashda faol ishtirok etmoqdalar.

Mazkur ilmiy-amaliy konferensiyaning maqsadi transport qurilishi sohasida olib borilayotgan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar yo'nalishlarini muhokama qilish, jumladan ko'priklar va tunnellar qurilishi, metropolitenlar, yuqori seysmik hududlarda transport obyektlarining ishonchliligi va seysmik mustahkamligi, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari, hamda innovatsion muhandislik yechimlari bo'yicha ilmiy natijalar almashuvini ta'minlashdan iboratdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

"Transport inshootlari: zamonaviy texnologiyalar, seysmik barqarorlik" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. Transport inshootlari uchun zamonaviy konstruktiv yechimlar va materiallar;
2. Ko'priklar hamda yo'l o'tkazgichlarni diagnostika qilish, ta'mirlash va mustahkamlash texnologiyalari;
3. Seysmik hududlarda transport inshootlarini loyihalash va ekspluatatsiya qilishdagi dolzarb masalalar;
4. Ilg'or xorijiy tajriba, innovatsion yondashuvlar va amaliy tavsiyalar.

Ushbu ilmiy-ma'rifiy to'plam Abduraxmon Asimovich Ishanxodjayevning tabarruk 85 yoshga to'lishi munosabati bilan nashr etilib, unda transport qurilishi sohasida faoliyat yuritayotgan yetakchi olimlar, professor-o'qituvchilar va malakali mutaxassislarning ilmiy izlanishlari jamlangan. To'plamda transport qurilishining dolzarb muammolari, zamonaviy muhandislik yechimlari, ilmiy-nazariy va amaliy tadqiqot natijalari yoritilib, ushbu sohaning bugungi holati va istiqboldagi rivojlanish yo'nalishlari aks ettirilgan. Mazkur nashr Abduraxmon Asimovichning transport qurilishi faniga qo'shgan ulkan hissasiga nisbatan chuqur hurmat va e'tirof ramzi sifatida tayyorlangan.



The problem of load combination in earthquake resistance theory

U.Z. Shermukhamedov¹^a, Y.T. Khakimova¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This scientific work addresses the problem of combining seismic loads with other types of actions within the framework of the general theory of earthquake-resistant design and modern methods for designing buildings and structures. Particular attention is paid to the transition toward multi-level performance-based design, which requires structural analyses for earthquakes of varying intensity and recurrence. A comparative analysis of load combination factors adopted in the regulatory documents of Russia, European countries, the United States, New Zealand, and Albania is performed. It is shown that the existing load combination factors are largely empirical, do not adequately account for the statistical characteristics of loads and the seismological features of the construction site, and are not mutually consistent.

Keywords: seismic resistance theory, load combinations, seismic impacts, earthquakes, accelerogram recordings, limit state coefficient, special inspection, inspection and testing of artificial structures, conductivity, load-bearing capacity, durability assessment

Проблема сочетания нагрузок в теории сейсмостойкости

У.З. Шермухамедов¹^a, Я.Т. Хакимова¹^b

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В данной научной работе рассматривается проблема сочетания сейсмических нагрузок с другими видами воздействий в рамках общей теории сейсмостойкого проектирования и современных методов проектирования зданий и сооружений. Особое внимание уделяется переходу к многоуровневому проектированию, основанному на эксплуатационных характеристиках, которое требует проведения структурного анализа при землетрясениях различной интенсивности и частоты. Проводится сравнительный анализ коэффициентов сочетания нагрузок, принятых в нормативной документации России, европейских стран, США, Новой Зеландии и Албании. Показано, что существующие коэффициенты сочетания нагрузок в значительной степени эмпиричны, неадекватно учитывают статистические характеристики нагрузок и сейсмологические особенности строительной площадки, а также не являются взаимно согласованными.

Ключевые слова: Теория сейсмостойкости, сочетания нагрузок, сейсмические воздействия, землетрясения, записи акселерограмм, коэффициент предельного состояния, специальный контроль, осмотр и испытание искусственных сооружений, проводимость, несущая способность, оценка долговечности

1. Введение

Проектирование зданий и сооружений в сейсмоопасных районах требует надежного учета сейсмических воздействий в сочетании с другими видами нагрузок. Корректное задание расчетных сочетаний нагрузок является одним из ключевых факторов обеспечения сейсмостойкости, надежности и экономической эффективности строительных конструкций.

Существующие нормативные документы различных стран предлагают существенно различающиеся коэффициенты сочетаний нагрузок, которые зачастую носят эмпирический характер и не учитывают ни статистическую природу нагрузок, ни особенности сейсмологической обстановки площадки строительства, ни требования многоуровневого проектирования. В условиях перехода к расчетам по предельным состояниям и внедрения концепции многоуровневой

сейсмической защиты возникает необходимость системного анализа сложившихся подходов и выработки научно обоснованных принципов сочетания сейсмических и несейсмических воздействий, что и определяет актуальность настоящего исследования.

2. Методология исследования

Проблема сочетания нагрузок тесно связана с общей теорией сейсмостойкости. Считается, что теория сейсмостойкости появилась в 1900 г, благодаря работам японского ученого Омори, который впервые оценил величину сейсмической нагрузки [1,2].

Однако в теории Омори содержалось ошибочное задание пиковых ускорений при землетрясениях. По данным Омори при воздействии интенсивностью $I=9$ баллов ускорения основания составляют 1 м/с^2 .

^a <https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

^b <https://orcid.org/0000-0002-4386-5245>



Более поздние исследования указывали, что пиковые ускорения при I=9 баллов составляют около 4 м/с^2 , что выше в 4 раза, чем то, что предлагал Омори. Величина пиковых ускорений грунта (PGA) при I=9 баллов, равная 4 м/с^2 вошла с 1964 г в международную шкалу балльности MSK-64.

Возникло противоречие: если проектировать здания на указанное ускорение, то наши здания превратятся в бомбоубежища. Между тем здания, которые запроектированы на меньшие ускорения (1 м/с^2 для 9 баллов), вполне благополучно, с повреждениями, но не разрушившись, перенесли сильные землетрясения.

Это противоречие между натурными и расчетными ускорениями просуществовало практически 100 лет. Первая попытка избавиться от этого противоречия появилась сперва в нормах США, затем в нормах других стран, когда для интенсивности воздействия I=9 баллов было введено ускорение 4 м/с^2 , но был также введен понижающий коэффициент $K_1=0,25$, поэтому расчет всё равно выполнялся на ускорение 1 м/с^2 , но формально в нормативных документах уже фигурировало фактически зафиксированное ускорение 4 м/с^2 для 9 баллов.

Вопрос практически был решен в начале века, когда в большинстве стран начался переход на многоуровневое проектирование. Это значит, что нужны расчеты на сильные и на слабые воздействия. При этом коэффициент K_1 в расчетах на сильные и слабые воздействия имеет различный физический смысл. Следует отметить, что со времен Омори в большинстве нормативов, в частности в начале в Еврокоде до 2000 года и в нормах России, все ориентировано на сильные воздействия. В России коэффициент K_1 называется коэффициентом предельных состояний, и он по СП зависит от типа сооружения, но не зависит от площадки строительства. Пока что лучшим результатом, к которому пришли в данном вопросе можно считать современные нормы Италии (рис. 1) [3]. Они учитывают срок службы, важность сооружений и вероятности различных уровней повреждений при землетрясениях.

Исследованиями в области теории сейсмостойкости сооружений, направленные на улучшение проектных и эксплуатационных характеристик в разные годы занимались зарубежные ученые: Кyoji Suyehiro (Япония), Шухова В. Г. (Россия), Joseph Penzien (США), Jack Moehle (США), Kiyoshi Muto (Япония), Татьяна Г. Раутиан (Россия), Е.Н. Курбацкий (Россия), Ильина Д.А. (Россия), Уздин А.М. (Россия) и другие.

В том числе, вопросами обеспечения сейсмостойкости сооружений с учетом условий Республики Узбекистан, а также обеспечение сейсмостойкости мостовых сооружений из отечественных ученых занимались М.Т. Уразбаев, Т.Р. Рашидов, Г.Х. Хожеметов, И. Мирзаев, У.З. Шермухамедов, М. Миралимов и др.

Как только мы переходим к многоуровневому проектированию, возникает необходимость считать на воздействия редкие (сильные), умеренные и частые (слабые). Повторяемость умеренных и слабых землетрясений составляет раз в 20 - 400 лет. Такие землетрясения по физическому смыслу должны относиться к дополнительным сочетаниям нагрузок. Строго говоря, для них нужно анализировать коэффициенты сочетаний в зависимости от сейсмологических условий и от требований заказчика (как он готов рисковать).

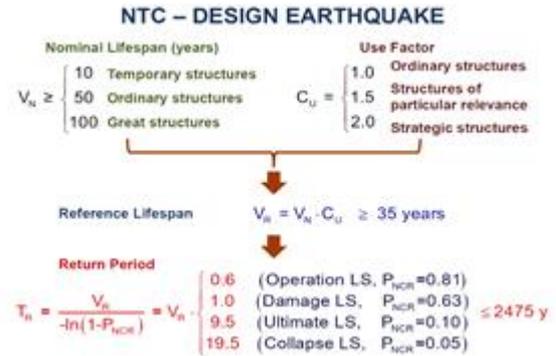


Рис. 1. Современные нормы Италии

3. Результаты исследования

В связи с изложенным возникает вопрос определения коэффициентов сочетаний сейсмической нагрузки с другими видами нагрузок, который как в российской, так и в мировой практике сейсмостойкого строительства находится на начальной стадии научной проработки и нормативного оформления. Эта проблема приобретает особую актуальность в свете современных тенденций строительства сложных инженерных сооружений в сейсмоопасных регионах, где требуется комплексный учет всего спектра возможных воздействий.

Нормативные документы разных стран предусматривают различные подходы к определению этих коэффициентов.

В российских нормативных документах сейсмическая нагрузка рассматривается как особая. Основным документом для сейсмических нагрузок можно считать СП 14.13330 «Строительство в сейсмических районах» [14], СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия» [15] и СП 268.1325800 «Транспортные сооружения в сейсмических районах» [16]

Из вышесказанного видно, что есть ряд несоответствий принятых коэффициентов сочетаний. При этом ни один из рассматриваемых документов не предусматривает переход на многоуровневое проектирование, в котором необходимо рассчитывать конструкции на действие землетрясений разной силы и повторяемости. Кроме того, обоснование принятых коэффициентов сочетаний не учитывает ни статистических свойства нагрузки, ни свойства землетрясения. Так, например, при расчете сооружения по карте «В» ОСР на площадке строительства возможны 4 варианта ситуационной сейсмичности:

- $I_A=7, I_B=8, I_C=8;$
- $I_A=8, I_B=8, I_C=8;$
- $I_A=7, I_B=8, I_C=9;$
- $I_A=8, I_B=8, I_C=9.$

«В» 8 баллов, но, очевидно, сейсмическая опасность на них должна существенно различаться. Коэффициенты сочетаний в таких случаях должны быть разными, что в нормативной документации РФ не учитывается. Точно также статистические характеристики других нагрузок не учитываются при оценке коэффициентов сочетаний. Вероятность нахождения поезда на мосту во время землетрясения безусловно зависит от длины моста и интенсивности движения. А в нормах России это коэффициент сочетаний один. Как уже отмечалось, нормативные ко-



эффиценты сочетаний предполагают расчет на сильные редкие воздействия. Однако обоснование коэффициентов сочетаний для автомобильной нагрузки относится к сильным воздействиям (МРЗ) [17], а для железнодорожной нагрузки, скорее, к относительно частым слабым (ПЗ) [18].

Аналогичная ситуация сложилась и в зарубежной нормативной литературе.

В Еврокоде 8 [19] указано, что для проектирования сейсмостойких конструкций расчетное сейсмическое воздействие сочетается с другими воздействиями. При этом коэффициент сочетания сейсмических нагрузок с постоянными равен 1,0, с динамической нагрузкой в жилых или офисных зданиях и для нагрузок от транспортных средств весом от 30 до 160 кН – 0,3, с динамической нагрузкой в зонах, предназначенных для общественных собраний, торговых центров и нагрузок от транспортных средств весом до 30 кН – 0,6, с динамическими нагрузками в складских зонах – 0,8. Здесь аналогично российским нормам не учитывается совместное воздействие сейсмике с ветром, а также температуры, динамических нагрузок на крышах и снега, лежащего на крыше ниже 1000 метров над уровнем моря (кроме Исландии, Норвегии, Швеции и Финляндии – в этих странах данный коэффициент сочетания равен 0,2 для снега, лежащего выше и ниже 1000 метров над уровнем моря). Строгое обоснование норм Еврокода в литературе отсутствует.

Нормы Новой Зеландии рассмотрены в работе британского инженера-строителя G.H. Lindup [20], Автор указывает, что конструкции должны быть спроектированы на основе наиболее критических ситуаций, возникающих в результате комбинации всех применимых нагрузок, которые могут разумно происходить одновременно. Расчетное сочетание должно включать все комбинации нагрузок, указанные в разделах стандарта

Новой Зеландии AS/NZS 1170.0. Согласно стандартам коэффициент сочетаний для постоянной нагрузки равен 1,0, для нагрузок от температуры и трения – 1,0, для полезной нагрузки – 1,0, но с учетом наложения действия краткосрочного и длительного фактора, для сейсмической ветровой нагрузок – 1,0. Данная работа интересна тем, что она четко прописывает учёт нагрузок от трения и температуры, но нет учёта подвижной (от транспорта) нагрузки.

В Американских нормах ASCE 7-02 [22] в расчетных сочетаниях на сейсмические нагрузки коэффициент сочетания для постоянной нагрузки равен 1,2, если мы суммируем воздействие сейсмике и постоянной нагрузки, и 0,9, если сейсмике и постоянные нагрузки противоположны друг другу. Коэффициент сочетания длительнодействующей (полезной) нагрузки равен 1,0 (0,5, если нагрузка не превышает 100 фунтов на 1 квадратный фут), снеговой – 0,2, кратковременной (например, ветер) – 0,15.

Ключевой нормативный документ FEMA 368 ("NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures"), выпущенный Федеральным агентством по управлению в чрезвычайных ситуациях США (FEMA), представляет собой адаптированную версию стандарта ASCE 7-02. В этом документе полностью сохранена методологическая основа ASCE 7-02, включая систему коэффициентов сочетаний нагрузок - перенесены без изменений все основные комбинации [23].

В Узбекистане одними из основных нормативных документов по сейсмическим нагрузкам являются: КМК 2.03.01-19. Сейсмик хуудларда курилиш [24] и шнк 2.05.03-22. Мосты и трубы / [25]. Сводная таблица коэффициентов сочетаний сейсмической нагрузки с другими по российским и отечественным нормативным документам по приведена ниже.

Таблица 1

Сводная таблица коэффициентов сочетаний из нормативной документации разных стран

Вид нагрузки	Коэффициент сочетания согласно нормативному документу					
	СП 14.13330	Еврокод 8	ASCE 7-22	Нормы Албани	Нормы Новой Зеландии	КМК 2.03.01-19, ШНК 2.05.03-22
Постоянные	0,9	1,0	1,2 (0,9)	0,9	1,0	0,9
Временные длительные	0,8	Не указан	1,0 (0,5)	0,8	1,0(+фактор времени)	0,8
Кратковременные	0,5	Не указан	0,15	0,4	1,0(+фактор времени)	0,5
Снеговые	Как доля длительнодействующих	0 (снег на крыше до 1000 м над ур. моря) 0,2 (для ряда стран и снега, лежащего выше 1000 м над ур. моря)	0,2	Не указан	0,2	Как доля длительнодействующих
Крановые	0,3	0	Не указан	Не указан	Не указан	0,3
Температурные	0	0	Как кратковременные	Не указан	1,0	0
Ветровые	0	0	Как кратковременные	Не указан	Не указан	0



От транспорта	Как кратковременные	0,3 (весом от 30 до 160 кН) 0,6 (до 30 кН)	Не указан	Не указан	Не указан	Как кратковременные
Динамические	0	0,3 (жилые здания и офисы) 0,6 (общественные и торговые) 0,8 (складские)	Не указан	Не указан	Не указан	0

Можно утверждать, что проблемой задания расчетных коэффициентов сочетаний является разнородная нормативная литература, создававшаяся для каждой страны разными инженерами с разными точками зрения. Нет четкого и понятного параметра, который смог бы оценить правильность того или иного принятого коэффициента. Именно поэтому помимо вопроса о принятии численного значения коэффициента сочетания важно также поднимать вопрос о том, как правильно задать нагрузки и воздействия, действующие на здание или сооружение.

Введенные в нормативные документы коэффициенты сочетаний не имеют достаточного основания и не учитывают статистических характеристик как сейсмической, так и сочетаемых нагрузок. По этой причине появляются работы, имеющие цель обосновать и уточнить коэффициенты сочетаний нагрузок.

Разные страны и множество исследований предлагают разные коэффициенты сочетаний, но главной проблемой этих коэффициентов является то, что они научно не обоснованы. Лишь малая часть научных работ имеет обоснование для принятия коэффициентов сочетаний. Например, в работах Шестоперова Г.С. [17], Уздина А.М. [25, 26], Сахарова О.А. [27] и Кузнецовой И.О. [26, 28], а также Сабировой О.Б. [29] приводятся некоторые обоснования рекомендуемых сочетаний нагрузок.

Все последние попытки в решении вопроса сочетаний нагрузок и воздействий делали для того, чтобы учесть многоуровневое проектирование и сейсмические особенности площадки строительства, а также статистические характеристики нагрузок. Резюмируя сказанное, можно отметить, что имеющиеся предложения по сочетанию сейсмической нагрузки с другими нагрузками не однозначны. Они не учитывают полностью требования многоуровневого проектирования и статистических характеристик сочетаемых нагрузок. Следует также отметить, что разные способы сочетаний нагрузок приводят к разным значениям коэффициентов сочетаний. Для понимания и упорядочения сложившейся ситуации необходимо, прежде всего, проанализировать состояние вопроса по сочетанию нагрузок и воздействий в теории надежности и методах проектирования по предельным состояниям.

4. Заключение

Проведенный анализ показывает, что проблема задания коэффициентов сочетаний сейсмической нагрузки с другими видами воздействий остается одной из наименее разработанных областей нормативного обеспечения сейсмостойкого строительства. Во многих случаях коэффициенты сочетаний не имеют строгого научного обоснования и не опираются на

статистические характеристики ни сейсмического воздействия, ни сопутствующих нагрузок.

Сравнение зарубежных нормативных документов показывает отсутствие единой методологической базы: одинаковые виды нагрузок учитываются по-разному, а влияние повторяемости землетрясений, типа сооружения, сейсмологических условий площадки и уровня допустимого риска зачастую игнорируется. При этом действующие нормы в основном ориентированы на расчет на редкие сильные землетрясения и не учитывают в полной мере требования многоуровневого проектирования, предполагающего анализ слабых, умеренных и сильных воздействий.

В условиях активного строительства сложных инженерных сооружений в сейсмоопасных районах выявленные противоречия приобретают особую практическую значимость. Для упорядочения сложившейся ситуации необходим переход от эмпирического задания коэффициентов сочетаний к их обоснованию на основе теории надежности, вероятностных характеристик нагрузок и параметров сейсмической опасности площадки строительства.

Анализ существующих исследований показывает, что такие подходы уже формируются, однако пока не получили системного отражения в нормативных документах. Дальнейшее развитие данной области должно быть направлено на создание единой, научно обоснованной методологии сочетания нагрузок, адекватной современным требованиям сейсмостойкого проектирования.

Использованная литература / References

- [1] Omori F. Seismic Experiments on the Fracturing and Overturning of Columns, Publ. Earthquake Invest. Comm. in foreign Languages, №4, Tokyo, 1900-99 p.
- [2] Завриев К.С. и др. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений. М, Стройиздат, 1970, 224 с.
- [3] Aggiornamentodelle«Normetecnicheperlecostruzioni» (18A00716). MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI. DECRETO 17 gennaio 2018 // Supplementoordinarioalla "GazzettaUfficiale" n. 42 del 20 febbraio 2018 - Seriegenerale. N. 8. 372 p
- [4] СП 14.13330 «Строительство в сейсмических районах»
- [5] СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия»
- [6] СП 268.1325800 «Транспортные сооружения в сейсмических районах»
- [7] Шестоперов Г.С. Сейсмостойкость мостов. - М., Транспорт, 1984.-143 с.



[8] Карцивадзе Г.Н. Сейсмостойкость дорожных искусственных сооружений /М.Транспорт,1974, 260 с.

[9] Руководство для проектировщиков к Еврокоду 8: Проектирование сейсмостойких конструкций: руководство для проектировщиков к EN 1998-1 и EN 1998-5. Еврокод 8: Общие нормы проектирования сейсмостойких конструкций, сейсмические воздействия, правила проектирования зданий и подпорных сооружений: пер. с англ. / М. Фардис и др.; ред. серии Х. Гульванесян; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФБЮУ ВЮ «Моск. гос. строит. ун-т»; науч. ред. пер. Г.А. Джинчвелашвили. - Москва: МГС, 2013. - 484 с. (Серия «Издано в МГСУ: Еврокод»). Науч. ред. серии З.Г. Тер-Мартirosян).

[10] Lindup G. H. Adapting the structural design actions standard for the seismic design of new industrial plant // BULLETIN OF THE NEW ZEALAND SOCIETY FOR EARTHQUAKE ENGINEERING, Vol. 40, No. 3, Sep-tember 2007

[11] Enkeleda Kokona, Helidon Kokona, Hektor Cullufi. Comparative analysis of dynamic solutions using Albanian Seismic Code KTR-89 and Eurocode 8. // 3rd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, 3-ВСССЕ, 19-21 May 2016, Epoka University, Tirana, Al-bania

[12] Minimum design loads for buildings and other structures. // ASCE Standard ASCE/SEI 7-10.”

[13] Mohamed O. A. Remarks regarding FEMA 368 seismic analysis guidelines. // Earthquake Resistant Engineering Structures V // WIT Transactions on The Built Environment, Vol 81. 2005

[14] КМК 2.03.01-19. Сейсмик худудларда қурилиш

[15] ШНК 2.05.03-22. Мосты и трубы /

[16] Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Расчетные сочетания нагрузок для проверки надежности конструкций (обзор) // Збірник наукових праць Українсь-кого інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шима-новського. – Випуск 15, 2015 р.

[17] Уздин А.М. Уточнение коэффициента сочетаний сейсмической и подвижной нагрузок при расчете железнодорожных мостов. Экспресс-информация "Сейсмостойкое строительство", 1983, Вып.10, с.20-23

[18] Уздин А.М., Кузнецова И.О. Сейсмостойкость мостов. Саарбрюкен (Германия), Palmarium, 2014, 450 с

[19] Сахаров О.А. К вопросу о назначении коэффициентов сочетаний сейсмической и других нагрузок. Сейсмостойкое строительство, 2003, №2, с.9-11

[20] Кузнецова И.О., Сахаров О.А. К вопросу об оценке коэффициентов сочетаний сейсмической и железнодорожной нагрузки. Сейсмостойкое строительство, 2006, №3, с. 21-25

[21] Сабирова О.Б. Оценка коэффициентов сочетаний сейсмической и ветровой нагрузок // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018 № 6 – С. 39-43.

Информация об авторах/ Information about the authors

**Шермухамедов
Улугбек
Забихуллович /
Shermukhamedov
Ulugbek
Zabihullaevich**

Ташкентский государственный транспортный университет, Доктор технических наук, профессор,
Email: ulugbekjuve@mail.ru
Tel.: +998903161181
<https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

**Хакимова
Якутхон
Тулягановна /
Khakimova
Yakutkhon**

Базовый докторант,
Ташкентский государственный транспортный университет
Email: yakutkhonkhakimova0304@gmail.com
тел: +998900460835
<https://orcid.org/0000-0002-4386-5245>



U. Shermukhamedov, Y. Khakimova <i>The problem of load combination in earthquake resistance theory</i> ..65	65
Sh. Normurodov <i>Monitoring the technical condition of operating transport tunnels</i>70	70
K. Lesov, M. Kenjaliyev, O. Mirzakhidova <i>Methodology for assessing the dynamic impact of rolling stock on the subgrade and justification for its reinforcement in the area of rail joints</i>75	75
V. Soy, N. Mukhammadiev, G. Malikov, D. Tursinaliyev <i>Justification of the purposes of using basalt fiber in cement concrete</i>80	80
I. Mirzaev, D. Askarova <i>Oscillation of a prestressed span structure of a reinforced concrete railway bridge with mass in horizontal motion</i>84	84
U. Rakhmanov, G. Ismailova <i>Methods for determining soil pressure on underground structures under seismic influence</i>89	89
A. Karimova, M. Abdurasulova <i>Methodology for Assessing Embodied Carbon in Bridge Structures</i>94	94
Kh. Urazov <i>Economic efficiency of implementing modern prefabricated reinforced retaining walls</i>98	98
I. Makhamataliyev, V. Soy, N. Mukhammadiev, G. Malikov <i>Assessment of the block strength of dispersely-armonized basalt fiber, complex-modified small-grain fiber concrete</i>105	105
A. Abdullaev <i>Identification and Assessment of Critical Spatial Deformations and Internal Force States of Continuous Monolithic Reinforced Concrete Bridges under Strong Seismic Actions Using MiDAS Civil</i>109	109
Sh. Nishonboev, Z. Mirzayeva, Kh. Urazov, A. Abdusattorov <i>Optimization of the design of bridge intermediate supports</i>112	112