

Эргешов Эмилбек Сатимбекович - ст. преподаватель,  
Абдуллаев Улан Душабаевич - ст. преподаватель,  
Ошский технологический университет

## **ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

*В настоящей статье рассмотрены вопросы оценки сейсмостойкости зданий и сооружений с учетом степени повреждения. Анализированы последствия последних землетрясений в Кыргызской Республике. Отмечена важность оценки соответствия степени повреждения в зависимости от частоты собственных колебаний. Предложена оценка надежности сейсмостойкости зданий и сооружений в условиях сейсмического риска на основе механического разрушения зданий и сооружений.*

*Ключевые слова: сейсмостойкость, техническая безопасность, степень повреждения, динамическая модель.*

Эргешов Эмилбек Сатимбекович - ага окутуучу,  
Абдуллаев Улан Душабаевич - ага окутуучу,  
Ош технологиялык университети

## **БУЗУЛУУЛАРДЫН ТОПТОЛУШУН ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ИМАРАТТАРДЫН ЖАНА КУРУЛМАЛАРДЫН ЖЕР ТИТИРӨӨГӨ ТУРУКТУУЛУГУН БААЛОО**

*Бул макалада бузулуулардын топтолушун эске алуу менен имараттардын жана курулмалардын жер титирөөгө туруктуулугун баалоо маселеси каралды. Ошондой эле Кыргызстандагы акыркы жер титирөөлөрдүн кесепеттери анализденип, бузулуулардын денгээлинин өздүк термелүүлөрдүн жыштыгына болгон байланышынын маанилүүлүгү белгиленди. Имараттардын жана курулмалардын жер титирөөгө туруктуулугун алардын механикалык бузулууларынын негизинде баалоо сунушталды.*

*Ачкыч сөздөр: сейсмикалык туруктуулук, техникалык коопсуздук, бузулуу денгээли, динамикалык модель.*

Ergeshov Emilbek Satimbekovich - senior lecturer,  
Abdullaev Ulan Dushabaevich - senior lecturer,  
Osh technological university

## **ASSESSMENT OF THE SEISMIC RESISTANCE OF THE BUILDINGS AND STRUCTURES TAKING INTO ACCOUNT THE ACCUMULATION OF DAMAGES**

*This article discusses the issues of assessing the earthquake resistance of buildings and structures, taking into account the degree of damage. The effects of recent earthquakes in the Kyrgyz Republic are analyzed. The importance of assessing compliance with the degree of damage depending on the frequency of natural vibrations is noted. An assessment of the reliability of the earthquake resistance of buildings and structures under seismic risk conditions, based on the mechanical destructions of buildings and structures is proposed.*

*Key words: earthquake resistance, technical safety, degree of damage, dynamic model.*

Кыргызская Республика расположена в зоне повышенной сейсмической активности. На территории страны вероятны землетрясения интенсивностью 6 и более  
*Известия ОшТУ, 2020 №1*

баллов [2, 4-7]. Только за последние 7 лет в республике произошли 3 сильных землетрясения, которые нанесли значительный материальный ущерб и вызвали гибель людей. Высокая сейсмичность территории предъявляет особые требования к строительной отрасли республики, особенно более 9 баллов. Разработка и проведение оценки сейсмостойкости на основе степени повреждения и дефектов является актуальной и имеет практическое значение при целенаправленной государственной политики в целях повышения уровня сейсмостойкости существующих и вновь строящихся зданий и сооружений [3,6].

Анализ результатов последних землетрясений показал, что разрушение зданий, построенных из местных строительных материалов, не отвечающие строительным нормам, бесспорно приводят к тяжелым трагическим последствиям. Например, с 1 июля 2009 г. по 30 сентября 2010 г. в республике было зафиксировано 2398 землетрясений магнитудой от 6 и выше. Это означает, что в среднем в течение этого периода происходило около 5 (пяти) сильных землетрясений в день. Проведенное специалистами КыргызНИИП сейсмостойкого строительства предварительное инженерное обследование показало, что до 89 % всех зданий и строений дошкольных образовательных организаций и 81 % здания школ являются структурно небезопасными и не отвечают требованиям норм по ряду критериев безопасности [2]. Поэтому необходимо разработать ряд рекомендаций по усилению объектов школьного и дошкольного образования, построенных из местных строительных материалов.

Как нам известно, за последнее десятилетие произошли десятки землетрясений силой более 6 баллов. В результате семибалльного землетрясения в Кочкорском районе Нарынской области в 2006 г. (магнитудой 6,6 по шкале Рихтера), а также в Ноокатском, Карасууйском, Узгенском районах Ошской области в 2007 г. было разрушено более 6 тыс. домов.

Особо надо подчеркнуть что, в Алайском районе Ошской области после восьмибалльного землетрясения 5 октября 2008 г. погибли 75 человек, более 100 были ранены, были разрушены 144 жилых дома, повреждены дороги (рисунок 1). Аналогично, 20 июля 2011 г. сила землетрясения в Кадамжайском районе Баткенской области составила 8 баллов по 12-балльной шкале MSK-6. Самый большой ущерб понес Узбекистан, где по оценкам МЧС погибли 13 человек, 86 гражданам была оказана первая медицинская помощь, в Кыргызстане было зафиксировано частичное разрушение 83 зданий в Кадамжайском районе.

Наиболее пострадавшими оказались районы Ферганской области (Багдадский, Риштанский и Узбекистанский). Как всегда наибольшие повреждения получили жилые здания в частном секторе, возведенные индивидуальными застройщиками. Отмеченные объекты представлены зданиями со стенами из сырцового кирпича, усиленные с каркасами типа “сынч” а также зданиями со стенами из “пахсы” [2]. 28 января 2013 г. пострадали несколько районов Иссык-Кульской области, сила толчков достигла 6,5 баллов по шкале MSK-64, эпицентр находился в Казахстане в 100 километрах от Чолпон-Аты. В Тюпском районе пострадало 103 жилых дома. 14 ноября 2014 г. в поселке Каджи-Сай Тонского района Иссык-Кульской области, по данным МЧС, эпицентр землетрясения силой 7 баллов находился в 17 километрах северо-восточнее поселка Каджи-Сай и в 60 километрах от села Тон. 17 ноября 2015 г. в селе Чайчи сельского округа Кызыл-Суу Кара-Суйского района сила толчков во время ночного землетрясения составила 7 баллов. По данным Института сейсмологии НАН КР магнитуда землетрясения составила 6,4.



Рис.1. Состояние домов после землетрясения в с.Нура Ошской области, 2008г.

Анализ результатов последних землетрясений показывает, что частные дома, не отвечающие строительным нормам, разрушились и сопровождалось тяжелыми, трагическими последствиями. Например, произошедшее 5 октября 2008 г. сильное землетрясение в селе Нура (рис.1) привело к большим человеческим жертвам и наглядно показало, что люди, в основном, не подготовлены к стихийным бедствиям. Практически все жилые дома, построенные преимущественно из глинистых материалов и без соблюдения строительных норм и правил (СНиП) по сейсмостойкому строительству, были полностью разрушены. Здания в этом районе в основном возведены традиционным методом - с применением строительных изделий из глинистых материалов, стены сооружены кладкой из сырого (необожженного) кирпича.

Таким образом, наиболее уязвимыми в сейсмическом отношении объектами, получающими наиболее тяжелые повреждения, являлись и являются индивидуальные жилые здания, возведённые частными застройщиками из местных материалов.

В настоящее время для инженера-строителя доступно множество практических методов и подходов обеспечения сейсмостойкости. При этом, инженер должен руководствоваться действующими нормами, которые являются логическим продолжением динамической теории сейсмостойкости, согласно требованиям технической безопасности.

Если предположить, что симметричное по расположению масс и жесткостей в плане здание имеет абсолютно жесткие в своей плоскости перекрытия и покрытие, то при поступательном колебании его основания в направлении одной из горизонтальных осей симметрии, например, оси  $Y$ , все массы, расположенные на уровне одного и того же перекрытия, перемещаются на одну и ту же величину (на рис.2, а, 1 - на величину  $y_0+y$ ). Такой же характер деформирования сооружения при этом виде воздействия сохранится и при условии, если оно состоит из одинаковых по жесткости и массам конструкций и имеет абсолютно жесткое, поступательно колеблющееся основание (рис.2, а, 2).

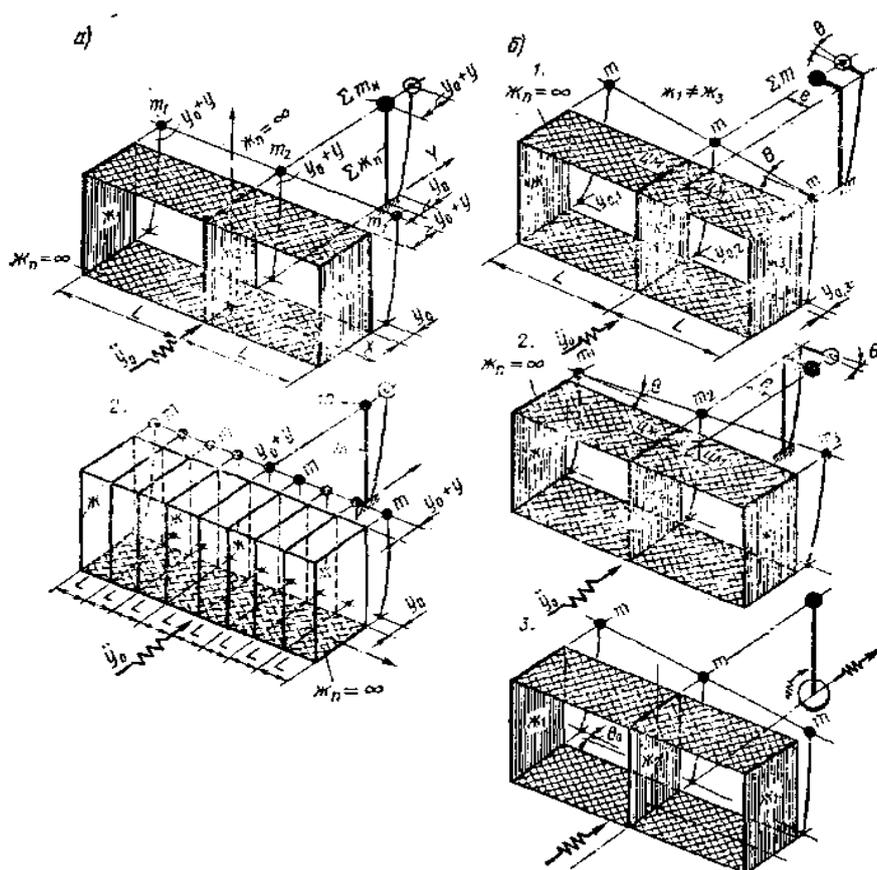


Рис.2. Схемы колебаний здания с абсолютно жестким перекрытием и его динамические модели.

В обоих случаях в качестве динамической модели здания может быть принята одноэтажная консоль с сосредоточенными на уровне перекрытий массами (или для одноэтажного здания, как это показано на рис.2, а - с одной массой). Анализ колебаний таких консолей был подробно рассмотрен в [3]. Инженерами - строителями обязательным к применению документом в России, является СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», в Китае - нормы GB 50011-2010 «Code for Seismic Design of Buildings» и GB/T 17742-2008 «The Chinese seismic intensity scale», в Европе - Еврокод по проектированию сейсмостойких конструкций EN 1998 «Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance» (в нескольких частях). Кроме вышеперечисленных обязательным к применению нормам разрабатываются проекты новых дополненных стандартов и рекомендательных документов, дополняющие инженерных методов оценки сейсмостойкости (к примеру, отечественный ГОСТ «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности»). И эти нормы обобщают накопленный инженерный опыт по обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений. А также, в этих нормах произведено обзор и сравнение основных положений: параметры движения грунта, коэффициент динамичности и методов определения сейсмической нагрузки. При определении сейсмической нагрузки важную роль играет коэффициент динамичности. На рисунках 3-5 представлены графики зависимостей коэффициента динамичности для рассматриваемых выше норм. Рассматривая приведённые графики, можно говорить о совершенствованном аналогичном подходе к описанию зависимости коэффициента динамичности от собственного периода колебания. С математической точки зрения эти подходы отличаются друг от друга.

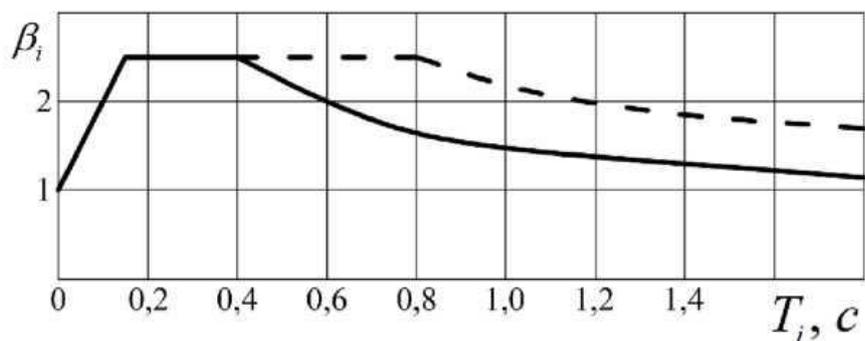


Рис. 3. Значения коэффициента динамичности от расчётного периода собственных колебаний для различных типов грунтов (СП 14.13330.2014) [7].

Алгоритмы, описанные в европейских нормах, приводят к детальному анализу сейсмических характеристик проектируемого здания или сооружения, а также распределения и степени повреждения конструкции с образованием пластических шарниров. В 1970-х годах создан нелинейный статический анализ, который устранил сложности, связанные с прямым динамическим расчётом и стал практичным методом в сейсмической оценке существующих зданий.

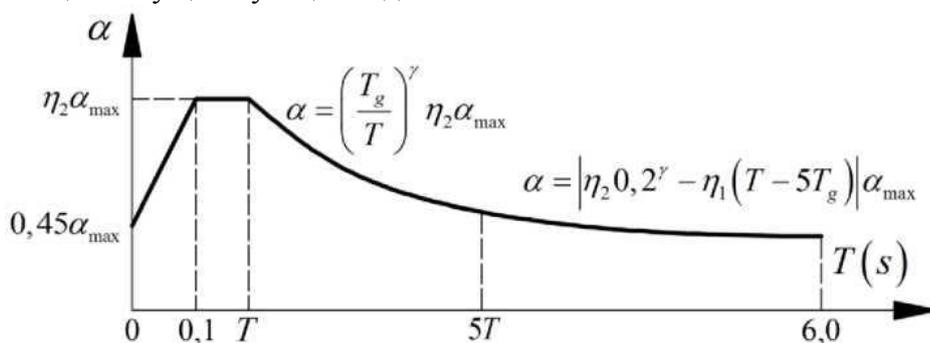


Рис. 4. Кривая сейсмического коэффициента (Seismic Influence Coefficient Curve)

Основанные на прямом нелинейном динамическом расчёте усовершенствованные численные методы моделирования, широко распространены в научных исследованиях для уточнения норм и других особых задач.

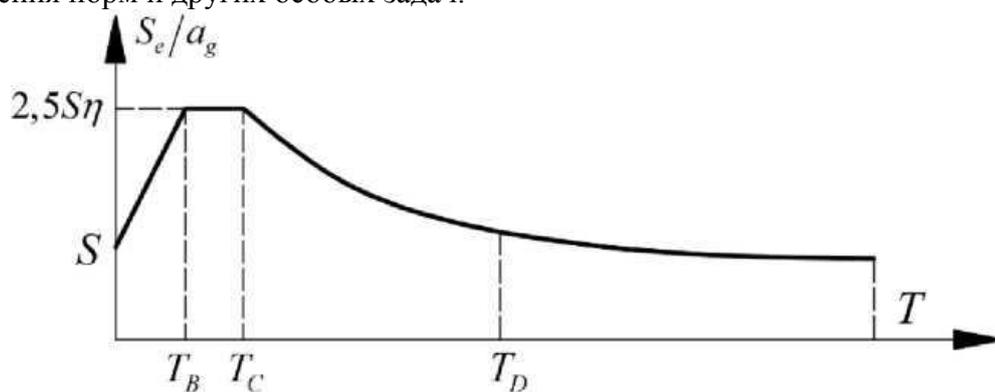


Рис.5. Спектр упругой реакции (Shape of the elastic response spectrum)

Анализируя вышесказанное, можно сказать о существенном новом шаге в развитии методов обеспечения сейсмостойкости между отечественными и зарубежными нормами. Реализация современных достижений науки и техники, интегрированный подход научно-исследовательских организаций, деятельность которых связана с теорией сейсмостойкости как с технической (экспериментальной, инструментальной и др.), так и с теоретической стороны, необходимы при

усовершенствовании методов обеспечения сейсмостойкости.

Разрыв в развитии частично перекрывает уже упомянутый проект ГОСТ «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности», который включает в себя современные положения мирового опыта в инженерные оценки сейсмостойкости. Одним из ключевых моментов является использование «категорий-индикаторов», классов сейсмостойкости и степени повреждения (таблица 1) для зданий и сооружений. Приведённая классификация согласуется с зарубежными нормами и исследованиями. Из таблицы видно, что уровень надёжности здания при максимальном расчётном землетрясении (МРЗ) должен соответствовать степени повреждения  $d=3$ , и частично допускается  $d=4$ .

Таблица 1

Степени повреждений зданий и сооружений	
Степень повреждения, $d$	Виды повреждений несущих конструкций
0 - 1 - отсутствие видимых повреждений, слабые повреждения	Сотрясение здания; сыплется пыль из щелей, осыпаются чешуйки побелки; откалывание небольших кусков штукатурки; видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют
2 - умеренные повреждения	Слабые повреждения несущих конструкций: тонкие трещины в несущих элементах конструкции, незначительные деформации и небольшие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей.
3 - тяжёлые повреждения	Значительные повреждения несущих конструкций: сквозные трещины в несущих элементах конструкции, значительные деформации каркаса, заметные сдвиги панелей, выкрашивание бетона в узлах каркаса.
4 - очень тяжёлые повреждения	Частичные разрушения несущих конструкций: проломы и вывалы в несущих элементах конструкции; разрывы стыков и узлов каркаса; нарушение связей между частями здания или сооружения; обрушение отдельных плит перекрытия; обрушение крупных частей здания или сооружения. Здание или сооружение подлежит сносу.
5 – разрушение	Обрушение несущих стен и перекрытия, полное обрушение здания или сооружения с потерей его формы.

Однако, в настоящее время практически отсутствуют исследования, связанные с оценкой надёжности объекта по динамическим характеристикам, основанные на описании напряжённо-деформированного состояния здания. Из отечественных данных можно отметить документ «Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений» МЧС Кыргызской Республики, в котором приводится соответствие технического состояния и периода собственных колебаний сооружения (таблица 2), но и он не позволяет однозначно трактовать соответствие собственных динамических характеристик и степени повреждения здания из-за отсутствия классификации зданий, типа конструктивной схемы, материала несущих конструкций и т. д. Критерии оценки степени повреждения в зависимости от частоты собственных колебаний классифицируется по таблице 2.

Таблица 2

Степени повреждений зданий и сооружений согласно методике «Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений» МЧС КР

Степень повреждения, %	Виды повреждений несущих конструкций	Увеличение периода (снижение частоты) собственных
1 – без повреждения - лёгкая (0 - 10)	Имеются отдельные небольшие выбоины, сколы, волосяные трещины (до 0,1 мм)	0 – 10
2 - умеренная (11 - 30)	Трещины длиной до 15 см, следы коррозии арматуры. Уменьшение прочности бетона защитного слоя не более 10 %	11 -30
3 - сильная (31-60)	Промораживание и выветривание кладки. Трещины, пересекающие до 4-х рядов кладки, а также между продольными и поперечными стенами. Снижение прочности кладки до 25 %, изгибаемых элементов из бетона до 30 %. Прогобы металлических конструкций 1/150	31-60
4 - тяжёлая (61 - 90)	Трещины, пересекающие более четырёх рядов кладки. Раскрытие осадочных трещин более 50 мм. Отклонение от вертикали более 1/50 высоты конструкции. Прогобы железобетонных балок более 1/50, металлических конструкций более 1/75 пролёта	61-90
5-катастрофическая (91 - 100)	Обрушение отдельных частей, частичное или полное обрушение	91-100

#### Выводы:

1. Для глинобитного здания частоты собственных колебаний существенно расходятся с данными методики МЧС КР. Уровень надёжности проектируемого здания подобного типа, по критерию оценки снижения частоты собственных колебаний лежит в диапазоне около 6-20%, а согласно методике МЧС, данные значения могут достигать до 90%.
2. Анализ результатов последних землетрясений показал, что разрушение зданий, построенных из местных строительных материалов, не отвечающие строительным нормам, бесспорно приводят к тяжелым трагическим последствиям. Поэтому есть предложение непрактиковать их.
3. Из действующих технических норм (СНиП КР 20-02:2009) [7] были изъяты разделы “Строительство в сейсмических районах зданий со стенами из глинистых материалов”, которые были введены в СНиП КР 20-02:2004 [8]. Эти здания, как и здания со стенами из малопрочных материалов, требуются проведение антисейсмических мероприятий согласно СНиПу.

#### Литература

1. **Корчинский, И.Л.** Расчёт сооружений на сейсмические воздействия [Текст] / И.Л. Корчинский // Научное сообщение ЦНИИПС. - 1954. - 76 с.
2. **Маматов, Ж.Ы.** Разрушение глинобитных домов при сейсмических нагрузках и определение наиболее уязвимых узлов [Текст] / Ж.Ш. Кожобаев, Б.С. Матозимов // Вестник КРСУ. 2017. Том 17. № 8. С. 125-129.
3. **Поляков, С.В.** Сейсмостойкие конструкции зданий (Основы теории сейсмостойкости) [Текст] / С. В. Поляков // Москва: Высш. шк., 1983. - 304 с.
4. **Сейтов, Б.М.** Сейсмическая защита и ее организация. Учебник для ВУЗов /

- Переработанное и дополненное. [Текст] / Б.С. Ордобаев // Б.:Айат, 2015. -288с.
5. **Сеитов, Б.М.** Сейсмостойкость зданий и сооружений. Учебник для ВУЗов. [Текст] / Б.С. Ордобаев // Б.:Айат, 2015. -288с.
  6. **Смирнов, Б.** Сейсмические разрушения – Альтернативный взгляд. [Текст] / Б.М. Сеитов, Б.С. Ордобаев // Бишкек: КРСУ, 2016. -170с.
  7. СНиП КР 20-02:2004. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. Бишкек: Госкомархстрой, 2004. 80 с.
  8. СНиП КР 20-02:2009. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. Бишкек: Госагенство по архитектуре и строительству КР., 2009. 103 с.
-