

УДК 699.841

**СН КР 20-02:2018 «СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ».
ЗАМЕЧАНИЯ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ, КОММЕНТАРИИ**

В.С. Семёнов, А.В. Токарский, Т.В. Токарская

Рассматриваются основные положения новых строительных норм, регламентирующие правила проектирования и строительства в сейсмических районах Кыргызской Республики. Обсуждаются вопросы, возникшие при ознакомлении с документом. Отмечаются отличия нового документа от ранее применявшихся, а также действующих строительных норм РФ и Казахстана. Высказываются замечания и предложения, направленные на скорейшую адаптацию новых норм к практике проектирования зданий и сооружений в нашей республике.

Ключевые слова: строительные нормы; сейсмостойкое строительство; карты сейсмического районирования; пиковые ускорения; спектры реакций; коэффициент поведения; регулярность.

**СН КР 20-02:2018 «СЕЙСМИКАЛЫК ТУРУКТУУ КУРУЛУШ. ДОЛБООРЛОО ЧЕНЕМДЕРИ».
СЫН-ПИКИРЛЕР, СУНУШТАР, КОММЕНТАРИЙЛЕР**

В.С. Семёнов, А.В. Токарский, Т.В. Токарская

Бул макалада Кыргыз Республикасынын сейсмикалык райондорунда долбоорлоо жана курулуш эрежелерин жөнгө салуучу жаңы курулуш ченемдеринин негизги жоболору каралат. Документ менен таанышууда келип чыккан суроолор талкууланат. Жаңы документтин мурда кабыл алынган документтерден, ошондой эле Россия Федерациясы менен Казахстандын колдонуудагы курулуш нормаларынан айырмасы белгиленет. Биздин республикадагы имараттарды жана курулмаларды долбоорлоо тажрыйбасына жаңы ченемдерди тезирээк ыңгайлаштырууга багытталган сын-пикирлер жана сунуштар айтылды.

Түйүндүү сөздөр: курулуш ченемдери; сейсмикалык туруктуу курулуш; сейсмикалык жактан кооптуу райондордун картасы; ылдамдатуунун жогорку чеги; реакциялардын спектрлери; жүрүм-турум коэффициенти; үзгүлтүксүздүк.

**REMARKS, PROPOSALS AND COMMENTS TO THE CODE OF KR 20-02:2018
«SEISMIC RESISTANT CONSTRUCTION. DESIGN STANDARDS»**

V.S. Semenov, A. V. Tokarskiy, T.V. Tokarskaya

The main provisions of the new building codes regulating the rules of design and construction in seismic areas of the Kyrgyz Republic are considered. Issues raised when reading the document are discussed. Differences of the new document from previously applied, as well as existing construction norms of the Russian Federation and Kazakhstan are noted. Comments and proposals are made aimed at early adaptation of norms to the practice of designing buildings and structures in our republic.

Keywords: building codes; seismic resistant construction; seismic zoning maps; peak acceleration; response spectra; coefficient of conduct; regularity.

В связи с введением в действие с 01 марта 2019 года СН КР 20-02:2018 «Сейсмостойкое строительство» [1], в строительных нормах нашей республики появился ряд новых положений, касающихся как расчетов на сейсмические воздействия, так и требований к конструктивным решениям зданий. Рассмотрим основные из них.

Согласно разделу 6.3 [1], сейсмичность площадки строительства определяется по картам общего сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (Приложение В) и списку населенных пунктов (Приложение Г), в которых указана сейсмическая опасность в баллах (интенсивность сотрясений IPE) и пиковых ускорений в грунтах (PGA1). Карты разработаны Институтом сейсмологии НАН КР в 2018 г. Расчетная сейсмичность в баллах учитывается только при определении допустимых габаритов проектируемых зданий и сооружений в плане и по высоте, а также антисейсмических мероприятий, принимаемых по конструктивным соображениям. Для расчетов на сейсмические воздействия используются горизонтальные пиковые ускорения a_g , значения которых зависят от типа грунтовых условий площадки строительства – IA, IB, II, III категорий грунтов по сейсмическим свойствам. Значение a_g для площадок со сложным рельефом местности будет также зависеть от величины дополнительного коэффициента S_r , учитывающего топографические эффекты усиления горизонтальных сейсмических воздействий и определяемого в соответствии с п. 6.3.4 [1].

В отличие от ранее действовавшего СНиП КР 20-02:2009 [2], в новом документе (СН КР 20-02:2018) в соответствии с терминологией, принятой в Еврокоде, при расчетах по спектральному методу введено понятие спектров расчетных реакций в ускорениях $S_d(T)$ (для горизонтальных компонент) и $S_{dv}(T_v)$ (для вертикальной компоненты).

Формы этих спектров нормированы в зависимости от типов грунтовых условий площадок и косвенно отражают соотношения между пиковыми значениями всех трех кинематических параметров движений (ускорений, скоростей, перемещений) соответствующих типов грунтов при сильных землетрясениях [3].

Формы спектров реакций, принятые в новых нормах Кыргызстана, близки к формам спектров, принятых в ранее действовавших нормах, но существенно отличаются от форм спектров, принятых в Еврокодах [3].

Согласно определению А.64 [1], спектр расчетных реакций представляет собой график, значения ординат которого уменьшены относительно значений ординат спектра упругих реакций. Это достигается путем деления этих значений на коэффициент поведения q , характеризующий способность конструктивной системы противостоять сейсмическим воздействиям в области нелинейного деформирования. Коэффициент поведения q , по сути, представляет собой замену коэффициента редукации K_2 [2], который применялся в предыдущих нормах.

В зависимости от способности конструктивной схемы здания или сооружения к нелинейному деформированию, коэффициенты поведения для горизонтальных компонент сейсмического воздействия имеют различные значения от 1,0 до 5,0 и приведены в таблице 1 (табл. 7.8 [1]).

Для вертикальной же компоненты коэффициент поведения вне зависимости от конструктивного типа, конфигурации, а также параметров и материала несущих конструкций здания, принимается $q = 1,5$, что значительно отличает СН КР 20-02:2018 от СНиП КР 20-02:2009 в части величины вертикальной сейсмической нагрузки. Это обусловлено тем, что возможность зданий и сооружений к нелинейным эффектам при вертикальных сейсмических воздействиях значительно меньше, чем при горизонтальных. Поэтому за счет уменьшения коэффициента поведения достигается более точный учет влияния вертикальной сейсмической нагрузки на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций здания.

Наряду со спектрами расчетных реакций и коэффициентами поведения, при определении сейсмических нагрузок в СН КР 20-02:2018 вводятся понятия «классы ответственности зданий по высоте» и «коэффициенты ответственности». В зависимости от опасности последствий разрушения зданий, от их важности для общественной безопасности, для защиты населения в период непосредственно после землетрясения и от социальных и экономических последствий их разрушения, здания подразделяются:

а) в зависимости от функционального назначения – на четыре класса (классификация приведена в таблице 7.2 [1]);

б) в зависимости от этажности – на пять классов (таблица 2; табл. 7.3 [1]).

Таблица 1 – Значения коэффициента поведения для регулярных по высоте зданий

| Конструктивный тип зданий | Значения коэффициента q |
|---|---|
| 1. Здания, в конструкциях которых повреждения или неупругие деформации не допускаются | 1,0 |
| 2. Бескаркасные здания: с несущими стенами из монолитного железобетона, крупнопанельные: а) перекрестно-стеновых конструктивных систем с наружными внутренними несущими стенами, расположенными с шагом не более 6 м б) перекрестно-стеновых конструктивных систем с одной несущей стеной в одном из главных направлений; в) других стеновых конструктивных систем | 5,0 3,3 4,0 |
| 3. Каркасные здания, за исключением указанных в пунктах 6, 7: а) с пространственными рамными каркасами, имеющими все жесткие узлы соединений колонн и ригелей; с рамно-связевыми каркасами, имеющими все жесткие узлы соединений колонн и ригелей; со связевыми каркасами, каркасно-стеновых конструктивных систем; одноэтажные каркасы всех конструктивных систем; б) других конструктивных систем, за исключением указанных в (а) | 4,0 3,3 |
| 4. Здания с монолитно-каменными стенами | 3,5 |
| 5. Здания со стенами из комплексной конструкции | 3,3 |
| 6. Крутильно-податливые конструктивные системы | 2,0 |
| 7. Конструктивные системы типа «перевернутый маятник» | 1,5 |
| 8. Здания из деревянных несущих конструкций в виде: а) статически неопределимых порталных каркасов с соединениями на штифтах или болтах; б) гвоздевых стеновых панелей, соединенных на гвоздях и болтах | 3,0 4,0 |
| 9. Здания с несущими стенами из местных строительных материалов (саманные, глинобитные, из кирпича сырца, кош-сынча и им подобные). Здания с несущими стенами из армированной и неармированной кирпичной (каменной) кладки без антисейсмических мероприятий | По результатам специальных исследований |

Таблица 2 – Классы ответственности зданий по этажности

| Класс ответственности зданий | Характеристика класса ответственности | Высота |
|------------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| I | Малоэтажные здания | 1–2 этажа |
| II | Здания средней этажности | 3–5 этажей |
| III | Многоэтажные здания | 6–12 этажей |
| IV | Здания повышенной этажности | 13–18 этажей |
| V | Высотные здания | Более 18 этажей |

Таблица 3 – Значения коэффициентов ответственности для зданий

| Класс ответственности зданий | | Значения коэффициентов γ_{th} и γ_{iv} , применяемые при определении эффектов сейсмических воздействий | |
|------------------------------|--------------|--|--|
| по назначению | по этажности | горизонтальных | вертикальных |
| I | I | $\gamma_{th} = 0,5$ | $\gamma_{iv} = 0,5$ |
| II | I–II | $\gamma_{th} = 1,0$ | $\gamma_{iv} = 1,0$ |
| II | III–V | $\gamma_{th} = 1,0 + 0,060 \cdot (n - 5);$ $1,06 \leq \gamma_{th} \leq 1,8$ | $\gamma_{iv} = 1,0 + 0,04 \cdot (n - 5);$ $1,04 \leq \gamma_{iv} \leq 1,8$ |
| III | I–II | $\gamma_{th} = 1,25$ | $\gamma_{iv} = 1,25$ |
| | III–V | $\gamma_{th} = 1,25 + 0,045 \cdot (n - 5);$ $1,295 \leq \gamma_{th} \leq 1,8$ | $\gamma_{iv} = 1,25 + 0,02 \cdot (n - 5);$ $1,27 \leq \gamma_{iv} \leq 1,5$ |
| IV | I–II | $\gamma_{th} = 1,5$ | $\gamma_{iv} = 1,5$ |
| | III–V | $\gamma_{th} = 1,5 + 0,030 \cdot (n - 5);$ $1,53 \leq \gamma_{th} \leq 1,8$ | $\gamma_{iv} = 1,5$ |

Примечание. Здесь и далее: n – количество этажей в здании, кроме этажей, расположенных ниже планировочной отметки земли, а также цокольных, верхних технических и мансардных этажей, если они соответствуют терминам и определениям, приведенным в Приложении А.

Каждому сочетанию классов ответственности зданий по назначению и этажности присвоены значения коэффициентов ответственности γ_{th} и γ_{iv} , которые учитываются при определении расчетных горизонтальных и вертикальных сейсмических нагрузок соответственно (таблица 3; табл. 7.4 [1]).

К существенным отличиям нового СН КР 20-02:2018 можно отнести классификацию (анализ) конструктивных схем зданий по регулярности в плане и по высоте. Такой анализ имеет большое значение для таких аспектов проектирования, как определение эффектов расчетных сейсмических воздействий в несущих конструкциях; выбор значений случайных эксцентриситетов между номинальными и расчетными положениями масс в расчетных моделях зданий и др. Нерегулярность учитывается в значениях повышающих коэффициентов f_{vk} для горизонтальных сейсмических воздействий и f_{ek} – коэффициента, учитывающего нерегулярность здания в плане для определения случайных эксцентриситетов.

В соответствии с Приложением К [1], конструктивные схемы зданий классифицированы на регулярные, умеренно нерегулярные и чрезмерно нерегулярные в плане и по высоте. Критерии регулярности определяются путем анализа реакции здания по результатам расчетов на сейсмические нагрузки, а также анализа конфигурации конструктивной схемы.

Стоит отметить особенности нового СН КР 20-02:2018 в части комбинаций модальных реакций от одновременного действия горизонтальных и вертикальных компонент сейсмического воздействия. Если в предыдущих нормах две ортогональные горизонтальные компоненты взаимноисключались, а вертикальная добавлялась к каждой из них (при этом каждая из компонент имела полное значение, определенное как «полное квадратичное сочетание»), то в СН КР 20-02:2018 для учета эффектов от одновременного действия горизонтальных и вертикальных компонент сейсмического воздействия могут быть применены комбинации 1-3, распространенные на три компоненты сейсмического воздействия [1]:

$$E_{Edx} \text{ «+» } 0,30E_{E_{dy}} \text{ «+» } 0,30E_{E_{dz}}; \tag{1}$$

$$0,30E_{Edx} \text{ «+» } E_{E_{dy}} \text{ «+» } 0,30E_{E_{dz}}; \tag{2}$$

$$0,30E_{Edx} \text{ «+» } 0,30E_{E_{dy}} \text{ «+» } E_{E_{dz}}, \tag{3}$$

где E_{Edx} , E_{Edy} , E_{Edz} – эффекты от сейсмического воздействия, направленного вдоль горизонтальных и вертикальной оси здания соответственно.

Изменения коснулись и расчетов несущих конструкций здания на горизонтальные перекосы этажей. Если в предыдущих нормах расчеты на прочность и горизонтальные деформации в линейной постановке необходимо было производить используя полные значения начальных модулей упругости для каменных и железобетонных конструкций, то согласно Приложения Е СН КР 20-02:2018, при расчетах на прочность применяются полные значения упругих характеристик материалов, а для расчетов горизонтальных перекосов и эффектов второго рода применяются значения коэффициентов с понижающим значением 0,5.

Предварительные инженерные расчеты показали, что указанные выше нововведения оказывают значительное влияние на напряженно-деформированное состояние конструкций зданий рамной и рамно-связевой конструктивных схем. С осторожностью можно предположить, что авторы новых норм за счет снижения упругих характеристик при расчетах деформаций вводят учет физических характеристик каменных и железобетонных конструкций, имеющих нелинейные свойства.

Практика проектирования зданий и сооружений показывает, что существует проблема корректного учета упругих характеристик основания в инженерных расчетах. Это вызвано прежде всего отсутствием в геологических изысканиях данных о динамических характеристиках грунтов, таких как модуль упругости и скорость распространения поперечных волн. Существующие в справочных пособиях сведения справедливы для статических расчетов и, как правило, недостаточны для расчетов зданий на сейсмические нагрузки. С целью объективного учета влияния податливости основания на реакцию конструктивной схемы при сейсмических воздействиях, в СН КР 20-02:2018 введено справочное Приложение Ж «Параметры упругой жесткости грунта при учете взаимодействия здания или сооружения с грунтовым основанием». Весьма актуальным, на наш взгляд, является пункт Ж.5.1, рекомендующий при использовании справочных данных об упругих характеристиках грунтов производить расчет здания по двум схемам, увеличивая и уменьшая в 1,5 раза значение эквивалентной упругой жесткости основания (полученной путем увеличения статического модуля упругости в 10 раз, п. Ж.5 [1]), при этом для дальнейших расчетов и анализа принимаются результаты, оказывающие наиболее неблагоприятное влияние на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций.

Из конструктивных требований обращает на себя внимание новая формулировка определения вертикальной диафрагмы жесткости для рамно-связевых и связевых каркасов, предписывающая их длину не менее высоты этажа, а также снижение предельного процента армирования железобетонных колонн с 6 % в СНиП КР 20-02:2009 до 4 % в СН КР 20-02:2018.

Выводы. Новые нормы Кыргызстана по сейсмостойкому строительству представляются весьма актуальными – впервые сделан шаг в сторону их гармонизации с международными, введены новые положения, повышающие требования по сейсмобезопасности как к конструктивным системам зданий, так и к их конструктивным элементам (требования при расчетах на прочность, устойчивость и деформациям). При этом остается ряд спорных, на наш взгляд, положений, касающихся определения критериев регулярности, учета упругих характеристик при расчетах деформаций, а также ограничение по минимальной длине диафрагм жесткости.

Как показали результаты аналитических (численных) расчетов, выполненных с учетом требований СН КР 20-02:2018, наибольшее влияние на увеличение сейсмических нагрузок на здания и сооружения, в сравнении с предыдущими нормами, оказывают значения пиковых ускорений, представленные только в одном комплекте карт (Приложения В и Г [1]). В то же время в нормах Российской Федерации (СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» [4]) и Казахстана (СП РК 2.03-30-2017 «Строительство в сейсмических районах (зонах) Республики Казахстан» [5]), используются не один, а несколько комплектов карт. В РФ это три карты (А ОСР-2015, В ОСР-2015, С ОСР-2015), каждая из которых отражает вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет в зависимости от среднего интервала времени между землетрясениями – 500, 1000, 5000 лет

соответственно. Как следствие, для одного и того же района строительства могут применяться различные значения коэффициентов сейсмичности (пиковые ускорения).

В новых нормах Казахстана приведены два комплекта карт: ОСЗ-1₄₇₅, ОСЗ-2₄₇₅ и ОСЗ-1₂₄₇₅, ОСЗ-2₂₄₇₅, характеризующие сейсмическую опасность в пиковых ускорениях и целочисленных баллах для периодов времени 475 и 2475 лет.

Учитывая опыт РФ и Казахстана, и в развитие СН КР 20-02:2018, считаем целесообразным:

а) произвести уточнение значений пиковых ускорений, в том числе экспериментальным путем на нескольких строительных площадках в г. Бишкек и г. Ош;

б) дополнительно к существующему разработать второй комплект карт общего сейсмического районирования территории Кыргызской Республики в баллах и пиковых ускорениях, которые бы отражали 10 % вероятность возможного превышения в течение 50 лет указанных на них значений сейсмической интенсивности при среднем периоде повторяемости таких сотрясений 500 лет, а также разработать и внести в нормы методику применения данных карт для проектирования зданий и сооружений.

Разработка нового (дополнительного) комплекта карт и разработка методик их совместного применения, подобно нормам России и Казахстана, позволит дифференцированно подойти к значениям расчетных сейсмических нагрузок на определенные типы зданий и сооружений в зависимости от их класса ответственности и функционального назначения.

Литература

1. СН КР 20-02:2018 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования / Госстрой КР. Бишкек, 2018. 131 с.
2. СНиП КР 20-02:2009 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования / Госстрой КР. Бишкек, 2009. 103 с.
3. *Ицков И.Е.* Новые нормы Республики Казахстан по сейсмостойкому строительству. Доклад на форуме «SEISMO 2017» / И.Е. Ицков // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений: тез. докл. М., 2017. Вып. № 4 (30). С. 121–123.
4. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* / Минстрой России. М.: Стандартинформ, 2018. 122 с.
5. СП РК 2.03-30-2017 Строительство в сейсмических районах (зонах) Республики Казахстан / Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан. Астана, 2017. 110 с.