**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН**

М.Н. Убайдуллоев; О. Убайдуллоев; Н. Убайдуллоева; Л. Насруллаев (1)

(1) СамГАСИ, г. Самарканд, Республика Узбекистан, [hodja2002@mail.ru](mailto:hodja2002@mail.ru)

*Аннотация. Бул макалада КМК 2.01.03-19 «Сейсмикалык аймактарда курулуш» боюнча сейсмикалык таасирлерди эске алуу менен Өзбекстан Республикасындагы имараттарды жана курулмаларды эсептөө методологиясы талданат. Бул нормалардын айрым кемчиликтери белгиленип, аларды андан ары оңдоо боюнча сунуштар берилген.*

*Аннотация: В настоящей статье проанализирована методика расчета зданий и сооружений в Республике Узбекистан с учетом сейсмических воздействий по КМК 2.01.03-19 «Строительство в сейсмических районах». Отмечены некоторые недостатки этих норм и даны предложения по их дальнейшей корректировке.*

***Abstract.*** *The present paper analyses the methodology for calculating buildings and structures in the Republic of Uzbekistan, taking into account seismic effects according to KMK 2.01.03-19 "Construction in seismic regions". Some shortcomings of these norms are noted and proposals are made for their further adjustment.*

**Введение.** С 1 марта 2020 года на территории Республики Узбекистан взамен КМК 2.01.03-96 [1], введено в действие КМК 2.01.03-19 [3], устанавливающее требования к проектированию, строительству, усилению и восстановлению новых и реконструируемых зданий (сооружений) в районах сейсмичностью 7, 8, 9 и более 9 баллов, с учетом природно-климатических условий данного региона. Наряду с объектами массовой застройки, требования КМК распространились и на новые конструктивные системы, которые не рассматривались ранее.

В результате решения многих задач выявлены как достоинства, так инекоторые недостатки методики расчета спектральным методом по КМК 2.01.03-19 [3].

**Достоинствами** КМК 2.01.03-19 являются:

- Учтены особенности и разработана методика проектирования зданий и сооружений в Республике Узбекистан для районов сейсмичностью >9 (при грунтах третьей категории по сейсмическим свойствам в 9-балльной зоне) и 9\* баллов (в зоне возможного возникновения очагов землетрясений);

- Разработана методика расчета уникальных зданий (сооружений) высотой более 40 м, а также объектов массового строительства высотой до 40 м динамическим методом (при участии научно-исследовательской организации, специализирующейся в области сейсмостойкого строительства);

- Учтена возможность учета разной степени ответственности элементов за переход зданий (сооружений) в предельное состояние, что позволило существенно повысить экономическую эффективность строительства.

Некоторыми **недостатками** КМК 2.01.03-19 являются:

- В соответствии с п. 2.21 КМК 2.01.03-19, при расчете зданий (сооружений) по п. 2.6б, для проверки ненаступления предельного состояния ПС-1, расчетные усилия в элементах конструктивной системы от особого сочетания нагрузок с учетом сейсмических сил вычисляются по формуле (2.8). При учете перед подкоренным выражением формулы (2.8) пониженных коэффициентов редукции ***r*** - принимается в расчет предпосылка, в соответствии с которой усилия в элементах вычисляются по соответствующим усилиям упругой системы путем введения к ним различных коэффициентов редукции (уменьшения), величины которых нормируются в зависимости от вида конструктивной системы, материала, ответственности элементов за переход системы в предельное состояние. Отличающаяся методика расчета, связанная с учетом коэффициента редукции в формуле (2.8), а не в формулах (2.3-2.4) КМК 2.01.03-19, не позволяет в полной мере сопоставлять получаемые результаты с нормативными документами других стран и не позволяет увязать воедино методику проектирования сооружений в сейсмических районах и в самом КМК 2.01.03-19 (раздел 4 – использует методику бывшего СССР лишь с некоторыми поправками).

Проанализируем результаты расчетов какого-либо здания (сооружения) с использованием методики расчета по КМК 2.01.03-19 [3], по СНиП 2.7-81\* (СССР) [4] и СП 14.13330.2014 (Россия) [5]. Приведем для примера результаты расчета поперечной железобетонной рамы однопролетного 4-х этажного здания (пролет 6 м, высота 12,0 м, высота каждого этажа 3,0 м, сечение колонн и ригелей 400х400 мм, бетон класса В30 с модулем упругости *Еb* = 33,1·103 МПа), при действии горизонтальной сейсмической нагрузки соответствующей сейсмичности площадки 9 баллов и грунтах 2 категории по сейсмическим свойствам, с весом этажа здания, отнесенного к точке «*к»* – *Qк* = 50,0 т.

Для учета сейсмической нагрузки по формулам (2.3 и 2.4) КМК 2.01.03-19 принимались следуюшие значения коэффициентов: **α** = 1; **Кp** = 1; **Ко** = 1; **Кэт** = 1; **Кп** = 1; **Кδ** = 1,0 при **δ** = 0,3; **Wi** = 0,48 при Т1 = 0,9852 сек; ***η1к*** = 1,278495, например, для первой формы собственных колебаний [3]. По СНиП 2-7-81\*[4] приняты следующие значения коэффициентов к формулам (1 и 2): **К1** = 0,25; **К2** = 1,0; **Кψ** = 1,0; **А** = 0,4 - при 9 баллах; **βi** = 1,1/Т1 = 1,1/0,9852 = 1,1165; **η1к** = 1,278495. По СП 14.13330.2014 [5] приняты следующие значения коэффициентов к формулам (1 и 2): **К0**= 1,0; **К1** = 0,35 (при расчете деформаций значение К1= 1,0 – см. примечание 2 к табл. 4); **Кψ** = 1,3; **А**= 4 м/с2- ускорение на уровне основания при 9 баллах; **βI**= 2,5(0,4/*Т1*)0,5- коэффициент динамичности при *Тi* > 0,4 с; **η1кj** = 1,278495.

Сочетания усилий по КМК определялись для нескольких вариантов:

- По существующей стандартной методике, при коэффициентах *μ* и *r* соответствующих разной степени ответственности элементов рамы в формуле (2.8); при коэффициентах *μ* и *r* соответствующих одинаковой для всех элементов рамы ответственности элементов в формуле (2.8) - при ***μ***= 5, или ***μ*** = 7,5.

- Рассматривались варианты задания коэффициентов ***μ*** = ***r*** = 1 по формуле (2.8), при одновременном задании поправочного коэффициента, равного ***Кr*** в формуле (2.4), соответствующего разной ответственности элементов рамы - отдельно для более и менее ответственных элементов (при повторном расчете).

- Разная ответственность элементов за переход здания в предельное состояние учитывалась также путем обоснованного изменения жесткостных параметров (модуля деформаций) по всей длине элементов. Рассматривались также варианты задания в колоннах и ригелях участков пониженной жесткости на длине (1,5…2)*h*, где *h* = 400 мм (размер сечения ригеля или колонны), путем снижения модуля упругости – пропорционально снижению коэффициентов редукции на участках элементов примыкающих к узлам, отдельно в ригелях, колоннах, или одновременно – в колоннах и ригелях.

Установлено, что при одновременном задании разных значений ***μ*** для элементов с разной ответственностью **по методике КМК**, сочетания усилий в рассматриваемых сечениях элементов примыкающих к узлам получаются неуравновешенными, например, в верхнем узле в колонне в сечении 4-2, М = ±97,34 кН⋅м, а в примыкающем ригеле в сечении 12-1, М = ±74,19 кН⋅м. В случае задания одинаковых значений ***μ*** для всех элементов при повторном расчете (отдельно для элементов с большей ответственностью и с меньшей ответственностью), сочетания усилий в рассматриваемых сечениях элементов примыкающих к узлам получаются уравновешенными. Например, при расчете по **предлагаемому методу КМК**, при использовании коэффициента *Кr* = 0,2892 (что соответствует *μ* = 5) в формуле (3) и принимая одинаковые значения *μ* = *r* = 1 для всех элементов в формуле (2.8), сочетания усилий в рассматриваемых сечениях элементов примыкающих к узлам получаются уравновешенными, например, в верхнем узле в колонне в сечении 4-2, М= ±97,34 кН⋅м, и в примыкающем ригеле в сечении 12-1, М = ±97,34 кН⋅м.

При анализе вариантов задания в колоннах и ригелях участков пониженной жесткости на длине (1,5…2)h, где h = 400 мм – размер сечения ригеля или колонны, путем снижения модуля упругости – пропорционально снижению коэффициентов редукции на участках элементов примыкающих к узлам, отдельно в ригелях, колоннах, и одновременно – в колоннах и ригелях, установлено, что во всех случаях происходит перераспределение сочетаний усилий [6,7]. Но в сечениях элементов, примыкающих к узлам, сочетания усилий остаются в равновесии. Так, при незначительном снижении жесткости ригелей, изгибающие моменты в колоннах практически не изменились по сравнению с данными расчета по методике КМК, а моменты в ригелях даже увеличились (а не уменьшились) по сравнению с результатами расчета по методике КМК, и незначительно увеличились перемещения каркаса и перекосы этажей в упругой стадии, составившие 153,44 мм > 147,76 мм. При дальнейшем снижении жесткости участков ригелей и колонн резко уменьшаются сочетания усилий в ригелях и колоннах, оставаясь уравновешенными в узлах, но при этом резко увеличиваются перемещения каркаса и перекосы этажей, составившие 234,9 мм, увеличиваются и периоды колебаний. Аналогично перераспределяются продольные и поперечные силы. Интересно отметить, что при сопоставлении результатов расчета по нормам России, отмечено существенное увеличение сочетаний усилий в элементах рамы, рассчитанных по СП 14.13330-2014 [5] - перемещения верха каркаса в упругой стадии равны 255,33 мм - больше чем по СНиП 2.7-81 [4] и по КМК 2.01.03-19 [3].

По результатам расчетов установлено, что полученные значения **усилий** от сейсмической нагрузки в сечениях элементов, примыкающих к узлам, в предположении упругого деформирования конструкций по СНиП и СП – находятся в равновесии [6,7].

**Выводы:** Используемая стандартная методика определения сейсмических нагрузок и сочетаний усилий в сечениях элементов с учетом разной степени их ответственности за переход зданий (сооружений) в предельное состояние по КМК 2.01.03-19 [3], может приводить к нарушению равновесия сочетаний усилий в рассматриваемых сечениях элементов примыкающих к узлам, что не соответствует известным правилам строительной механики.

- Методика определения сейсмических нагрузок и сочетаний усилий, при которой для всех элементов задается ***μ*** и ***r***, с учетом пониженной жесткости в отдельных элементах, например, обоснованным снижением их модуля упругости (с учетом предполагаемой разной ответственности элементов за переход здания в предельное состояние), дает возможность учесть перераспределение усилий при появлении дефектов в каких либо элементах, и позволяет избавиться от основного недостатка КМК 2.01.03-19 [3] – отсутствия равновесия сочетаний усилий в рассматриваемых сечениях элементов примыкающих к узлам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*1. ҚМҚ 2.01.03-96. Строительство в сейсмических районах /Госкомархитекстрой РУз.- Тошкент, 1996. –127 с. (узб.яз.-1…87 с.; рус яз.–89…175 с.).*

*2. Изменение №2 к КМК 2.03.01-96 “Строительство в сейсмических районах” с пояснительной запиской [Текст] / Ш.А. Хакимов, А.А. Нугманов, Б.Б. Хаитбаев, Б.С. Нуртаев, Ш.Т. Абдукамилов, М.Н. Убайдуллоев, Г.С. Стриго // Научно-исследовательский проектно-изыскательский интитут жилищно-гражданского строительства АО “TOSHUYJOYLITI”, Ташкент, 2019.- 48 c.*

*3. ҚМҚ 2.01.03-19. Строительство в сейсмических районах / Минстрой РУз.- Тошкент, 2019. –223 с. (узб.яз.-3…123 с.; рус яз.–124…228с.).*

*4. СНиП 2-7-81\*. Строительство в сейсмических районах.- М.: Стройиздат, 1982-48 с.*

*5. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах (к СНиП П-7-81\*)/ Минстрой России. – М.: 2014. –131 с.*

*6. Убайдуллоев М.Н. Практический подход к расчету и проектированию зданий (сооружений) с учетом сейсмических нагрузок по нормам Узбекистана КМК 2.01.03-19 [Текст] / М.Н. Убайдуллоев, О. Убайдуллоев, Н.Убайдуллоева // Научно-технический журнал «Проблемы архитектуры и строительства», №4/2020 г., Самарканд, 2020. – 134…138 с.*

*7. Убайдуллоев М.Н. Расчет и проектирования зданий (сооружений) с учетом сейсмических нагрузок по КМК 2.01.03-19 [Текст] / М. Н. Убайдуллоев, О. Убайдуллоев, Н. Убайдуллоева, М. С. Садыков, Л. Насруллаев // Научно-технический журнал «Проблемы архитектуры и строительства», №3 / 2021 г., Самарканд, 2021. – 74…78 с.*