

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

Убайдуллоев М.Н., Убайдуллоев О., Убайдуллоева Н., Насруллаев Л.

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

*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.

## УЗБЕКИСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАГЫ СЕЙСМИКАЛЫК ТААСЕРДИ ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ИМАРАТТАРДЫН ЖАНА КУРУЛУШТАРДЫН ДОЛБООРУ

Убайдуллоев М.Н., Убайдуллоев О., Убайдуллоева Н., Насруллаев Л.

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

## DESIGN OF BUILDINGS AND STRUCTURES TAKING INTO ACCOUNT SEISMIC IMPACTS IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Ubaidulloev M.N., Ubaidulloev O., Ubaidulloeva N., Nasrullaev L.

*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 и некоторые 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 не наступления 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  $E_b = 33,1 \cdot 10^3$  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» –  $Q_k = 50,0$  т.

Для учета сейсмической нагрузки по формулам (2.3 и 2.4) КМК 2.01.03-19 принимались следующие значения коэффициентов:  $\alpha = 1$ ;  $K_p = 1$ ;  $K_o = 1$ ;  $K_{зг} = 1$ ;  $K_{н} =$

1;  $K_{\delta} = 1,0$  при  $\delta = 0,3$ ;  $W_i = 0,48$  при  $T_1 = 0,9852$  сек;  $\eta_{1k} = 1,278495$ , например, для первой формы собственных колебаний [3]. По СНиП 2-7-81\*[4] приняты следующие значения коэффициентов к формулам (1 и 2):  $K_1 = 0,25$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_{\psi} = 1,0$ ;  $A = 0,4$  - при 9 баллах;  $\beta_i = 1,1/T_1 = 1,1/0,9852 = 1,1165$ ;  $\eta_{1k} = 1,278495$ . По СП 14.13330.2014 [5] приняты следующие значения коэффициентов к формулам (1 и 2):  $K_0 = 1,0$ ;  $K_1 = 0,35$  (при расчете деформаций значение  $K_1 = 1,0$  – см. примечание 2 к табл. 4);  $K_{\psi} = 1,3$ ;  $A = 4 \text{ м/с}^2$ - ускорение на уровне основания при 9 баллах;  $\beta_I = 2,5(0,4/T_1)^{0,5}$ - коэффициент динамичности при  $T_i > 0,4 \text{ с}$ ;  $\eta_{1k}^j = 1,278495$ .

Сочетания усилий по КМК определялись для нескольких вариантов:

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

- Рассматривались варианты задания коэффициентов  $\mu = r = 1$  по формуле (2.8), при одновременном задании поправочного коэффициента, равного  $K_r$  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  $(1,5 \dots 2)h$ , где  $h = 400 \text{ мм}$  (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  $\mu$  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,  $M = \pm 97,34 \text{ кН}\cdot\text{м}$ , а в примыкающем ригеле в сечении 12-1,  $M = \pm 74,19 \text{ кН}\cdot\text{м}$ . В случае задания одинаковых значений  $\mu$  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  $K_r = 0,2892$  (что соответствует  $\mu = 5$ ) в формуле (3) и

принимая одинаковые значения  $\mu = r = 1$  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,  $M = \pm 97,34$  кН·м, и в примыкающем ригеле в сечении 12-1,  $M = \pm 97,34$  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  $\mu$  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. ҚМК 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 институт жилищно-гражданского строительства АО “TOSHUYJOYLITI”, Ташкент, 2019.- 48 с.*
3. ҚМК 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.*