

**О НЕКОРРЕКТНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЯ
РАСЧЕТА НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПО СНИП РК 2.03-30-2006 (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО
СНИП КР 20-02:2009 (КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА)**

Ю.Д. Гераймович ⁽¹⁾, А.В. Колесников ⁽¹⁾, М.М. Амирханов ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ООО "ЛИРА софт", support@lira-soft.com

***Аннотация:** В Кыргызской Республике на сегодняшний день сложилась следующая ошибочная практика проектирования сейсмостойких зданий и сооружений по СНиП КР 20-02:2009: проектировщик использует расчетный модуль в ПК ЛИРА 9.6, предназначенный для проектирования в Республике Казахстан - СНиП РК 2.03-30-2006 путем «умножения» сейсмической силы на некий коэффициент, зависящий от различных факторов, включающих коэффициент динамичности. Дело в том, что в казахстанском документе график динамичности един для горизонтальных и вертикальной составляющих форм колебаний, в то время как в документе Кыргызской Республики эти графики разные. Поэтому, применять один коэффициент преобразования «от одних норм к другим» некорректно. В докладе подробно рассматривается принципиальная разница в нормативных документах и показывается, почему нельзя использовать такую практику подмены нормативных документов.*

**ABOUT THE INCORRECTNESS OF USING THE CALCULATION MODULE
FOR SEISMIC EFFECTS IN ACCORDANCE WITH SEISMIC DESIGN CODE
RK 2.03-30-2006 (REPUBLIC OF KAZAKHSTAN)
IN THE DESIGN OF BUILDINGS AND STRUCTURES FOR
SEISMIC DESIGN CODE KR 20-02:2009 (KYRGYZ REPUBLIC)**

Y.D. Geraimovich ⁽¹⁾, A.V. Kolesnikov ⁽¹⁾, M.M. Amirkhanov ⁽¹⁾

⁽¹⁾ LLC "LIRA soft", support@lira-soft.com

***Abstract:** In the Kyrgyz Republic, up today, the following erroneous practice for designing earthquake-proof buildings and structures in accordance with Seismic Design Code KR 20-02:2009 has been developed: structural engineer is using the calculation module in LIRA 9.6, designed and considered for designing for the Republic of Kazakhstan – Seismic Design Code RK 2.03-30-2006 by “multiplying” of the seismic force to a certain coefficient, which depends on various factors, including dynamic factor. The fact is that in the Kazakhstan document, the dynamic graph is the same for horizontal and vertical mode shape components, but in the Kyrgyz Republic document, these graphs are different. Therefore, it is incorrect to apply conversion coefficient “from one norm to others”. The present report in detail describes the fundamental difference in normative-regulatory documents and present why this practice cannot be used for substituting normative-regulatory documents.*

Для полноты картины, рассмотрим все отличия рассматриваемых документов, структурированных в сводной таблице:

Таблица 1. Сравнение отличий норм

Республика Казахстан СНиП РК 2.03-30-2006		Кыргызская Республика СНиП КР 20-02:2009	
Описание	Значения	Значения	Описание
<p>Расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} в выбранном направлении, приложенная к точке k и соответствующая i-й форме собственных колебаний здания, определяется по формуле</p> $S_{ik} = K_1 K_2 K_3 S_{0ik},$ <p>где S_{0ik} – сейсмическая сила для i-й формы собственных колебаний здания, определяемая по формуле</p>			
$S_{0ik} = Q_k A \beta_i K_o K_\psi \eta_{ik}$		$S_{0ik} = Q_k A \beta_i K_\psi \eta_{ik}$	
K_1 – коэффициент, учитывающий ответственность, принимаемый по таблице 5.2	0.5; 1.0; 1.2; 1.5	0.5; 1.0; 1.2; 1.5	K_1 – коэффициент, учитывающий степень ответственности здания или сооружения, принимаемый по таблице 5.3
K_2 – коэффициент редукции, учитывающий конструктивные решения здания, принимаемый согласно п. 5.11	Для горизонтальных 0.2; 0.25; 0.3; 0.35; 0.4; 0.5 Для вертикальных 0.3	Для горизонтальных и вертикальных 0.2; 0.25; 0.3; 0.35; 0.4; 0.5 Кроме оговоренных в п.п.5.3.5-5.3.7	K_2 – коэффициент редукции, зависящий от особенностей конструктивного решения здания или сооружения, принимаемый по таблице 5.4
K_3 – коэффициент, учитывающий высоту здания, определяемый по формуле $K_3 = 1 + 0,06(p - 5)$, K_{3max} – максимальное значение коэффициента K_3 , принимаемое: для	1.0 – 2.0 $1 \leq K_3 \leq K_{3max}$	1.0-1.8	K_3 – коэффициент, учитывающий высоту здания или сооружения, определяемый по формуле $K_3 = 1 + 0,06(p - 5)$, $1 \leq K_3 \leq 1$,

зданий стеновых, каркасно-стеновых и рамно-связевых конструктивных систем – 1.8, для зданий других конструктивных систем (в т.ч. рамных и связевых) – 2.0			
---	--	--	--

A – коэффициент сейсмичности, принимаемый по табл. 5.5

A – коэффициент сейсмичности, значения которого следует принимать по табл. 5.5

Коэффициенты сейсмичности	Значения коэффициентов A_r и A_b при сейсмичности района строительства (в баллах)			
	7	8	9	10
A_r	0,125	0,25	0,5	
A_b	0,08	0,18	0,4	

Коэффициент сейсмичности	При сейсмичности площадки строительства (в баллах)			
	7	8	9	более 9
A_r	0,1	0,2	0,4	0,7
A_b	0,07	0,15	0,35	0,7

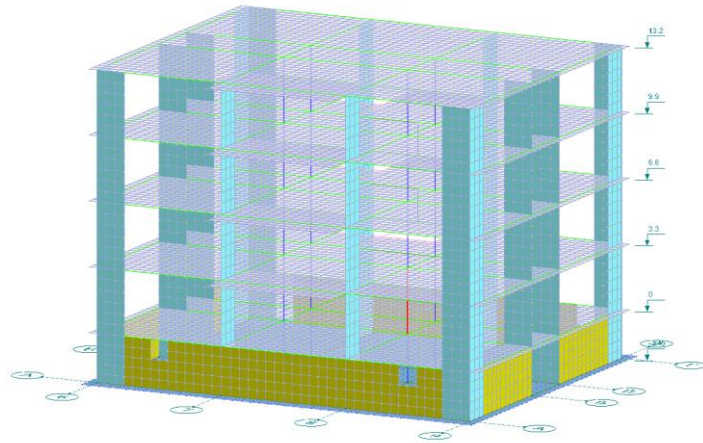
β_i – коэффициент динамичности, соответствующий i -й форме собственных колебаний здания, принимаемый согласно п.п.5.12 или 5.13

β_i – коэффициент динамичности, соответствующий i -й форме собственных колебаний здания, принимаемый согласно 5.3.2 настоящих норм

Категория грунтов по сейсмическим свойствам	Участок графика (периоды T , с)	Значение β или формула для участка	Категория грунтов по сейсмическим свойствам	Участок графика (периоды T , с)	Значение β или формула для участка
I	от 0.00с до 0.48с	2.5	I _A	от 0.00с до 0.4с	2.5
	от 0.48с до 1.50с	1.2/ T		от 0.4с до 1.50с	1/ T
	Более 1.50с	0.8		Более 1.50с	0.8
II	от 0.00с до 0.72с	2.5	I _Б	от 0.00с до 0.48с	2.5
	от 0.72с до 1.80с	1.8/ T		от 0.48с до 1.50с	1.2/ T
	Более 1.80с	1.0		Более 1.50с	0.8
			II	от 0.00с до 0.72с	2.5
				от 0.72с до 1.80с	1.8/ T
				Более 1.80с	1.0

III	от 0.00с до 0.96с от 0.96с до 2.00с более 2.00с	2.5 2.4/T 1.2	III	от 0.00с до 0.96с от 0.96с до 2.00с более 2.00с	2.5 2.4/T 1.2																								
Коэффициент динамичности для вертикальных расчетных сейсмических нагрузок		Участок графика (периоды T , с)	Значение β или формула для участка																										
		от 0.00с до 0.1936с от 0.1936с до 3.3611с Более 3.3611с	2.5 ОТСУТСТВУЕТ $1.1/\sqrt{T}$ 0.6																										
K_o – коэффициент, учитывающий грунтовые условия площадки строительства, принимаемый по табл. 5.6			ОТСУТСТВУЕТ																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Категория грунта площадки строительства</th> <th colspan="4">Значения коэффициента K при сейсмичности района строительства (в Баллах)</th> </tr> <tr> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>0.5</td> <td>0.7</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>1.6</td> <td>1.4</td> <td>1.2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Категория грунта площадки строительства	Значения коэффициента K при сейсмичности района строительства (в Баллах)				7	8	9	10	I	0.5	0.7	1.0	1.0	II	1.0	1.0	1.0	1.0	III	1.6	1.4	1.2			ОТСУТСТВУЕТ		
Категория грунта площадки строительства	Значения коэффициента K при сейсмичности района строительства (в Баллах)																												
	7	8	9	10																									
I	0.5	0.7	1.0	1.0																									
II	1.0	1.0	1.0	1.0																									
III	1.6	1.4	1.2																										
K_{ψ} – коэффициент, учитывающий способность здания к рассеиванию энергии колебаний, принимаемый по таблице 5.7		1.0; 1.2	1.0; 1.3		K_{ψ} – коэффициент, учитывающий способность здания и сооружения к рассеиванию энергии, принимаемый по таблице 5.6																								

Рассмотрим численный пример



В седьмом загрузении задано сейсмическое воздействие по оси X по нормам Кыргызской Республики со следующими параметрами

Параметры частичной проблемы собственных значений												
Количество форм	100	Матрица масс	Согласованная									
Выберите расчетный модуль												
(58) Сейсмическое воздействие по СНиП КР 20-02:2009 (Кыргызская республика)												
Параметры сейсмического воздействия по СНиП КР 20-02:2009 (Кыргызская Республика)												
Тип сооружения		Жилые, общественные	К _ψ = 1.0 - здания, не у*									
Категория грунта		III категория										
Сейсмичность площадки строительства		> 9 баллов	<input type="checkbox"/> Учет вертикальной составляющей согласно п.5.3.5 <input type="checkbox"/> Принять произведение коэффициента динамичности на коэффициент, зависящий от формы равным 5.0 <input type="checkbox"/> Учет крутильной сейсмической нагрузки (приложение E)									
Количество этажей в сооружении		4	Аппликата контура опорной системы здания -2.45									
Коэффициент, учитывающий степень ответственности здания или сооружения, принимаемый по табл. 5.3		K1 = 1.0 - жилые, общ	Меньший размер сооружения в плане 16.6									
Коэффициент редукиции, зависящий от особенностей конструктивного решения здания или сооружения, принимаемый по табл. 5.4		K2 = 0.25 - каркасные	<input type="checkbox"/> Автоматический учет опасного направления сейсмического воздействия									
Направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в ГСК												
CX	1	CY	0									
		CZ	0									
$CX \cdot CX + CY \cdot CY + CZ \cdot CZ = 1$												
Формирование матрицы масс для текущего динамического нагружения												
<input checked="" type="radio"/> Из загрузки <input type="radio"/> Из плотности элементов		Преобразование статических нагрузок в массы	Коэффициент преобразования: 1									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Имя загрузки</th> <th>Коэффициент преобразования</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. постоянное (собственный вес)</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>2. постоянное (стены_перег_лестн.)</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>3. постоянное (полы_крыша)</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>4. длительное (полезное)</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table>		Имя загрузки	Коэффициент преобразования	1. постоянное (собственный вес)	0.9	2. постоянное (стены_перег_лестн.)	0.9	3. постоянное (полы_крыша)	0.9	4. длительное (полезное)	0.8	<input type="button" value="Добавить"/> <input type="button" value="Изменить"/> <input type="button" value="Удалить"/>
Имя загрузки	Коэффициент преобразования											
1. постоянное (собственный вес)	0.9											
2. постоянное (стены_перег_лестн.)	0.9											
3. постоянное (полы_крыша)	0.9											
4. длительное (полезное)	0.8											

В десятом загрузении задано сейсмическое воздействие по оси X по нормам Республики Казахстан со следующими параметрами

Параметры частичной проблемы собственных значений

Количество форм	100	Матрица масс	Согласованная
-----------------	-----	--------------	---------------

Выберите расчетный модуль: (43) Сейсмическое воздействие по СНиП РК 2.03-30-2006 (Казахстан)

Параметры сейсмического воздействия по СНиП РК 2.03-30-2006 (Казахстан)

Поправочный коэффициент к инерционным силам: 1	Коэффициент редукции, учитывающий конструктивные решения здания, принимаемый по табл. 5.3 и 5.4: 0.25	
Категория грунта: III категория	Коэффициент, учитывающий высоту зданий, принимаемый по формуле 5.3: 1	
Сейсмичность площадки строительства: 10 баллов	Коэффициент, учитывающий способность здания к рассеиванию энергии колебаний по табл. 5.7: К _ш = 1.00 - здания и соск	
Коэффициент ответственности сооружений, принимаемый по табл. 5.2: К1 = 1.00 - здания и со	Коэффициент, учитывающий грунтовые условия площадки строительства, принимаемый по табл. 5.6: 1	

Направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в ГСК

CX: 1	CY: 0	CZ: 0	CX ² +CX + CY ² +CY + CZ ² +CZ = 1
-------	-------	-------	---

Формирование матрицы масс для текущего динамического нагружения

Из нагружения Преобразование статических нагрузок в массы Коэффициент преобразования: 1

Из плотности элементов

Имя нагружения	Коэффициент преобразования
1. постоянное (собственный вес)	0.9
2. постоянное (стены_перег_лестн.)	0.9
3. постоянное (полы_крыша)	0.9
4. длительное (полезное)	0.8

Добавить Изменить Удалить

Хотелось бы заметить, что сравнивать усилия от сейсмических воздействий по нормативным документам Кыргызской Республики и Республике Казахстан в корне неверно. Сравнивать можно инерционные нагрузки, т. к. это те величины, вычисление которых оговорено в нормативных документах. Можно предположить, что для некоторых простых расчетных схем такое сравнение допустимо, чего нельзя сказать про все расчетные схемы.

Для выделенного стержневого элемента для верхнего узла и нижнего сечения по первой форме собственных колебаний выведем инерционные силы и полученные значения усилий.

Таблица 1 - Инерционные силы в ЛСК

Номер	Инерционные силы X (тс)	Инерционные силы Y (тс)	Инерционные силы Z (тс)	Загружение	Составляющая
7409	0.40562	0.0088408	0.0046367	7 (Кыргызстан)	1
7409	0.46356	0.010104	0.0036589	10 (Казахстан)	1

Таблица 2 - Усилия в стержневых элементах

Номер	Н С	N (тс)	Mx (тс*м)	My (тс*м)	Qz (тс)	Mz (тс*м)	Qy (тс)	Загружение	Составляющая
3940	1	-4.252	0.059	-25.935	13.977	-0.686	-0.375	7 (Кыргызстан)	1
3940	1	-4.781	0.068	-29.631	15.97	-0.783	-0.428	10 (Казахстан)	1

Для горизонтальных сейсмических нагрузок это отношение коэффициента сейсмичности Кыргызской Республики к Республике Казахстан $0.7/0.8=0.875$, выполняемое для инерционных сил по X и Y.

В случае с инерционной силой по Z это отношение сложнее т.к. для вертикальных сейсмических нагрузок в нормах Республике Казахстан используется другой график коэффициента динамичности и принимается $K_2 = 0.3$. Коэффициент динамичности для вертикальной сейсмической нагрузки в нормах Кыргызской Республики равен 2.5 для периода 0.44769, а в нормах Республики Казахстан коэффициент динамичности равен 1.641972839, тогда отношение будет иметь вид $(0.25*2.5)/(0.3*1.641972839)= 1.2687989$. Полученные отношения соответствуют значениям из таблицы 1, а в усилиях отношение продольных сил отличается от этих значений.

Выводы

1. Ввиду наличия двух графиков динамичности для горизонтальных и вертикальной составляющих форм колебаний в нормах Кыргызской Республики и одного единого графика в нормах Казахстана, невозможно применить один переходной коэффициент, как это делается некоторыми проектировщиками Кыргызской Республики.

2. Отношение коэффициента сейсмичности Кыргызской Республики к Республике Казахстан

Коэффициент сейсмичности	При сейсмичности площадки строительства (в баллах)			
	7	8	9	более 9 (10)
A_2	0.8	0.8	0.8	0.875
A_6	0.875	0.8333333333	0.875	1.0

3. Для категорий грунта по сейсмическим свойствам отличного от II категории коррективы вносит коэффициент K_o .

4. Коррективы может внести коэффициент K_{ψ} , учитывающий способность здания к рассеиванию энергии.

5. Коррективы может внести учет пространственного характера внешних сейсмических воздействий для Кыргызской Республики (приложение E), который отсутствует в нормах Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СНиП КР 20-02:2009

2. *СНУП РК 2.03-30-2006*