

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 539.3

Юсупов А. К., Абакаров М. А.

ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ РАБОТЫ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СТЕН СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ

Jusupov A. K., Abakarov M. A.

NUMERICAL EXPERIMENTS OF WORK OF KINEMATIC WALLS OF ASEISMIC BUILDINGS

Сейсмически активные районы Земли каждым годом застраиваются всё больше и больше, а землетрясения приносят большой материальный и моральный ущерб.

В результате длительных поисков и исследований нами разработаны кинематические стены, которые обладают хорошими адаптивными (приспосабливающимися) свойствами, и они, вполне приемлемы для практического применения. Как показывают многочисленные исследования, проведённые нами на физических моделях и с применением компьютера, эффективность предлагаемых здесь кинематических конструкций достаточно высока: здесь сейсмические силы меньше в 5, 10, 15 раз, чем в зданиях на обычных фундаментах.

Ключевые слова: кинематические стены, итерация, эквивалентная колонна, экономия.

Seismically active areas of Earth are built up more and more every year, and earthquakes bring big material and moralny damages.

As a result of long searches and researches we developed kinematic walls which possess good adaptive (adapting) properties, and they, are quite acceptable for practical application. As show the numerous researches conducted by us on physical models and with use of the computer, efficiency of kinematic designs offered here is rather high: here seismic forces it is less в 5, 10, 15 times, than in buildings on the usual bases.

Key words: kinematic walls, iteration, equivalent column, economy.

Введение

Землетрясения приносят большой материальный и моральный ущерб. Поэтому учёные, инженеры, проектировщики, строители многих стран разрабатывают новые модели, методы, материалы, конструкции, которые применяются в практике проектирования и строительства сейсмостойких зданий и сооружений.

В результате длительных поисков и исследований нами разработаны кинематические стены, которые обладают хорошими адаптивными (приспосабливающимися) свойствами, и они, на наш взгляд, вполне приемлемы для практического их применения.

Конструктивные схемы рассматриваемых в статье кинематических стен приводятся в работах [1] и [2].

Целью исследования является проведение численных экспериментов на компьютере для анализа работы зданий с кинематическими опорами при сейсмических воздействиях.

1. Расчет здания с кинематическими стенами

Нами был произведен расчет 7 – ми этажного жилого дома с кинематическими стенами на ВК «ЛИРА», рис.1-3.

Проектируемое здание: 7-ми этажный 48-квартирный жилой сейсмостойкий дом с кинематическими стенами. Жилой дом относится к многоэтажным жилым домам секционного типа: стены - кирпичные; перекрытия и покрытия - железобетонные монолитные.

Проект разработан для следующих климатических условий:

- нормативная глубина промерзания грунта – 0.6 м;
- нормативный вес снегового покрова $s_0=1,2$ кПа;
- нормативное значение скоростного напора ветра – 0.6 кПа;
- расчетная температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки – минус 14 °С.

Сейсмичность участка строительства – 9 баллов по 12 балльной шкале.

Ниже приведены результаты расчета рассматриваемого здания и сравнительный анализ с другими видами фундаментов.

Для расчета здания на ВК «ЛИРА» кинематическую опору мы заменяем элементом прямоугольного сечения – «эквивалентной колонной». Способ закрепления «эквивалентной колонны», а также и сама «эквивалентная колонна» показаны на рис. 3.

Сечение «эквивалентной колонны» примем равным 50х50 см, а требуемый модуль упругости этой колонны находим по формуле (1), приведенной в книге [2], стр. 385:

$$E = \frac{2}{9} \times \frac{I^3}{I} \times \frac{1}{\Delta} \left[F\left(\frac{\Delta}{2}\right) + F(y) \right] \quad (1)$$

где:

I – момент инерции «эквивалентной колонны»;

l – высота «эквивалентной колонны», равная высоте панели кинематической опоры;

Δ – максимальное перемещение (амплитудное перемещение) собственных колебаний;

$F(\Delta)$, $F\left(\frac{\Delta}{2}\right)$ - значение реакции при горизонтальном перемещении Δ и $\Delta/2$.

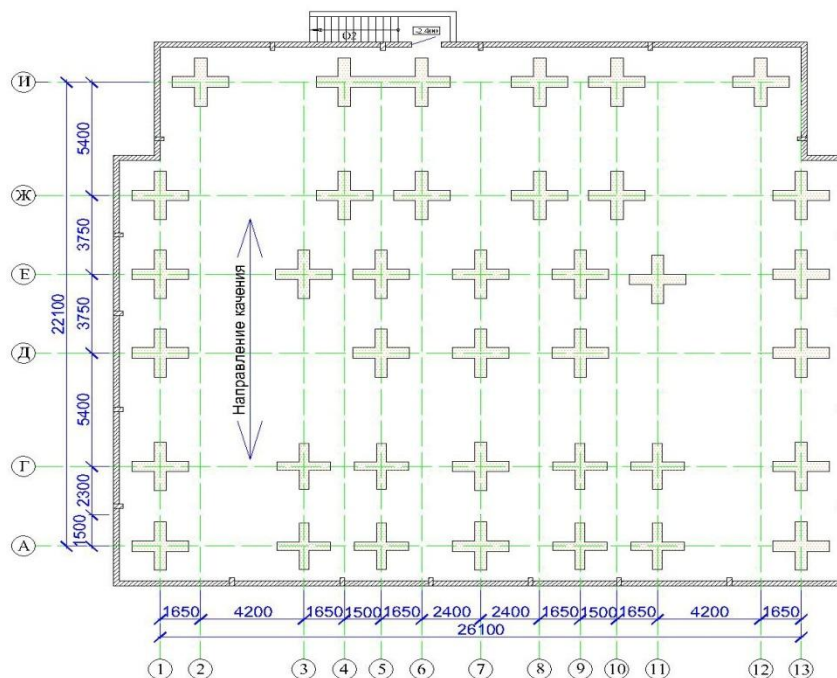


Рисунок 1 - план цокольного этажа

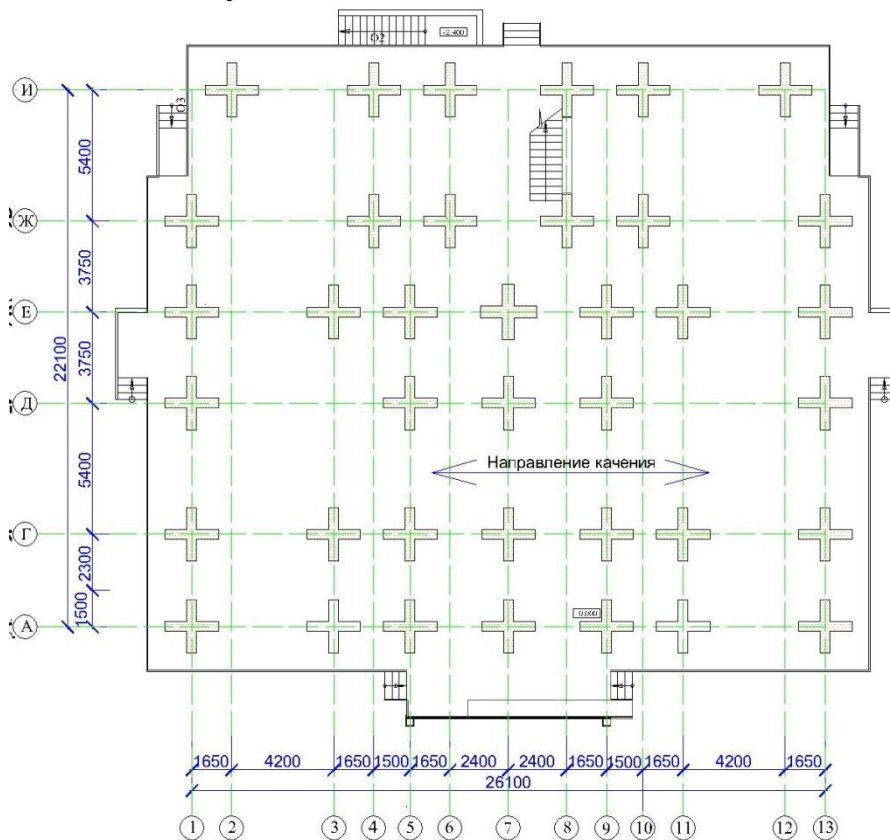


Рисунок 2 - план первого этажа

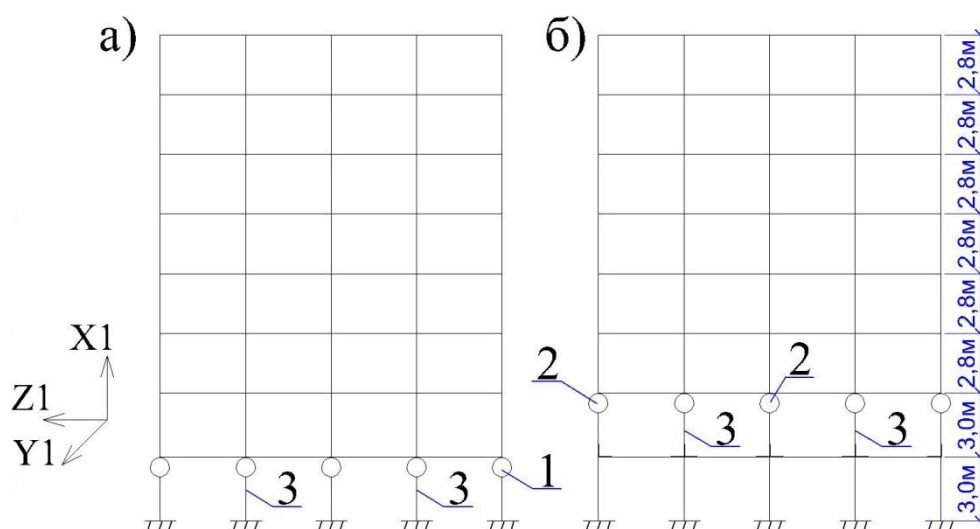


Рисунок 3 - а) расчетная схема здания в продольном направлении; б) расчетная схема здания в поперечном направлении; 1- шарнир вокруг оси Z; 2- шарнир вокруг оси Y1; 3- эквивалентная колонна.

Как видно, значение модуля упругости $E_{экв}$ материала эквивалентной колонны зависит от перемещений Δ . Поэтому, рассматриваемая динамическая задача по определению сейсмических сил и перемещений здания является нелинейной.

Для решения этой задачи применяется итерационный метод. При этом для достижения необходимой точности достаточно выполнить 4 шага итераций.

Для наглядности, результаты итераций представлены в таблице 1.

Таблица 1- Результаты итераций

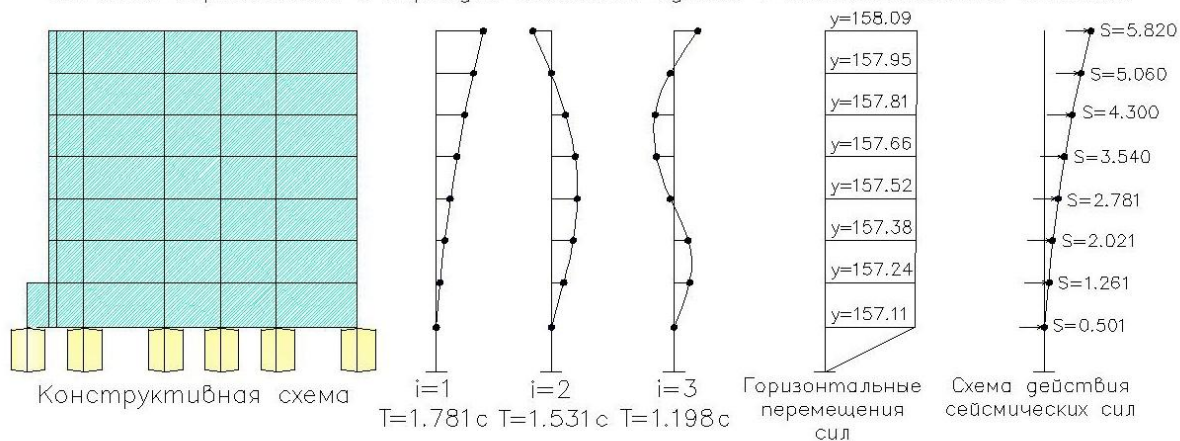
	Входные перемещения	Эквивалентный модуль упругости	Действительные перемещения	Погрешность, %
№ шага	Δ	$E_{экв}$	Δ^*	δ
1	0.146	153829.7	0.162	9.876543
2	0.154	146313.6	0.16	3.75
3	0.157	143051.8	0.159	1.257862
4	0.158	142146.4	0.158	0

На основе множества численных экспериментов работы здания на кинематических опорах нами построены графики и таблицы, показывающие эффективность кинематических стен сейсмостойких зданий.

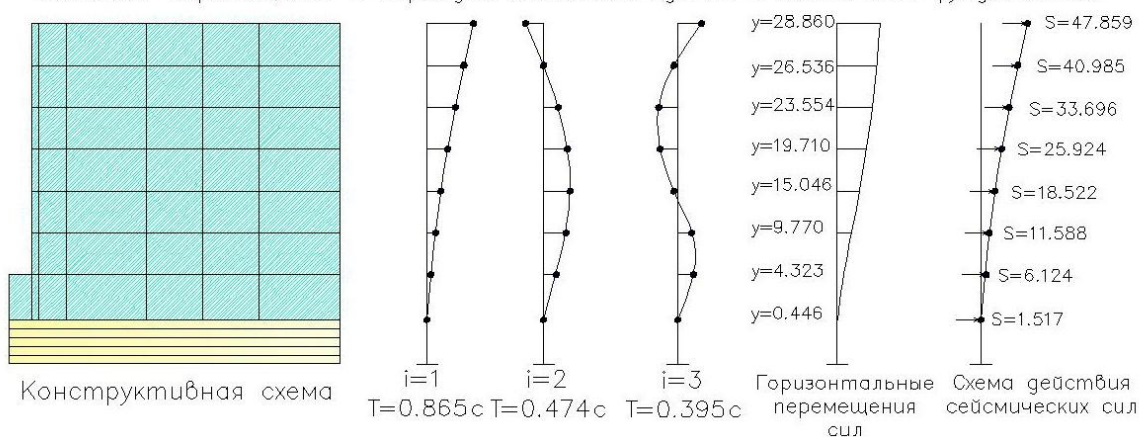
2. Результаты расчета здания в продольном направлении.

Значения перемещений и периодов колебаний зданий в продольном направлении

Значения перемещений и периодов колебаний зданий с кинематическими стенами



Значения перемещений и периодов колебаний зданий с ленточным фундаментом



Значения перемещений и периодов колебаний зданий со столбчатым фундаментом

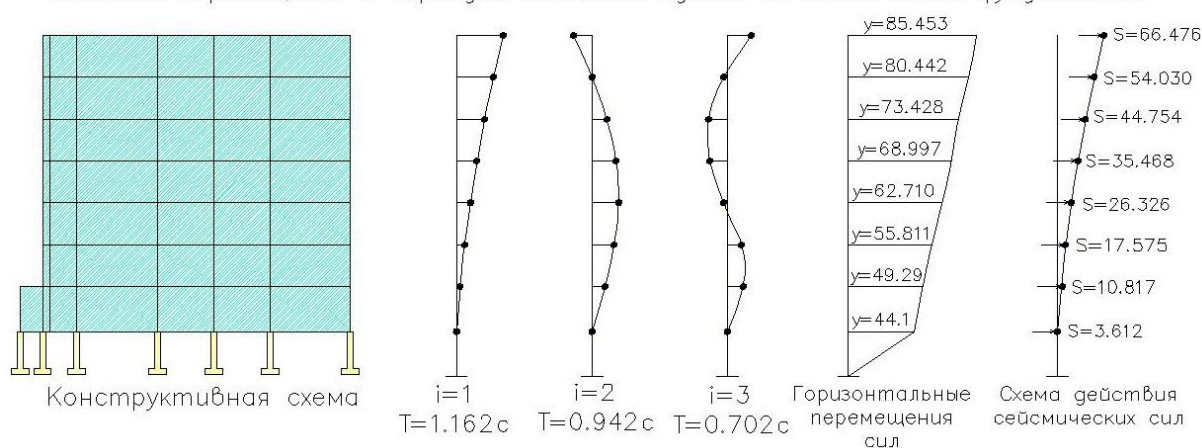


Рисунок 4 - Значения перемещений и периодов колебаний зданий в продольном направлении

3. Результаты расчета здания в поперечном направлении.

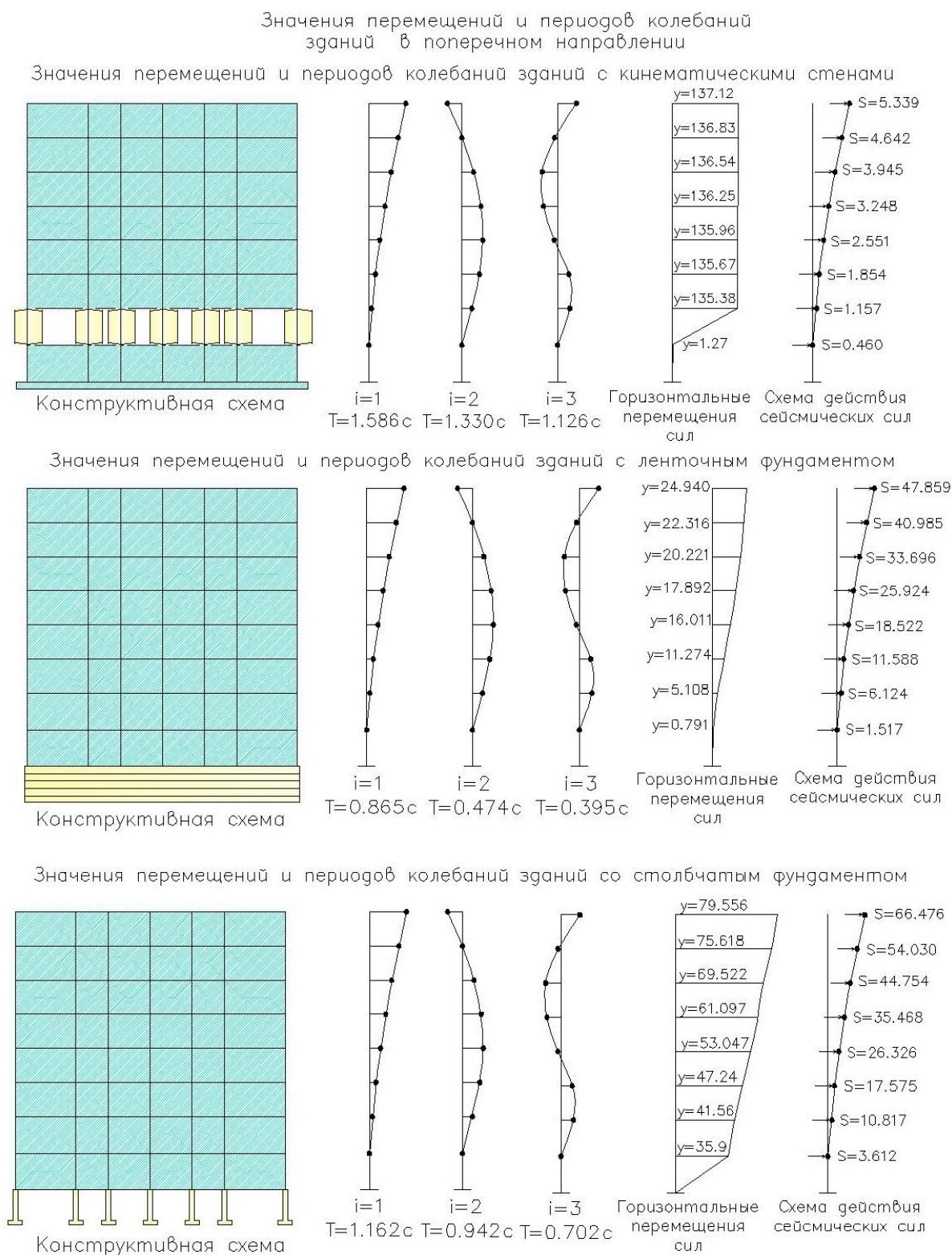


Рисунок 5 - Значения перемещений и периодов колебаний зданий в поперечном направлении

4. Сравнение вариантов по величине сейсмических сил**Таблица – 2** Сравнение вариантов по величине сейсмических сил в поперечном направлении.

Уровень	Виды опор	Периоды, с	Величина сейсмических сил, т	Величина горизонтальных перемещений, мм	Соотношение сейсмических сил
В уровне пола второго этажа	здание с кинематическими стенами	1.586	0.4729	135.38	1
	здание со столбчатым фундаментом	1.082	1.07591	41.558	2.275132163
	здание с ленточным фундаментом	0.371	2.9129	5.108	6.159653204
В уровне наибольшей сейсмической силы	здание с кинематическими стенами	1.586	5.4906	137.12	1
	здание со столбчатым фундаментом	1.082	33.9428	79.556	6.181983754
	здание с ленточным фундаментом	0.371	64.24919	24.94	11.70167013

Таблица 3 –Сравнение вариантов по величине сейсмических сил в продольном направлении

Уровень	Виды опор	Периоды, с	Величина сейсмических сил, т	Величина горизонтальных перемещений, мм	Соотношение сейсмических сил
В уровне пола первого этажа	здание с кинематическими стенами	1.781	0.501	157.11	1
	здание со столбчатым фундаментом	1.162	1.51703	0.446	3.026447
	здание с ленточным фундаментом	0.486	3.612	44.074	7.20584
В уровне наибольшей сейсмической силы	здание с кинематическими стенами	1.781	5.820	158.09	1
	здание со столбчатым фундаментом	1.162	47.859	84.453	8.223202
	здание с ленточным фундаментом	0.486	79.669	28.86	13.68874

Снижение сейсмических сил, действующих на здания с кинематическими стенами, обеспечивается самой структурой конструктивной схемы здания: здания с кинематическими стенами представляют собой низкочастотную систему, которая далека от резонансного состояния, соответствующего частотам землетрясения. Этим и объясняется существенное снижение сейсмических сил.

Целью внедрения кинематических стен является сейсmobезопасности здания и снижение расхода стали. Ниже приведена таблица сравнения расхода стали здания с кинематическими стенами с зданиями со столбчатым и ленточным фундаментами.

Таблица 4 -Сравнение армирования

Тип конструкции	Марка	Расход стали, кг			
		здание с кинематическими стенами	здание со столбчатым фундаментом	здание с ленточным фундаментом	Экономия по арматуре
Ригель	P1	35	47	53	25 ч 34 %
	P5	34	38	51	10.5 ч 33 %
Колонна	KK1	141	166	166	15%
	KC2	166	166	206	19.50%

Заключение

В зданиях с кинематическими стенами сейсмические силы снижаются в 8-13 раз по сравнению со зданиями на столбчатых и ленточных фундаментах.

Расход стали снижается: в колоннах на 15-19%, а в ригелях – 10-34% по сравнению с другими видами фундаментов.

Библиографический список:

1. Юсупов А.К. Вопросы сейсмологии и сейсмозащиты . – Махачкала: Издательство «Лотос», 2006г. 312 с.
2. Юсупов А.К. Проектирование сейсмостойких зданий на кинематических опорах. – Махачкала: Издательство «Лотос», 2006г. 422с.
3. Айзенберг Я. М. «Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов» - Москва: Стройиздат, 1976г. 232 с.
4. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – М.: Стройиздат, 1991 г. 728 с.