DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

НАУКА, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ КЫРГЫЗСТАНА, № 2, 2020

ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

TECHNICAL SCIENCES

Боронбаев Э.К., Холматов К.Н.

ИМАРАТТАРДЫН ТАЛАП КЫЛЫНГАН ЖЕР ТИТИРӨӨГӨ ТУРУКТУУЛУГУНА ЖАНА ЭНЕРГИЯЛЫК НАТЫЙЖАЛУУЛУГУНА ЫЛАЙЫК КАБАТТАРДЫН ОРТОСУНДАГЫ КУРАМАСЫНЫН СЫРТКЫ ДУБАЛ МЕНЕН ЫҢГАЙЛУУ ЖАЛГАШУУСУ

Боронбаев Э.К., Холматов К.Н.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОЕ СОПРЯЖЕНИЕ МЕЖДУЭТАЖНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С НАРУЖНОЙ СТЕНОЙ ПРИ ТРЕБУЕМОЙ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

E.K. Boronbaev, K.N. Kholmatov

ADVISABLE COUPLING OF INTERFLOOR OVELAY WITH THE OUTER WALL AT THE REQUIRED SEISMIC RESISTANCE AND ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

УДК: 699.841: 621.4(045/046)

Кыргызстандын жана Тажикстандын 28 жана 21 эл отурукташкан аймактарындагы имараттардын талап кылынган жер титирөөгө туруктуулугуна жана энергиялык натыйжалуулугуна туура келген кабаттардын ортосундагы курамасынын сырткы дубал менен ынгайлуу жалгашуусу биринчи жолу чечилди. Ушул багытта 7, 8 жана 9 баллдык жер титирөө шарттарына карата сунушталган 40 мм калыңдыктагы минералдык кебез такталар жылуулук көпүрөнүн терс таасирин азайтат жана темир-бетон устундун чорт кесилишинин өлчөмүн 340 х 340 мм кылып алууга шарт түзөт. Көп кырдуу климаттарды мүнөздөгөн үйдүн эсептик жылытуу мезгилине тиешелуу төмөнкү 1282°С · күн (Тажикстандын Яван стациясы) жана жогорку 7834°С · күн (Кыргызстандын Тарагай станциясы) көрсөткүчтөрдү камтыган көптөгөн тоо аймактарга тиешелүү шарттар каралды.

Негизги сөздөр: *аз кабаттуу имарат, жылуулочу катмар, энергия натыйжалуулук, жер титирөөгө туруктуулук, жылуулук көпүрө, сырткы кирпич дубал, темир-бетон каркас.*

Взаимосогласованное решение задачи обеспечения требуемой сейсмостойкости и энергоэффективности малоэтажных жилых зданий позволило впервые рекомендовать целесообразные размеры поперечного сечения железобетонного ригеля, толщины основного и дополнительного слоя теплоизоляции зоны узла сопряжения междуэтажного перекрытия с наружной кирпичной стеной для 28 и 21 населенного пункта, соответственно, Кыргызстана и Таджикистана. При этом толщина дополнительного слоя теплоизоляции в 40 мм позволяет снизить отрицательный тепловой эффект конструктивного теплового моста и принять размеры сечения ригеля в 340 х 340 мм для 7, 8 и 9 бальной сейсмичности мест строительства. Охвачен широкий спектр климатических условий горных регионов, имеющих градусо-сутки расчетного отопительного периода от 1282°С · сут (стации Яван Таджикистана) до 7834°С · сут (станции Тарагай Кыргызстана).

Ключевые слова: *малоэтажное здание, слой теплоизоляции, энергоэффективность, сейсмостойкость, теплозащита, наружная кирпичная стена, железобетонный каркас.*

Advisable coupling of interflow overlay with the outer wall was first time determined to ensure both the required energy efficiency and seismic resistance of low-rise residential buildings. Acceptable cross-sectional dimensions of the reinforced concrete girth rail, the thicknesses of the main and additional layers of mineral wool insulation of the outer wall zone for 28 and 21 populated localities in Kyrgyzstan and Tajikistan are recommended. The additional insulation layer with 40 mm thickness reduces the negative thermal effect of the structural thermal bridge and allows the cross-section dimensions of the reinforced concrete girth rail to be 340 x 340 mm for 7, 8 and 9-point seismic performance of construction sites. A wide range of climatic conditions of mountain regions with a reference degree-days from 1282 °C · day (Yavan station of Tajikistan) to 7834 °C · day (Taragay station of Kyrgyzstan) is covered.

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

Key words: *low-rise building, thermal insulation layer, energy efficiency, seismic resistance, thermal protection, external brick wall, reinforced concrete frame.*

В условиях высокого темпа развития строительной отрасли актуально решение задач обеспечения качества, безопасности и экономичности зданий. Особую заботу вызывает наблюдаемый на практике низкий уровень энергоэффективности и сейсмостойкости гражданских зданий. Малоэтажные жилые дома часто проектируются и строятся с нарушениями строительных норм и правил.

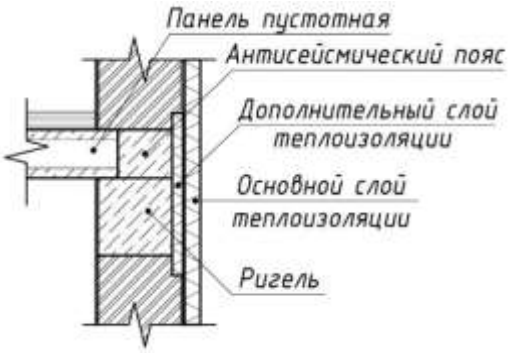
Требуется проектировщикам, строителям и широким слоям населения, включая собственников зданий, рекомендовать простые и доступные способы строительства жилых зданий. Это связано в частности с тем, что в настоящее время темпы развития рынка строительных материалов, особенно теплоизоляционных материалов и изделий, опережают темпы развития местных технологий правильного их применения.

Целесообразно взаимосогласованное обеспечение [1] нормативного уровня, как энергоэффективности, так и сейсмостойкости зданий. Необходимость повышения сейсмостойкости большинства современных зданий за счет устройства железобетонного каркаса приводит к снижению их энергоэффективности. Это наблюдается, в первую очередь, из-за того, что железобетонные включения в наружных ограждениях представляют собой тепловые мосты. Они относится к конструктивным тепловым мостам согласно их классификации, представленной впервые в [2], как конструктивные, архитектурные и эксплуатационные. Наличие всех видов тепловых мостов в наружных стенах вызывает увеличение потерь теплоты зданий [3, 4, 5] и оказывает существенное влияние на условия микроклимата в помещениях [4, 6]. Такое влияние проявляется через значения температур на внутренних поверхностях наружных ограждений в зоне теплового моста, определенных путем компьютерных расчетов [4] и бесконтактными измерениями [7, 8] инфракрасным термометром Fluke 68. При этом тепловой эффект тепловых мостов следует рассматривать с учетом суточной и долгосрочной динамики теплового режима помещений и здания в целом [8, 9].

В настоящей статье рассматривается научно-техническая и практическая задача снижения потерь теплоты через сейсмостойкий конструктивный узел сопряжения междуэтажной многопустотной железобетонной плиты перекрытия с наружной кирпичной стеной.

В большинстве случаях практики железобетонная рама встроена в кирпичную стену и имеет такую же толщину, как и толщина стены (рис. 1а).

а)



б)

Рис. 1. Внешний вид двухэтажного жилого дома (*а*) по адресу: г.Бишкек ул. Рухий-Мурас, дом 30; схема предложенного [1] конструктивного узла сопряжения наружной стены с междуэтажным перекрытием (*б*).

Анализ прочностных показателей, существующих малоэтажных кирпичных зданий, распространенных в Кыргызстане и Таджикистане, показал, что во многих случаях они построены без точных расчетов их сейсмостойкости. К тому, же железобетонный каркас вызывает снижение энергоэффективности здания из-за увеличения потерь теплоты в зонах устройства этого каркаса.

Компьютерный расчет несущих конструкций [1] наиболее распространенных кирпичных двухэтажных зданий с железобетонным каркасом показал, что требуемый уровень сейсмостойкости можно обеспечить при более низкой толщине наружной стены. Применение метода конечных элементов на основе программного комплекса «Лира САПР 2013» позволило

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

для строительства принять: а) кирпичную стену толщиной 380 мм (из кладки 1,5 кирпича); б) ширину ригеля в 340 мм вместо принятой на практике ширины в 380 мм.

Такое решение продиктовано с необходимостью повышения энергоэффективности здания (путем снижения потерь теплоты через зоны тепловых мостов) при обеспечении его нормативной сейсмостойкости. Предложенный узел сопряжения междуэтажного перекрытия с наружной стеной (рис. 1б) имеет дополнительный слой теплоизоляции, с помощью которой можно увеличить температуру на внутренней поверхности узла сопряжения [5, 10, 11]. Толщина $\delta_{\text{ут.}}^{\text{доп.}}$ и высота дополнительного слоя, представляющего собой ленту, опоясывающей здания по его наружному периметру, определены по условиям требуемого уровня теплозащиты рассматриваемой зоны наружной стены [12, 13, 14]. Такое решение поставленных задач осуществляется с позиции: а) достижения нормированной температуры на внутренней поверхности рассматриваемой зоны наружной стены [1, 15]; б) снижения потребления теплоты на отопление [7, 16] в зависимости от климатических особенностей района строительства.

Исходными условиями примера расчета [1] являлись сейсмичность в 9 баллов (по MSK-64) и климатические данные (при градусо-суток отопительного периода, ГСОП = 1984 ºС·сут) района строительства в г.Худжанд Республики Таджикистан.

Авторы настоящей статьи ставили задачу использования вышеизложенную методику для разработки практических рекомендаций, касающихся гражданских зданий, расположенных в различных населенных пунктах с различным климатом и сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. Для этих целей за счет простых преобразований формул в [12, 13, 14] получены выражения:

$$\delta_{\text{ут.}}^{\text{осн.}} = (R_{reg} - R_0^{\text{ст.}})\lambda_{\text{ут.}}^{\text{осн.}}, \text{ мм}; \quad (1)$$

$$\delta_{\text{ут.}}^{\text{доп.}} = (R_0^{\text{ст.}} - R_0^{\text{ж.б}})\lambda_{\text{ут.}}^{\text{доп.}}, \text{ мм}; \quad (2)$$

где, R_{reg} – нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в зависимости градусо-суток, ºС·сут, района строительства; $R_0^{\text{ст.}}$, $\lambda_{\text{ут.}}^{\text{осн.}}$ и $\lambda_{\text{ут.}}^{\text{доп.}}$– приведенное сопротивление теплопередаче основной ограждающих конструкций, м^2°С/Вт, и расчетный коэффициент теплопроводности основного и дополнительного слоя теплоизоляции, Вт/м^2 °С; $R_0^{\text{ж.б}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче железобетонного ригеля, м^2 °С/Вт.

Для теплоизоляции принята минераловатная плита «Rockwool» со следующими данными: для основного слоя – плотность ρ = 75 кг/м^3 и коэффициент теплопроводности λ = 0,04 Вт/м^2 °С; дополнительного слоя – плотность ρ = 93,7 кг/м^3 и λ = 0,061 Вт/м^2 °С.

На основе расчетов сейсмостойкости применением программного комплекса «Лира САПР 2013», использования выражений (1) и (2) и данных [12, 13, 14], разработаны рекомендации для зданий в 28 населенных пунктах Кыргызстана (табл. 1) и 21 населенного пункта Таджикистана (табл. 2) с охватом наиболее обжитых их территорий.

Таблица 1

Рекомендуемые сечения ригеля и толщины теплоизоляционных слоев для населенных пунктов Кыргызской Республики

Населенные пункты	По условиям сейсмостойкости			По условиям энергоэффективности						
	в баллах	Размеры сечения, мм		ГСОП, °С·сут	Основной слой теплоизоляции			Доп. слой теплоизоляции		
		F	F[1]		ρ	$\delta_{\text{ут.}}^{\text{осн.}}$, мм		ρ	$\delta_{\text{ут.}}^{\text{доп.}}$, мм	
						δ0	δ0[1]		δд	δд[1]
Чуйская область										
Бишкек	9	380x380	340x340	2970	75	69	70	93,7	23,0	40
Шабдан	8			4407	75	90	90	93,7	23,0	40
Чон-Арык	8			3400	75	75	80	93,7	23,0	40
Байтык	8			3940	75	82	90	93,7	23,0	40
Тюя-Ашу	9			7442	75	131	130	93,7	23,0	40

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

Таласская область										
Талас	8	То же	То же	3587	75	77	80	93,7	23,0	40
Токтогул	9			3008	75	69	70	93,7	23,0	40
Иссык-Кульская область										
Чолпон-Ата	9	380x380	340x340	3346	75	73	70	93,7	23,0	40
Каракол	9			3946	75	82	90	93,7	23,0	40
Балыкчи	9			3546	75	76	80	93,7	23,0	40
Койлю	8			7204	75	127	130	93,7	23,0	40
Тамга	8			3843	75	80	80	93,7	23,0	40
Ак-Шийряк	8			6612	75	119	120	93,7	23,0	40
Тарагай	8			7834	75	136	140	93,7	23,0	40
Нарынская область										
Кочкорка	8	380x380	340x340	4477	75	89	90	93,7	23,0	40
Суусамыр	8			6774	75	120	120	93,7	23,0	40
Кара-Куджур	8			6458	75	117	120	93,7	23,0	40
Нарын	8			4992	75	96	100	93,7	23,0	40
Ошская область										
Узген	9	380x380	340x340	2641	75	64	70	93,7	23.0	40
Ош	9			2646	75	64	70	93,7	23.0	40
Гульча	8			3689	75	78	80	93,7	23.0	40
Сар-Таш	9			7417	75	130	130	93,7	23.0	40
Джалал-Абадская область										
Казарман	8	380x380	340x340	4325	75	87	90	93,7	23,0	40
Чаткал	8			5350	75	100	100	93,7	23,0	40
Пача-Ата	8			3408	75	76	80	93,7	23,0	40
Кызыл-Жар	8			4953	75	96	100	93,7	23.0	40
Баткенская область										
Рават	8	То же	То же	4817	75	94	100	93,7	23,0	40
Хайдаркан	8			3684	75	78	80	93,7	23.0	40

Примечание: где F – размеры сечения по расчету, мм; $\delta_о$ и $\delta_д$ – толщина основного и дополнительного слоя теплоизоляции по расчету; F^1, $\delta_о^1$ и $\delta_д^1$ – то же, рекомендуемые размеры; ρ – плотность, в кг/м^3.

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

Таблица 2

Рекомендуемые сечения ригеля и толщины теплоизоляционных слоев для населенных пунктов Республики Таджикистан

Населенные пункты	По условиям сейсмостойкости			По условиям энергоэффективности						
	в баллах	Размеры сечения, мм		ГСОП, °С·сут	Основной слой теплоизоляции			Доп. слой теплоизоляции		
		F	F^1		ρ	$\delta_{ут.}^{осн.}$, мм		ρ	$\delta_{ут.}^{доп.}$, мм	
						δ_0	δ_0^1		$\delta_д$	$\delta_д^1$
Согдийская область										
Худжанд	8	380x380	340x340	1984	75	38,5	40	93,7	23,0	40
Исфара	8			2319	75	43,2	50	93,7	23,0	40
Пенджикент	8			2374	75	48,5	50	93,7	23,0	40
Истаравшан	8			2694	75	48,5	50	93,7	23,0	40
Хатлонская область										
Дангара	7	380x380	340x340	1704	75	34,6	40	93,7	23,0	40
Куляб	8			1424	75	30,7	30	93,7	23,0	40
Курган-Тюбе	7			1498	75	31,7	40	93,7	23,0	40
Пяндж	7			1740	75	35,1	40	93,7	23,0	40
Хамадони	7			1453	75	31,1	40	93,7	23,0	40
Шаартуз	7			1318	75	29,3	30	93,7	23,0	40
Яван	8			1282	75	28,7	30	93,7	23,0	40
Фархор	7			1513	75	31,9	40	93,7	23,0	40
Районы Республиканского подчинения										
Гиссар	9	380x380	340x340	1643	75	33,8	40	93,7	23,0	40
Душанбе	9			1584	75	32,9	40	93,7	23,0	40
Шахринау	9			1617	75	33,4	40	93,7	23,0	40
Файзабад	9			2122	75	40,5	40	93,7	23,0	40
Рашт	9			2822	75	50,3	50	93,7	23,0	40
Горно-Бадахшанская автономная область										
Дарвоз	9	380x380	340x340	2474	75	45,4	50	93,7	23,0	40
Ишкашим	9			3622	75	61,5	70	93,7	23,0	40
Хорог	9			3370	75	57,9	60	93,7	23,0	40
Мургаб	8			7231	75	112	120	93,7	23,0	40

Обозначения см. таблицу 1.

Анализ данных таблиц 1 и 2 показывает, что для условий сейсмичности районов строительства в 8 и 9 баллов рекомендуется принимать размеры сечения в 340 х 340 мм. Такие же размеры с некоторым запасом рекомендуется и для условий сейсмичности районов строительства в 7 баллов.

Учитывая типовых толщин большинства видов минераловатных плит, и в соответствии предложенными размерами поперечного сечения ригеля, толщину дополнительного слоя теплоизоляции рекомендуется принимать в 40 мм для всех рассматриваемых климатических регионов.

Толщина основного слоя теплоизоляции также приняты по толщине минераловатных плит, предлагаемых на рынках Кыргызстана и Таджикистана. Иными словами, толщина теплоизоляционного слоя, полученная расчетом, является ориентировочной, чтобы принять более толстую – стандартную ее толщину.

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

Выводы. Взаимосогласованное решение задачи обеспечения требуемой сейсмостойкости и энергоэффективности малоэтажных жилых зданий позволило впервые рекомендовать целесообразные размеры поперечного сечения железобетонного ригеля, толщины основного и дополнительного теплоизоляции из минераловатного слоя зоны узла сопряжения междуэтажного перекрытия с наружной кирпичной стеной для 28 и 21 населенного пункта, соответственно, Кыргызстана и Таджикистана. При этом толщина дополнительного слоя теплоизоляции в 40 мм позволяет снизить отрицательный тепловой эффект конструктивного теплового моста и принять размеры сечения ригеля в 340 х 340 мм для 7, 8 и 9 бальной сейсмичности мест строительства. Охвачен широкий спектр климатических условий горных регионов, имеющих градусо-суток расчетного отопительного периода от 1282ºС · сут (стация Яван Таджикистана) до 7834ºС · сут (станция Тарагай Кыргызстана).

Литература:

1. Боронбаев Э.К., Бегалиев У.Т., Холматов К.Н. Научно-технические основы повышения энергоэффективности и сейсмостойкости малоэтажных гражданских зданий // Вестник Кырг. гос. ун-т строит., трансп. и архит. 2017, №4. - С. 157-163.
2. Боронбаев Э.К. Энергосберегающая архитектура и тепловые мосты в ограждениях здания // Вестник Кырг. гос. ун-т строит., трансп. и архит. 2013, №4. - С. 130-136.
3. Иванченко В.Т., Басов Е.В., Тришкина А.А. Создание оптимальной температурно-влажностной микросреды в жилых зданиях // Жилищное строительство. 2015, №8. - С. 24-27.
4. Халимов О.З., Шибаева Г.Н., Ибе Е.Е., Портнягин Д.Г. Совершенствование антисейсмических поясов бескаркасных зданий для повышения энергоэффективности // Вестник Евразийской науки, 2018 №2, https:// esj.today/ PDF/92SAVN218.pdf.
5. Shaobin D., Yichao Z., Jun H., Qingrong N. Study on influencing zone of thermal bridge of corner column in self-insulation system // The open civil engineering journal. 2015, 9. - P. 636-638.
6. Елохов А. Методики и примеры расчета тепловых мостов // Строительство и техногенная безопасность. 2015, №1. - С. 86-93
7. Боронбаев Э.К. Натурные исследования суточного изменения температуры на внешней и внутренней поверхностях наружных стен здания // Промышленное и гражданское строительство. 2011, №2. - С. 57-58.
8. Боронбаев Э.К., Абдылдаева А.М., Абрамов Б.В., и др. Натурные экспериментальные исследования теплового режима мавзолея Шах-Фазиль // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2017, №1. - С. 45-48.
9. Боронбаев Э.К., Касымова Г.Т., Абдылдаева А.М. Математическая модель тепловлажностного режима помещений // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019, №2. - С. 3-9.
10. Козлобродов А.Н., Иванова Е.А. Анализ совместного влияния нескольких теплонапряженных элементов на тепловое состояние строительных конструкций // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016, № 1 (54). – С. 133-139.
11. Муравьев П.А., Лукина-Лебедева М.А., Таракин А.В и др. Определение оптимальной толщины слоя теплоизоляции для наружных стен жилового многоквартирного здания // Кровельные и изоляционные материалы. 2017, №1. - С. 21-29.
12. Строительные нормы и правила Республики Таджикистан СНиП РТ 23-02-2009 «Тепловая защита зданий». // Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. - Душанбе: «Сомон Граф», 2014. - 52 с.
13. Строительные нормы и правила Кыргызской Республики 23-01:2013. Строительная теплотехника (Тепловая защита зданий) [Текст]: утв. Госстроем КР: взамен СНиП КР 23-01:2009: датой введения 01.07.2013. - Бишкек, 2013. - 58 с.
14. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Минрегион России, 2012. - 96 с.
15. Перехоженцев А.Г. Нормирование сопротивления теплопередаче наружных ограждений зданий по условию теплового комфорта в помещении // Вестник МГСУ. 2016, №2. - С. 173-185.
16. Боронбаев Э.К. Особенности стратегии энергосберегающего улучшения теплозащиты малоэтажных зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010, №4. - С. 127-130.