

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПУТЕМ СОКРАЩЕНИЯ И КОРРЕКТНОГО УЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНЫХ УЗЛОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Е. В. Щипачева

Ташкентский Государственный Транспортный Университет, д.т.н., проф.

М. К. Турдалиева

Технический институт ЁДЖУ в г. Ташкент, (PhD)

АННОТАЦИЯ

Наружные конструкции жилых зданий имеют большое количество теплопроводных включений, способствующих повышенному расходу энергии на климатизацию помещений и снижению уровня их теплового комфорта, а также возможному повреждению ограждений в результате выпадения конденсата и образования плесени. В связи с этим, необходим точный учет тепловых потерь через теплопроводные включения, который позволит оптимизировать требуемые теплозащитные мероприятия и в результате повысить качество проектирования жилых зданий.

Ключевые слова: приведенное сопротивление теплопередаче, тепловой поток, тепловой мостик, коэффициент теплопроводности, температурное поле, теплопроводное включение, удельные теплопотери.

ABSTRACT

The external structures of residential buildings have a large number of heat-conducting inclusions, which contribute to increased energy consumption for air conditioning of the premises and a decrease in their thermal comfort, as well as possible damage to the fences as a result of condensation and mold formation. In this regard, it is necessary to accurately account for heat losses through heat-conducting inclusions, which will optimize the required heat protection measures and, as a result, improve the quality of residential building design.

Keywords: reduced heat transfer resistance, heat flow, thermal bridge, thermal conductivity coefficient, temperature field, thermal inclusion, specific heat loss.

ВВЕДЕНИЕ

Возводимые в последние годы в Республике

Узбекистан гражданские здания разительно отличаются от аналогичных объектов, построенных еще одно-два десятилетия назад. Новые жилые комплексы разнообразны по форме и архитектурным образам, применяемым конструкциям и материалам. Особенно сильные изменения претерпело техническое решение наружных ограждающих конструкций зданий. Структура наружной оболочки стала более сложной, неоднородной, насыщенной материалами с резко отличающимися прочностными, деформационными и теплотехническими свойствами. Одновременно с этим на первый план выдвигается проблема обеспечения высокого уровня тепловой защиты здания в целом.

Жилой сектор является одним из крупнейших потребителей тепло- и электроэнергии в Республике Узбекистан. Причем жилые здания в Узбекистане потребляют при эксплуатации в 2 – 3 раза больше энергии, чем аналогичные объекты в европейских странах. В связи с этим, одним из приоритетных направлений в строительной отрасли республики является повышение уровня энергоэффективности жилого фонда, которое активно развивается в последние годы, что нашло отражение в действующем нормативном документе КМК 2.01.04 -2018 «Строительная теплотехника» [1].

Вместе с тем в КМК 2.01.04-2018 «Строительная теплотехника» без должного внимания пока остаются методы достижения требуемой величины приведенного сопротивления теплопередаче, методики расчёта которой остаются на уровне прошлого века. Степень влияния на удельные потери теплоты теплопроводных включений (тепловых мостиков) в Узбекистане довольно существенна. Это связано с национальными особенностями конструктивных решений наружных ограждений из штучных материалов, обязательно включающих монолитные железобетонные элементы – антисейсмические пояса, сердечники, элементы каркаса и ядра жесткости. Они, обеспечивая прочность, жесткость и устойчивость конструкций, одновременно являются мощными теплопроводными включениями в более теплых стеновых кладочных материалах. В этой связи разработка национального каталога удельных потерь теплоты (тепловых мостиков) ограждающих конструкций зданий для Республики Узбекистан является актуальной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С точки зрения тепловой защиты, однородная конструкция – это бесконечная конструкция, состоящая из плоскопараллельных слоев какого-либо материала. Любое

локальное отклонение от однородности по форме или по характеристикам материала какой-либо части конструкции вызывает теплотехническую неоднородность.

При общей тенденции к повышению теплозащитных свойств ограждений и повышению энергоэффективности зданий, практически, во всех развитых странах мира тепловым мостикам справедливо отводится значимое место. Такому вниманию они обязаны из-за существенного влияния на потери теплоты через ограждения зданий. Увеличивая потери теплоты до 30-50 % от потерь через условно однородную конструкцию, тепловые мостики становятся предметом детальной проработки со стороны ответственных архитекторов и конструкторов проектов. В случае их игнорирования, возникают ошибки проектирования систем отопления, что неизбежно сказывается на тепловом комфорте помещений, образовании зон конденсата и плесени в холодных зонах внутренней поверхности ограждений.

Специалистами выделяются мостики холода 4 видов.

1. Геометрические мостики холода – это внешние углы зданий, узлы отдельных конструктивных элементов и т.п., в первую очередь, связанные с архитектурными особенностями зданий.

2. Конструктивные мостики холода представляют собой объединенные в одну конструкцию различные по своей теплопроводности материалы или элементы (например, железобетонные включения в кирпичную кладку).

3. Линейные мостики холода представляют собой стыки между отдельными конструктивными элементами и утепленной частью стены (например, стыки вокруг оконных и дверных проемов).

4. Точечные мостики – это места установки в наружных стенах крепежных элементов, преимущественно выполненных из металла.

В мелкоэлементных наружных стенах гражданских зданий можно выделить следующие мостики холода:

- стыки между соприкасающимися конструктивными элементами зданий (например, наружная стена с покрытием);
- выступающие части теплопроводных конструкций;
- места опирания железобетонных плит перекрытий на наружные стены, ригеля или антисейсмические пояса;
- железобетонные пояса, сердечники, перемычки, балконные плиты, козырьки;
- стыки цокольной части стены с конструкцией пола;
- элементы крепления утеплителя к наружным стенам;

- наружные (выпуклые) углы несущих стен;
- проемы окон, дверей, остекленных летних помещений;
- швы из цементно-песчаного раствора в мелкоэлементной кладке стены, превышающие толщину 10 мм;
- карнизные и парапетные участки наружных стен.

Для сокращения трудоемкости расчётов проектировщики при определении величины потерь тепла через тепловые мостики используют специально разработанные справочные таблицы или каталоги. Каталоги значений удельных потерь теплоты (тепловых мостиков) в разном объеме и количестве имеются в каждой стране ЕС. В частности, этот подход реализован в EN ISO 14683 «Тепловые мостики в зданиях. Линейный коэффициент теплопередачи. Упрощенные методы определения и значения по умолчанию», где приводится перечень значений удельных теплопотерь через тепловые мостики различных видов ограждающих конструкций, DIN 4108-2:2003-07 «Теплоизоляция и экономия энергии в зданиях - Часть 2: Минимальные требования к теплоизоляции» (Германия), ÖNORM B 8110-6 «Тепловая защита зданий. Основные принципы и методы контроля – потребление на нагрев и охлаждение» (Австрия).

В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [4] приведена методика определения величин тепловых потерь через теплопроводные включения, основанная на расчетах двухмерных и трёхмерных температурных полей при помощи компьютерных программ. Она по многим позициям схожа с методиками расчёта, изложенными в DIN EN ISO 10211-1 [5, 6]. Для упрощения расчетов величин тепловых потерь в НИИСФ разработано пособие, содержащее их значения для типовых узлов ограждающих конструкций. Однако для использования данной методики в условиях Республики Узбекистан необходимо составить свой каталог узлов наружных ограждающих конструкций, соответствующих техническим решениям зданий, расположенных в сейсмических районах строительства, различных климатических зонах и с разными уровнями тепловой защиты, а затем рассчитать удельные потери теплоты для установленных мостиков холода.

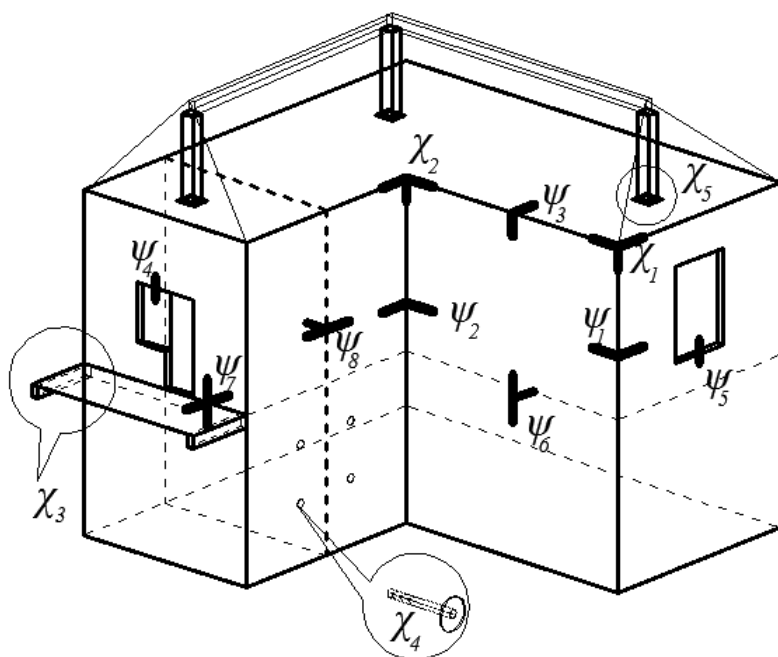
Для проведения таких работ в качестве объектов исследования были выбраны семиэтажные жилые дома, построенные в г. Ташкенте. Здания выполнены в комплексных конструкциях с внутренним железобетонным каркасом и заполнением из армированной

кирпичной кладки на цементно-песчаном растворе толщиной 380 мм, усиленной железобетонными сердечниками. (рис.1).



Рис 1. Жилой дом в Мирабадском районе г. Ташкента.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче неплоской теплотехнически неоднородной ограждающей конструкции основан на представлении ее в виде комплекта независимых элементов (тепловых мостиков), влияющих на тепловой поток через конструкцию. Количество видов тепловых мостиков для каждого здания (фасада, помещения) индивидуально и определяется по рабочим чертежам - планам и разрезам проекта.



- Линейные тепловые мостики:
- $\Psi_1 - \Psi_3$ - угловые стыки;
 - Ψ_4, Ψ_5 - стыки заполнения проемов и откосов;
 - Ψ_6, Ψ_7 - стыки примыкающих внутренних и наружных конструкций (перекрытия, плиты балкона, внутренней стены)
- Объемные тепловые мостики:
- χ_1, χ_2 - объемные стыки стен и перекрытия
- Точечные тепловые мостики:
- $\chi_3, \chi_4,$ - балки, анкер-дюбель фасадной системы, стойки
 - χ_5 стропильной системы

Рис. 2. Возможные тепловые мостики наружных стен

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате изучения проектной документации на выбранный строительный объект и проведенных натурных обследований была разработана типология теплотехнически неоднородных узлов наружных стен семиэтажного многоквартирного жилого здания, включающая 15 узлов, три из которых 3д (объемные) и два точечных (табл.).

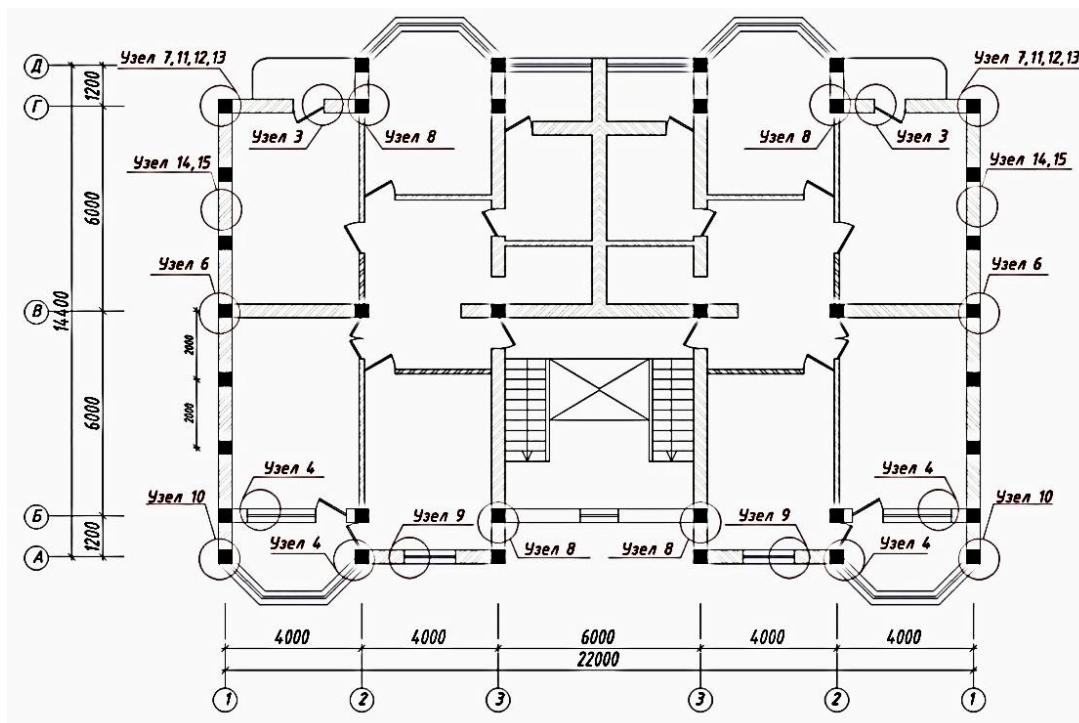


Рис. 3. План типового этажа жилого дома с обозначенными узлами с тепловыми мостиками

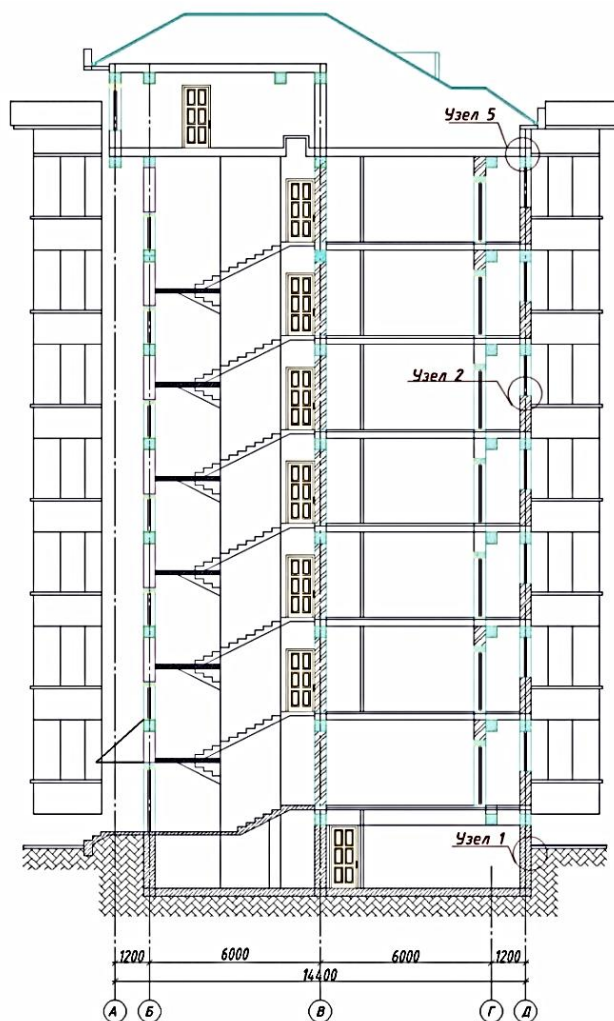


Рис. 4. Разрез жилого дома с обозначенными узлами с тепловыми мостиками

Таким образом, плоскость наружной стены рассматриваемого семиэтажного жилого дома была разбита на отдельные независимые друг от друга элементы, каждый из которых оказывает влияние на тепловые потери наружной оболочки здания. При разбивке наружных стен выделяют, согласно СП 230.1325800.2015, плоские, линейные, объёмные и точечные элементы [7] (рис.2).

Принятые для исследования семиэтажные жилые здания включают четыре выпуклых и четыре вогнутых угла (рис. 3, 4).

Плоским элементом является условно однородная наружная стена здания без проёмов, удалённые от примыкающих стен, углов, перекрытий более, чем на 1,0 м, несущая часть, которой выполнена из кирпичной кладки.

Для получения более целостной картины выполненных исследований, помимо конструктивного решения наружных стен рассматриваемого при тепловизионном обследовании

здания, была изучена наружная оболочка здания, построенного по такому же проекту, но с утеплением кирпичной кладки с наружной стороны слоем утеплителя из базальтового волокна толщиной 80 мм ($\lambda=0,042$ Вт/(м·К)). Исходя из зарубежного опыта, при расчете узлов не учитывались тонкие неметаллические слои при их толщине до 1 мм (слой пароизоляции) и слои, которые незначительно влияют на тепловые потоки через узел - штукатурные слои из цементно-песчаного раствора, расположенные перпендикулярно тепловому потоку.

Для климатических условий г. Ташкента были рассчитаны удельные теплотери через теплотехнически неоднородные узлы наружных стен для двух вариантов – без наружного утепления и с утеплителем из базальтового волокна толщиной 80 мм, открывающие возможность применения зарубежного метода определения приведённого термического сопротивления для зданий аналогичного конструктивного решения.

В качестве исходных данных для расчета удельных потерь теплоты выступает температурное поле исследуемого узла. При расчете температурного поля узла на внутренней и внешней поверхностях расчетного участка принимаются граничные условия третьего рода, описывающие теплообмен между конструкцией на внутренней поверхности $\alpha_{в}=8.7$ Вт/м² ·°С, на наружной поверхности $\alpha_{н}=23$ Вт/м² ·°С.

Температура внутреннего воздуха при расчёте удельных теплотерь через теплопроводные включения наружных стен жилых зданий составляла 18°С (замерена внутри квартиры при тепловизионном обследовании). Температуру наружного воздуха принимали равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, определяемой по КМК 2.01.01-94 [2] (для Ташкента она составляет минус 16 °С).

При расчётах были приняты следующие допущения:

1. Заполнения проёмов (окна, балконные двери) принимались в виде пластин постоянной толщины по высоте и длине проема. В расчёте теплового потока через тепловой мостик тепловой поток через заполнение проёма не учитывался.

2. Не учитывались тонкие металлические теплопроводные элементы ограждающей конструкции толщиной 2-5 мм, расположенные в каменной кладке с коэффициентом теплопроводности 0,8 Вт/м и выше.

3. Не учитывались штукатурные слои из цементно-песчаного раствора и слои пароизоляции расположенные перпендикулярно тепловому потоку.

Расчёты тепловых полей выполнялись с использованием программного комплекса «TEMPER-3D».

При проектировании ограждающих конструкций с высоким сопротивлением теплопередаче особую роль играет минимизация влияния мостиков холода. С использованием программы расчета температурных полей Temper-3D были рассчитаны наиболее уязвимые конструктивные узлы здания (табл.).

Таблица

Удельные потери теплоты через тепловые мостики

Номер узла	Краткое описание теплового мостика	Эскиз узла	Ψ, Вт/(м·К) (для линейных); χ, Вт/К(для объемных); χ, Вт/К (для точечных) при толщине теплоизоляционного слоя	
			δ = 0, δ ₁ =0,08 м	δ = 0,08 м, δ ₁ =0,08 м
1	Линейный тип. Примыкание на-ружной стены к цокольному перекрытию		0,239	0,185
2	Линейный тип. Примыкание на-ружной стены (железобетонный пояс) к междуэтажному перекрытию		0,577	0,028
3	Линейный тип. Примыкание на-ружной стены к балконной плите		0,553	0,606

4	Линейный тип. Примыкание на-ружной стены к плите лоджии (на последнем эта-же)		$\delta = 0,$ $\delta_1=0,14 \text{ m}$	$\delta = 0,08 \text{ m};$ $\delta_1=0,14 \text{ m}$
			0,39	0,184
5	Линейный тип. Примыкание наружной стены к чердачному пере-крытию		$\delta = 0,$ $\delta_1=0,14 \text{ m}$	$\delta = 0,08 \text{ m};$ $\delta_1=0,14 \text{ m}$
			0,258	1,258
6	Линейный тип. Примыкание наружной стены к рядовой колонне (сердечнику) и внутренней пере-городке		$\delta = 0$	$\delta = 0,08 \text{ m}$
			0,42	0,02
7	Линейный тип. Примыкание наружной стены к крайней колонне (сердечнику), наружный угол		$\delta = 0$	$\delta = 0,08 \text{ m}$
			0,234	0,202
8	Линейный тип. Примыкание наружной стены к крайней колонне (сердечник), внут-ренний угол		$\delta = 0$	$\delta = 0,08 \text{ m}$
			- 0,545	- 0,321

9	Линейный тип. Примыкание наружной стены к оконному и дверному проёму		$\delta = 0$	$\delta = 0,08 \text{ m}$
			0,589	0,195
10	Линейный тип. Примыкание на-ружной стены к рядовой колонне (сердечнику)		$\delta = 0$	$\delta = 0,08 \text{ m}$
			0,489	0,023
11	Объемный тип. 3d узел угла примыкания на- ружных стен к междуэтажном у перекрытию		$\delta = 0$	$\delta = 0,08 \text{ m}$
			0,388	0,584
12	Объемный тип. 3d узел угла примыкания на- ружных стен к чер-дачному пере-крытию		$\delta = 0, \delta_1=0,14 \text{ m}$	$\delta = 0,08 \text{ m};$ $\delta_1=0,14 \text{ m}$
			0,375	-5,005
13	Объемный тип. 3d узел угла при-мыкания на-ружных стен к грунту		$\delta = 0, \delta_1=0,08 \text{ m}$	$\delta = 0,08 \text{ m};$ $\delta_1=0,08 \text{ m}$
			0,274	2,698
14	Точечный узел кронштейна креп-ления облицовки цоколя		$\delta = 0$	$\delta = 0,08 \text{ m}$
			0,00004	0,01121
15	Точечный узел фасадного дюбеля системы утепления		$\delta = 0$	$\delta = 0,08 \text{ m}$
			0,00	0,0008878

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате выполненных исследований и расчётов разработана типология теплотехнически неоднородных узлов мелкоэлементных наружных стен многоквартирных жилых зданий и определены удельные теплотери через теплопроводные включения стен с утеплителем и без него для климатических условий г. Ташкента, открывающие возможность для применения прогрессивного метода определения приведенного термического сопротивления для зданий аналогичного конструктивного решения. Для расширения номенклатуры зданий и перечня районов строительства, для которых будет возможным использование данного метода, необходима разработка соответствующего каталога технических решений и удельных потерь теплоты узлов ограждающих конструкций.

REFERENCES

1. КМК 2.01.04-2018 Строительная теплотехника – Ташкент: AQATM - 2019.
2. ҚМҚ 2.01.01-94 Климатические и физико-геологические данные для проектирования. - Ташкент: Госкомархитектстрой, 1994. – 27 с.
3. КМК 2.01.03-19 Строительство в сейсмических районах - Ташкент: AQATM - 2019.
4. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. - М.: Минрегион России, 2012.- 96 с.
5. DIN EN ISO10211-1. Wärmebrücken im Hochbau. Wärmeströme und Oberflächentemperaturen/ Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken / Juni 2001.
6. DIN EN ISO10211-1. Wärmebrücken im Hochbau. Wärmeströme und Oberflächentemperaturen/ Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren/ August 1995.
7. СП 1325800.2015 Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей – М: Минстрой России, 2015 – 67 с.