
МРНТИ 67.07.010009-0004-2743-8245 Ажар Баймурзина¹0000-0007-2844-6361 Атоғали Джумабаев²0000-0003-2281-5457 Уалихан Кусебаев³^{1,2,3}Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева
Астана, КазахстанE-mail: ¹baimurzina_az@bi.group,
²atagali@list.ru, ³kussebayev@mail.ru

Математическое моделирование теплопередачи в наружных стенах объемно- модульных блоков

Аннотация. Большие города Казахстана давно испытывают дефицит жилых площадей. Строители стремятся решить эту проблему различными способами, стараясь увеличить скорость строительства и доступность для населения. Вместе с возведением жилых зданий, актуальным является вопросы обеспечения теплой помещений зданий. В данной статье рассматривается сравнение трехслойных наружных стен панельного здания с конструкцией объемно-блочного типа.

Ключевые слова: панели, железобетон, пенополистирол, вентилируемый воздушный зазор, климатические условия, керамзитобетон, теплопередача.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2220-685X-2023-69-2-58-67>

Введение. Непростая экономическая ситуация в мире заставляет людей пересмотреть свои привычные методы работы и решения задач. В частности, в сфере строительства на первый план выходят такие вопросы, как максимальная эффективность, доступность, комфорт и экологичность. Подспорьем в этом деле стала технология модульного строительства, которая набирает все большую популярность в мире. Сейчас из блоков заводской готовности возводятся многоэтажные жилые дома, медучреждения и школы. Жизнь в модульном доме не отличается от жизни в любом другом, зато скорость его возведения, а за счет этого экономичность и экологичность – в разы выше обычных.

В Астане, в строительстве жилья из объемно-модульных блоков накоплен значительный опыт. Так, столичный завод ОБД при производстве конструкций в качестве наружного слоя вместо тяжелого железобетона стал использовать керамзитобетон высокой прочности, благодаря чему на заводе достигли снижения массы конструкций и добились более высоких теплотехнических показателей. Высокие требования, предъявляемые к качеству наружных и внутренних ограждающих элементов, распространяются и на качественные показатели теплозащитного слоя [1].

Недостаточно выбрать дешевый утеплитель, обеспечивающий лишь необходимый микроклимат помещения – он так же должен сохранить свои исходные свойства на протяжении длительного времени, не расслаиваясь и скатываясь. Материалы должны быть не токсичными и не легковоспламеняющимися. Здание должно быть прочным, надежным, с минимальным количеством номенклатуры использованных материалов, небольшими сроками строительства, обладать достаточным уровнем тепловой защиты, быть не сложным в монтаже. По всем этим

показателям блочные здания не чуть не уступают своим аналогам, панельным железобетонным.

Обсуждение. В качестве наглядного примера сравним теплотехнические показатели трехслойной наружной стены современного жилого многоэтажного панельного дома в другом регионе – Акмолинской области, со стеной объемно-блочного дома (Рисунок 1). В данной статье поставлена задача в сравнении с конструкцией объемно-блочного типа проанализировать трехслойные наружные стены панельного здания, наиболее популярного и доступного конструктивного типа жилья в современном Казахстане.

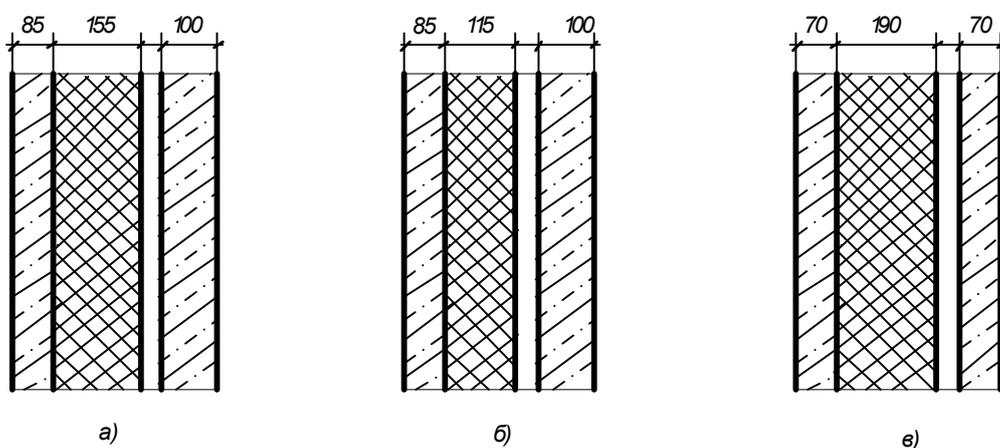


Рисунок 1: Структура наружных стен современного жилого многоэтажного дома:

- а) панельное толщиной 350 мм; б) панельное толщиной 300 мм;
в) объемно-блочное толщиной 350 мм.

Наиболее часто подобные панели состоят из наружного и внутреннего железобетонных слоев, а также, в качестве утеплителя, пенополистирольных плит между ними, используемых в качестве утеплителя. Толщина панелей применяется на основании теплотехнического расчета и расчета на прочность и раскрытия трещин, но не менее значения, данных в источнике. Стандартная толщина такой стены

колеблется в диапазоне 300-350 мм. Минимальная толщина внутреннего железобетонного слоя составляет 80-120 мм (ненесущий и несущий). Наружный железобетонный слой – не менее 60-80 мм (тяжелый и легкий бетон). При комплектно-блочном строительстве стандартная трехслойная стена, выпускаемая заводами ОБД включает следующее: наружный керамзитобетонный слой (70 мм), слой утеплителя из пенополистирола (190 мм), внутренний железобетонный слой (70 мм). В качестве города на территории Акмолинской области, в климатических условиях которого поставлена задача сравнить данные объекты, выбран – поселок, с самой низкой в области расчетной температурой наружного воздуха. Климатические условия и расчетные показатели материалов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1: Климатические условия

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_n	$^{\circ}\text{C}$	-53
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	$^{\circ}\text{C}$	-17,2
Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	270
Градуса-сутки отопительного периода	Dd	$^{\circ}\text{C}$ сут/год	10 314
Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	$t_{от}$	$^{\circ}\text{C}$	21

Таблица 2: Расчетные показатели материалов наружных стен

Материал слоя	Толщина $\delta, \text{ м}$	Плотность $\rho, \text{ кг/м}^3$	Теплопроводность $\lambda, \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$
Панельное здание 350 мм			
Железобетон	0065	2500	1,92
Пенополистирол БПС-С-25	0,155	15,1...25	0,04
Вентилируемый воздушный зазор	0,030	-	0,14
Железобетон	0,100	2500	1,92
Панельное здание 350 мм			
Железобетон	0,065	2500	1,92
Пенополистирол БПС- С-25	0,115	15,1...25	0,04
Вентилируемый воздушный зазор	0,020	-	0,14
Железобетон	0,100	2500	1,92
Объемно-блочное здание			
Керамзитобетон на керамзитом песке	0,070	1200	0,44
Пенополистирол БПС- С-25	0,190	35...38	0,04
Вентилируемый воздушный зазор	0,02	-	0,14
Железобетон	0,070	2500	1,92

Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [2] проведем теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций рассматриваемых зданий, определим, соответствуют ли они санитарно-гигиеническим требованиям; результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3: Результат теплотехнического расчета

Показатель	Тип здания		
	Панельное 350 мм	Панельное 300 мм	Объемно- блочное
Требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен $R_{трст}, m^2 \text{ } ^\circ C / B_T$	5,01		
Окон	0,76		
Требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен $R_{нормст}, m^2 \text{ } ^\circ C / B_T$	3,16		
Окон	0,72		
Условное сопротивление теплопередаче наружных стен $R_{Oусл}, m^2 \text{ } ^\circ C / B_T$	4,33	3,26	5,25
Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен $R_{Oпр}, m^2 \text{ } ^\circ C / B_T$	3,86	2,95	3,28
Окон	0,75	0,75	0,75
Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции $\Delta t_0, \text{ } ^\circ C$	4		
Расчетный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции $\Delta t_0, \text{ } ^\circ C$	2,50	2,89	2,60

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен определяем по таблице 3:

$$R_{трст} = aD d + b. \quad (1)$$

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции [3, 4], $R_{0норм}$, ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Bт}$), определяем по формуле:

$$R_{0норм} = R_{ТР} \rho, \quad (2)$$

где m - плотность вещества, ρ - плотность.

Условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания i -го вида $R_{0\text{ усл}}$, ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Bт}$) определяем по формуле

$$R_{0норм} = 1/\alpha_s + R_s + 1/\alpha_n \rho, \quad (3)$$

где α – коэффициент теплоотдачи.

Термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента R_s , ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Bт}$)

$$R_s = \sum \delta_i / \lambda_i, \quad (4)$$

где λ_i - теплопроводность.

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания $R_{0пр}$, ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Bт}$) определяем согласно формуле:

$$R_{0пр} = 1 / (\sum \alpha_i U_i \sum l_j v_j + \sum \eta_k \gamma_k) R_{тр} \rho. \quad (5)$$

Расчетный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции Δt_0 ($^\circ\text{C}$) определяется по формуле:

$$\Delta t_0 = (t_B - t_n) / (R_{трст} \alpha_s). \quad (6)$$

Вывод. Результаты расчетов, приведенных в данной работе, показали следующее:

1) Приведенное сопротивление теплопередачи для наружных стен панельного здания, в первом случае - выше нормируемого, что удовлетворяет требованиям СП РК 50.13330.2012. Во втором случае оно ниже нормируемого-данная

ограждающая конструкция обеспечивает недостаточный уровень тепловой защиты здания. Объемно-блочные здания обеспечивают достаточный уровень сопротивления теплопередачи и удовлетворяют требованиям СП РК 50.13330.2012 предъявляемым к зданиям, проектируемым на территории Акмолинской области. В результате анализа расчетов, произведенных на основе проектных данных для указанной краевой зоны, видим, что наибольшее движение тепловых потоков наблюдается в зоне примыкания стыка стеновых панелей (Рисунок 2).

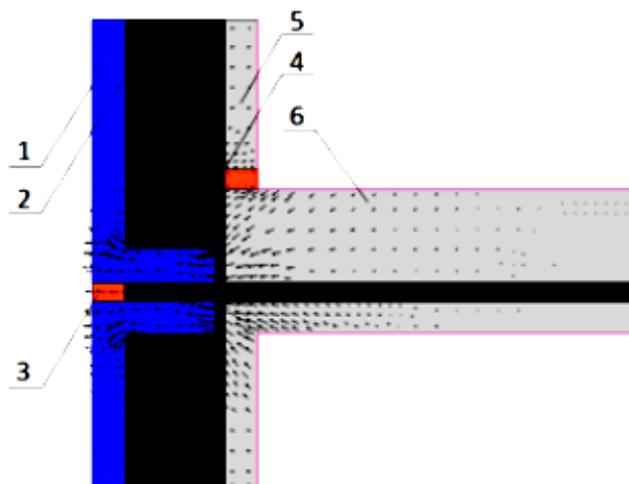


Рисунок 2: Движение тепловых потоков в зоне вертикального стыка панелей наружных стен объемно-блочного здания:

1 – наружный слой из керамзитобетона; 2 – слой утеплителя; 3 – уплотняющая прокладка; 4 – воздушный вентилируемый зазор; 5 – внутренний слой из железобетона; 6 – плита перекрытия.

2) Расчетный температурный перепад ниже нормируемого — все объекты соответствуют санитарно-гигиеническому требованию, предъявляемому к жилым зданиям

Использованная литература

1. https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/chto-takoe-modulnyie-doma-i-pochemu-eto-seychas-aktualno-449057.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. -М.: 2012. -95 с.
3. С.С. Кутателадзе (1979) Основы теории теплообмена. -М.: Атомиздат. -416 с.
4. М.А. Михеев, И.М. Михеева (1977) Основы теплопередачи. -М.: Изд-во «Энергия». -344 с.

0009-0004-2743-8245 Ажар Баймұрзина¹

0000-0007-2844-6361 Атоғали Жұмабаев²

0000-0003-2281-5457 Уалихан Күсебаев³

^{1,2,3} Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Астана, Қазақстан

E-mail: ¹baimurzina_az@bi.group, ²atagali@list.ru, ³kussebayev@mail.ru

Көлемдік модульдік блоктардың сыртқы қабырғаларындағы жылу тартылуын математикалық үлгілеу

Аңдатпа. Қазақстанның ірі қалалары көптен бері тұрғын үй алаңдарының тапшылығын бастан кешіріп келеді. Құрылысшылар бұл мәселені түрлі жолдармен шешуге тырысып, құрылыс жылдамдығын арттырып, тұрғындарға қолжетімділікті арттыруға тырысуда. Тұрғын үйлердің құрылысымен қатар ғимараттарды жылумен қамтамасыз ету мәселесі өзекті болып табылады. Бұл мақалада панельдік ғимараттың үшқабатты сыртқы қабырғаларын көлемді-блоктық типтегі құрылыммен салыстыру қарастырылады.

Кілт сөздер: панельдер, темірбетон, пенополистирол, желдетілген ауа саңылауы, климаттық жағдайлар, кермазит бетон, жылу беру.

0009-0004-2743-8245 Azhar Baimurzina¹

0000-0007-2844-6361 Atogali Jumabayev²

0000-0003-2281-5457 Ualihan Kussebayev³

^{1,2,3}L.N.Gumilyov Eurasian National University

Astana, Kazakhstan

E-mail: ¹baimurzina_az@bi.group, ²atagali@list.ru, ³kussebayev@mail.ru

Mathematical modeling of heat transfer in the external walls of volumetric modular blocks

Abstract. Large cities of Kazakhstan have long been experiencing a shortage of residential space. Builders are trying to solve this problem in various ways, trying to increase the speed of construction and accessibility for the population. Along with the construction of residential buildings, the issue of providing warm premises of buildings is relevant. This article discusses a comparison of the three-layer outer walls of a panel building with a block-type structure.

Keywords: panels, reinforced concrete, expanded polystyrene, ventilated air gap, climatic conditions, expanded clay concrete, heat transfer.

Referense

1. https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/что-такое-модульные-дома-и-почему-это-сейчас-актуально-449057.
2. SP 50.13330.2012. Thermal protection of building. -M.: 2012. -95 p.
3. S.S. Kutateladze (1979) Fundamentals of the theory of heat transfer. -M.: Atomizdat. -416 p. [in Russian].
4. M.A. Micheev, И.М. Micheeva (1977) Fundamentals of heat transfer. -M.: Publ. house «Energy». -344 p. [in Russian].