

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ.....	8
1.1. Прогрессивные технические решения многослойных конструкций покрытий зданий	8
1.2. Определение сопротивления теплопередачи многослойных железобетонных панелей покрытий для климатических условий Вьетнама	14
1.3. Обоснование методов расчета многослойных конструкций результатами экспериментально-теоретических исследований	18
Глава 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНЫХ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	22
2.1. Основные физико-механические характеристики материалов.....	22
2.2. Определение геометрических и физико-механических характеристик контактного слоя многослойных железобетонных конструкций.....	24
2.3. Экспериментальные исследования прочности контактной зоны на растяжение	32
2.4. Экспериментальные исследования прочности контактной зоны на сдвиг	35
2.5. Проведение климатических испытаний модели ограждающей конструкции	40
2.6. Экспериментальные исследования модели ограждающей конструкции.....	43
2.6.1. Проведение климатических испытаний.....	45
2.6.2. Проведение прочностных испытаний слоев исследуемой ограждающей конструкции.....	46
2.7. Результаты проведенных исследований, оценка надежности ограждающей конструкции из легких бетонов монолитного сечения по характеристикам контактной зоны в зависимости от применяемых материалов	47
Глава 3. РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ МНОГОСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ КОНТАКТНЫХ СЛОЕВ	54
3.1. Общие подходы к построению расчетных моделей	54
3.2. Прочность нормальных сечений.....	54
3.3. Расчет по трещинообразованию с учетом контактного слоя.....	57
3.4. Прочности наклонных сечений к продольной оси элемента	63
3.5. Прогибы трехслойных элементов с учетом контактного слоя.....	64
3.6. Прочность контактных швов	68
3.7. Планирование эксперимента для построения расчетных зависимостей	68
Глава 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ИЗГИБАЕМЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ КОНТАКТНОГО СЛОЯ	77
4.1. Анализ результатов расчета по трещинообразованию	77
4.1.1. Влияние контактных слоев на момент трещинообразования многослойных железобетонных конструкций	77

4.1.2. Влияние геометрических и физико-механических характеристик внутреннего слоя на момент трещинообразования многослойных железобетонных конструкций с учетом контактного слоя.....	80
4.1.3. Влияние геометрических и физико-механических характеристик наружных слоев многослойных железобетонных конструкций с учетом контактного слоя на момент трещинообразования	83
4.1.4. Влияние геометрических и физико-механических характеристик наружного и внутреннего слоев многослойных железобетонных конструкций с учетом контактного слоя на момент трещинообразования.....	86
4.2. Анализ результатов расчета прогибов трехслойных железобетонных конструкций с учетом контактного слоя	88
4.2.1. Влияние контактного слоя на прогибы трехслойных железобетонных конструкций	88
4.2.2. Влияние внешнего и внутреннего слоев на прогибы трехслойных железобетонных конструкций с учетом контактных слоев	92
4.3. Верификация результатов теоретических и экспериментальных исследований трехслойных железобетонных балок на изгиб	96
4.3.1. Подготовка образцов к испытаниям	96
4.3.2. Проведение испытанных исследований подготовленных балок и анализ полученных результатов.....	98
4.4. Техничко-экономические показатели ограждающих конструкций покрытий с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводного бетона.....	101
4.5. Оценка технологичности конструктивного решения многослойного покрытия с теплоизоляционным слоем из бетона низкой теплопроводности.....	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	124
Библиографический список	125

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений совершенствования ограждающих конструкций является использование легкого низкотеплопроводного бетона во внутреннем слое и конструкционного бетона в наружном слое многослойных железобетонных конструкций. В технологическом цикле процесса изготовления многослойных железобетонных конструкций, при последовательной послойной укладке различных бетонов, между ними образуется контактная зона в виде пограничного слоя за счет взаимного проникновения заполнителей в толщу смежных бетонных слоев с образованием монолитной цементной матрицы. Контактный слой влияет на характер соединения слоев сечения и на напряженно-деформированное состояние конструкции под нагрузкой и, как следствие, особенности выбора или разработки методики исследования и расчета. Несмотря на это, в большинстве проведенных ранее исследований не было учтено влияние технологических факторов на формирование геометрических и физико-механических характеристик контактного слоя и на построение расчетных моделей и, соответственно, разработку методики расчета многослойных железобетонных конструкций.

Проведение экспериментальных исследований геометрических и физическо-механических характеристик контактной зоны между различными бетонами обосновывает особенности формирования многослойного сечения, прочностные и деформативные характеристики всех слоев многослойных железобетонных конструкций и, как следствие, позволяет повысить точность и качество их расчета и проектирования.

Вариативность технологических параметров при изготовлении многослойных конструкций определяет особенности построения расчетных моделей и соответствующих им методик расчета многослойных железобетонных конструкций. Для верификации основных расчетных предпосылок необходимо проведение экспериментальных исследований, позволяющих определять геометрические, прочностные и деформативные характеристики контактной зоны и их влияние на результаты расчета.

Разработанные конструктивные решения и методики расчета прочности и деформативности многослойных железобетонных конструкций покрытия здания с теплоизоляционным внутренним слоем из бетона низкой теплопроводности с учетом контактных слоев между слоями из различных бетонов направлены на решение проблем повышения энергоэффективности конструкций покрытий зданий.

Результаты обобщения и анализа конструктивных решений многослойных железобетонных конструкций с внутренним слоем из легкого низкотеплопроводного бетона, удовлетворяющих современным требованиям при эксплуатации теплоизоляции и звукоизоляции, подтвердили возможность и перспективы их использования в климатических условиях не только российских регионов, но и Вьетнама.

Проведение экспериментальных исследований структуры и параметров контактных слоев, образующихся при последовательной укладке различных бетонов с учетом влияния временных перерывов при изготовлении, позволяет повысить точность расчета по прочности, трещиностойкости и деформативности изгибаемой многослойной железобетонной конструкции со средним слоем из легкого низкотеплопроводного бетона, учитывающие прочностные и деформативные характеристики контактного слоя. Их результаты соответствуют численным исследованиям влияния геометрических и физико-механических характеристик контактного слоя на параметры прочности, трещиностойкости и деформативности многослойных изгибаемых железобетонных конструкций.

Разработка и внедрение новых конструктивных решений многослойных железобетонных конструкций с теплоизоляционным слоем из бетона низкой теплопроводности в практику строительного производства основано на совершенствовании теоретических и методологических основ их расчета, в том числе с учетом геометрических и физико-меха-

нических параметров контактных слоев. Для этого проведены экспериментальные исследования геометрических и физико-механических характеристик контактных зон, образующихся при последовательной укладке бетонных слоев в едином технологическом цикле при изготовлении многослойных конструкций, и разработана методика расчета изгибаемых многослойных железобетонных конструкций со средним теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводного бетона с учетом геометрических, прочностных и деформативных характеристик контактных слоев. Численными исследованиями установлены зависимости влияния толщины и физико-механических характеристик контактного слоя на расчетные параметры, верифицированные проверочными экспериментальными исследованиями напряженно-деформированного состояния многослойных изгибаемых железобетонных балок.

Для практических целей в области проектирования и расчета энергоэффективных ограждающих конструкций разработана методика расчета многослойных ограждающих конструкций покрытия из бетонов с различными физико-механическими характеристиками, образующими при изготовлении контактную зону, параметры которой учитываются в расчете.

Глава 1. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ

1.1. Прогрессивные технические решения многослойных конструкций покрытий зданий

В практике современного строительства используются различные конструктивно-технологические решения ограждающих конструкций с целью обеспечения не только требуемых прочностных и деформативных характеристик, соответствующих их безопасной эксплуатации, но и отвечающие созданию комфортных санитарно-гигиенических условий в помещениях различного назначения. Эта задача напрямую связана с выбором таких решений, которые соответствуют рациональному энергопотреблению эксплуатируемых зданий в широком диапазоне температурно-влажностных перепадов в различных климатических зонах.

Многообразие разработанных технических решений с применением большого числа теплоизоляционных материалов с различными физико-механическими характеристиками позволяет делать выбор применительно к заданным условиям эксплуатации, наличию сырьевой и производственной базы, логистическим схемам.

Разработаны технологические решения и имеется опыт производства и эксплуатации кровельных покрытий, утепленных пустотелым кирпичом (рис. 1.1), пеноблоками (рис. 1.2), а также с использованием кровельной черепицы в сочетании с вентиляцией (рис. 1.3). Эти покрытия долговечны, но не всегда экономичны с точки зрения транспортировки и хранения, а также имеют высокие трудозатраты за счет ручных работ со штучными изделиями.



Рис. 1.1. Теплоизоляция для кровли с использованием полого кирпича



Рис. 1.2. Теплоизоляция для кровли с использованием пены



Рис. 1.3. Решения теплоизоляционной крыши с использованием кровельной черепицы

Этих недостатков лишены кровельные сэндвич-панели, внешние слои выполнены из тонкой стали, а средний слой — из пеноизоляции (рис. 1.4). Это решение также отвечает требованиям звукоизоляции. Однако несущая способность сэндвич-панелей невелика. Кроме того, требуются большие затраты на оцинковку и лакокрасочное покрытие.

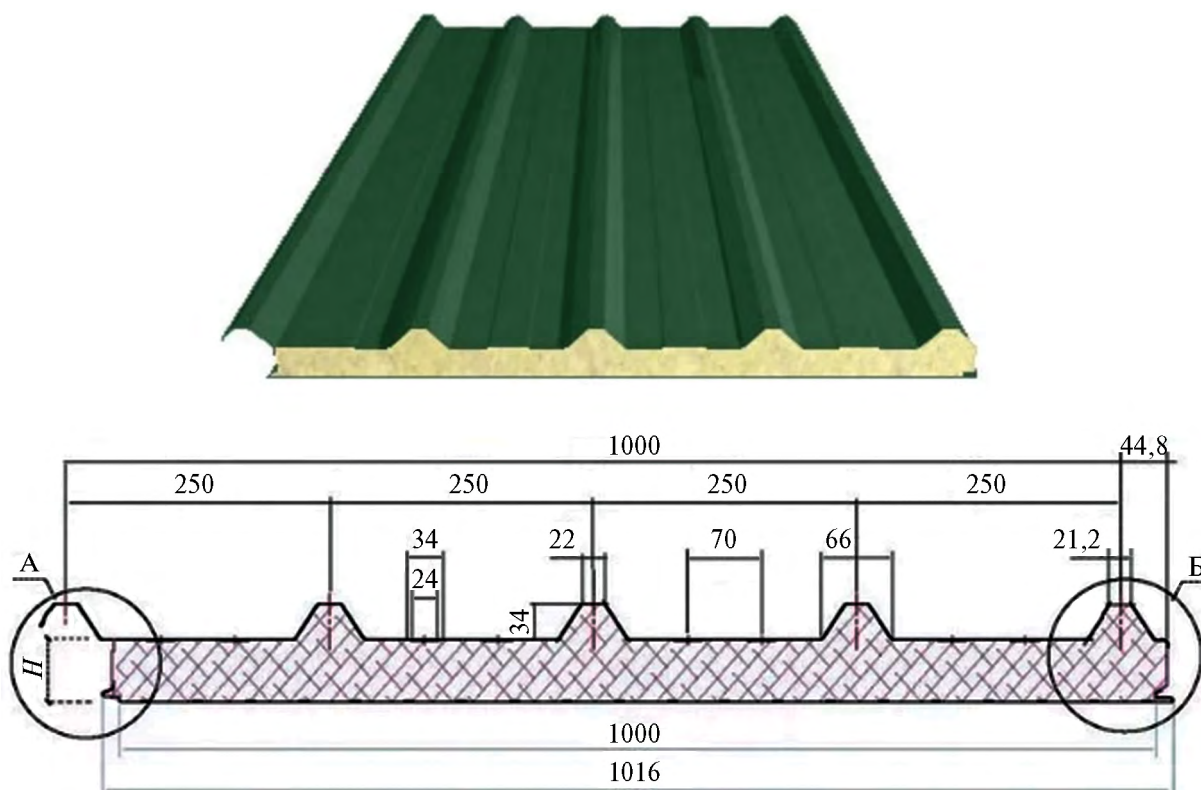


Рис. 1.4. Сэндвич-панели кровельные

В различных странах все большее применение находят кровельные покрытия с интегрированной системой озеленения (рис. 1.5), которые также выполняют теплозащитные функции и снижают негативное воздействие солнечной радиации на здания. Однако при таком решении зачастую нужен дополнительный слой теплоизоляции, удовлетворяющий требованиям сопротивления теплопередачи конструкций покрытия зданий в различных климатических условиях.

Немаловажное значение имеет конструкция несущего основания под кровлю. Наиболее рациональным решением является пустотелая конструкция, которая создает дополнительную теплоизоляционную прослойку, тем самым вместе с утеплителем увеличит сопротивление теплопередаче плиты покрытия в целом. Примерами таких конструктивных решений являются пустотная плита, пустотный блок, конструкция покрытия с бло-

ками из полистирола, конструкция покрытия с шарами и т.д. (рис. 1.6, а–г). Однако все эти конструктивные решения нуждаются в дополнительном слое теплоизоляции, чтобы соответствовать нормативным требованиям по теплозащите зданий, а это приводит к дополнительным трудозатратам.

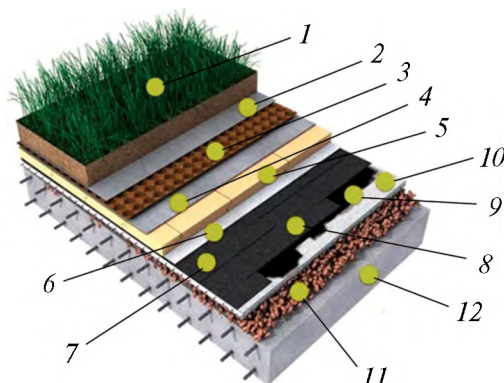
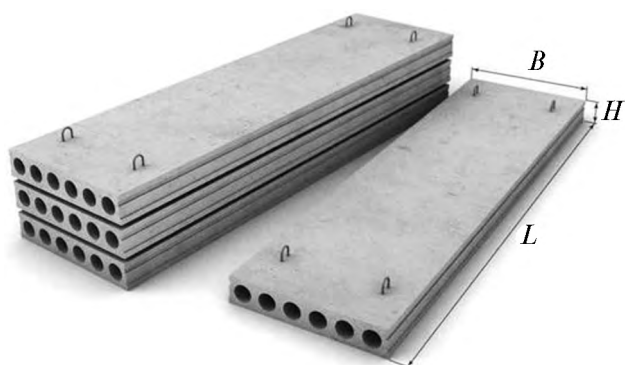


Рис. 1.5. Зеленая крыша:

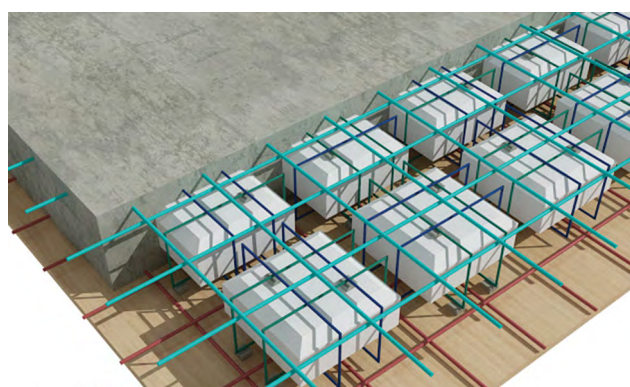
1 — грунт и зеленые насаждения; 2, 4 — термоскрепленный геотекстиль; 3 — профилированная мембрана; 5 — утеплитель; 6 — иглопробивной геотекстиль; 7 — техноэласт ГРИНН ЭПП; 8 — техноэласт ЭПП; 9 — праймер битумный; 10 — цементно-песчаная стяжка; 11 — слой керамзита для создания уклона; 12 — железобетонное основание



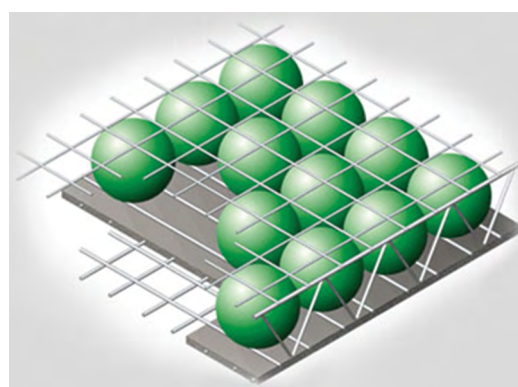
а



б



в



г

Рис. 1.6. Пустотная конструкция крыши:

а — пустотная железобетонная плита перекрытия; б — пустотный железобетонный блок; в — конструкция покрытия с блоками из полистирола; г — конструкция покрытия с шарами

Одним из наиболее эффективных решений, значительно сокращающих эти недостатки в решении проблемы обеспечения требуемой теплоизоляции крыш, является применение многослойных железобетонных плит с внутренним слоем из долговечных и на-

дежных теплоизоляционных материалов — легких бетонов низкой теплопроводности [4; 9; 39; 45; 86]. Это решение удовлетворяет одновременно требованиям несущей способности и теплоизоляции ограждающей конструкции покрытия. Накопленный опыт научных исследований в России и странах Европы получил дальнейшее развитие применительно к особенностям климатических условий Вьетнама.

Легкие бетоны низкой теплопроводности обладают преимущественными свойствами по сравнению с традиционными теплоизоляционными материалами, такими как высокая долговечность, коррозионная стойкость, огнестойкость, водонепроницаемость, низкая теплопроводность, морозостойкость и низкая стоимость. Некоторые виды легких бетонов, такие как крупнопористый бетон, перлитобетон, арболит, полистиролбетон и их модификации и т.д., исследованы и рекомендованы для применения в среднем теплоизоляционном слое трехслойных конструкций.

Одним из наиболее перспективных из числа вышеперечисленных бетонов в современном строительстве является полистиролбетон. Полистиролбетон является разновидностью теплоизоляционных бетонов и представляет собой композиционный материал, состоящий из портландцемента, воды, пористого заполнителя в виде гранул вспененного полистирола, а также воздухововлекающих добавок и минеральных компонентов. Во многих странах ограждающие конструкции наружных стен, а также крыш зданий, выполненные из полистиролбетона, вообще не требуют дополнительных мероприятий по повышению их энергоэффективности, так как обладают требуемыми теплоизоляционными свойствами [10–12]. Для развития производства бетонов с заполнителем из полистирола в России разработан и применяется ГОСТ Р 51263–2012 Полистиролбетон. Технические условия, что открыло возможность для проектирования и широкого применения его в современных ограждающих конструкциях.

По результатам многочисленных исследований установлено, что полистиролбетон обладает низким коэффициентом теплопроводности — от 0,055 Вт/(м·К), что существенно отличает его от других типов традиционных конструктивных строительных материалов (тяжелый бетон, керамзитобетон, пенобетон, газобетон, древесина, керамический кирпич). Разработаны составы полистиролбетона плотностью 150–500 кг/м³, прочностью на сжатие от 0,5 МПа до 2 МПа, что обеспечивает возможность применения этого материала во внутреннем теплоизоляционном слое при изготовлении многослойных конструкций.

Изделия и конструкции с использованием полистиролбетона позволяют повысить не только теплоизоляцию, но и звукоизоляцию зданий, а также снизить массу конструкции. Железобетонные конструкции с использованием полистиролбетона в среднем слое позволяют уменьшить собственный вес на 10–20 %, сопротивление теплопередаче увеличить в 2,7–3,7 раза по сравнению с однослойными конструкциями из керамзитобетона.

Основываясь на имеющемся российском и европейском опыте теплоизоляционных решений ограждающих конструкций кровли, разработано конструктивное решение со средним слоем из легкого бетона низкой теплопроводности для климатических условий Вьетнама, позволяющее обеспечить требуемые параметры микроклимата и создавать комфортный режим в здании. Однако оптимальные толщины и теплофизические характеристики внутреннего и наружного слоев многослойных железобетонных конструкций покрытий зданий во Вьетнаме определяются на основании проведенных расчетов и подтверждаются результатами экспериментальных исследований.

Конструкция трехслойной железобетонной панели покрытия представляет собой модульную систему, наружные слои которой выполняются из конструкционного тяжелого бетона плотностью 2400 кг/м³, класса В12,5–В30, толщиной (h_1) от 4–10 см, и внутренний слой из легкого низкотеплопроводного бетона — полистиролбетона с прочностью на сжатие до 2 МПа [10; 14; 16; 27; 61; 62]. Толщина среднего слоя (h_2) зависит от результатов теплотехнического расчета и зависит от назначения помещений (рис. 1.7, а, б).

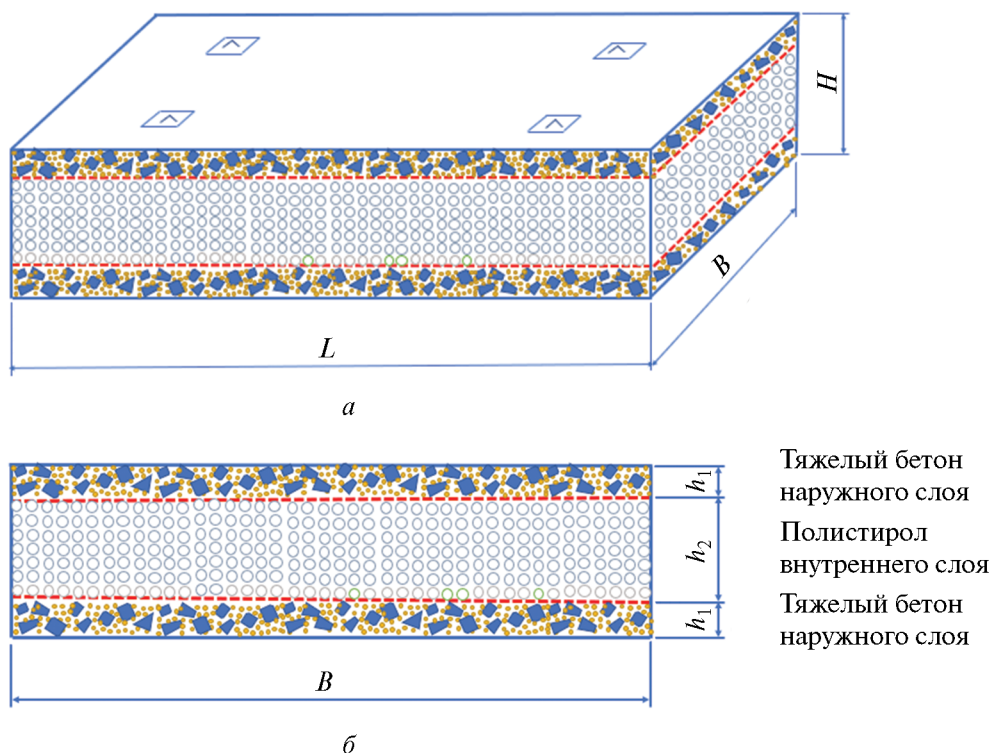
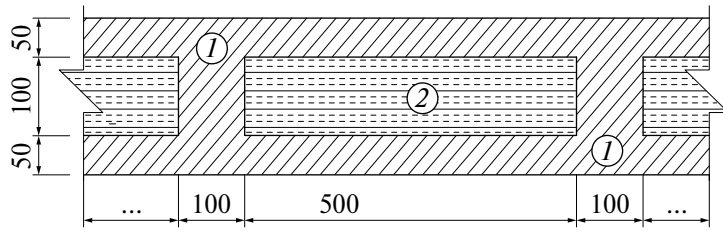


Рис. 1.7. Трехслойная плита:
а — общий вид трехслойной плиты; б — сечение трехслойной плиты

Таблица 1.1

Железобетонные плиты покрытия крыш высотных зданий

№	Вид плиты	Состав слоев
1	<p>Трехслойная железобетонная плита</p>	1, 3 — тяжелый бетон В25 толщиной $\delta_1 = 50$ см 2 — полистиролбетон В1 толщиной $\delta_2 = 100$ см $\lambda = 0,091$ Вт/(м·°С) Общая толщина плиты: $\delta = 0,2$ м
2	<p>Сплошная железобетонная плита из тяжелого бетона</p>	1 — плита из тяжелого бетона В25 толщиной $\delta = 0,2$ м $\lambda = 1,86$ Вт/(м·°С)
3	<p>Многopустотная железобетонная плита из тяжелого бетона</p>	1 — плита из тяжелого бетона В25 толщиной $\delta = 0,2$ м и диаметром пустот $\varnothing = 0,1$ м

№	Вид плиты	Состав слоев
4	 <p>Железобетонная плита с блоками из пенополистирола</p>	<p>Плита из тяжелого бетона В25 толщиной $\delta = 0,2$ м (1) с пенополистирольными блоками размером 500×100 мм (2) $\lambda = 0,04$ Вт/(м$^\circ$С)</p>

В стандарте TCVN 4605-1988 [82] показано, что с учетом фактора воздействия солнечной радиации и других условий расчетная температура наружной поверхности конструкции определяется следующим образом: $t_o = t_n + \varphi I_{tb} / \alpha_n = 49,52$ °С ≈ 50 °С при температуре наружного воздуха $t_n = 40$ °С летом, коэффициенте теплопередачи наружной поверхности ограждающей конструкции крыши $\alpha_n = 21,5$ (Вт/м 2 ·°С), средней интенсивности солнечного излучения на поверхность $I_{tb} = 366$ Вт/м 2 и коэффициенте поглощения наружной поверхности из цементно-песчаного раствора $\varphi = 0,65$ [73; 82]. Температура наружной (t_o) и внутренней (t_i) поверхностей покрытия здания составляет $t_o = 50$ °С и $t_i = 20$ °С, а коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции $\alpha_i = 5,07$ Вт/м 2 ·°С (по табл. 3 TCVN4605-1988 [82]). В этом случае влажность материалов в ограждающей конструкции при численном моделировании теплообмена не учитывается.

Для обоснования эффективности разрабатываемых конструкций выполнено сопоставление теплозащитных характеристик различных видов покрытий, приведенных в табл. 1.1:

- 1 — трехслойная железобетонная панель с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводного бетона;
- 2 — сплошная железобетонная плита из тяжелого бетона;
- 3 — многпустотная железобетонная плита из тяжелого бетона;
- 4 — железобетонная плита с блоками-вкладышами в среднем слое из пенополистирола.

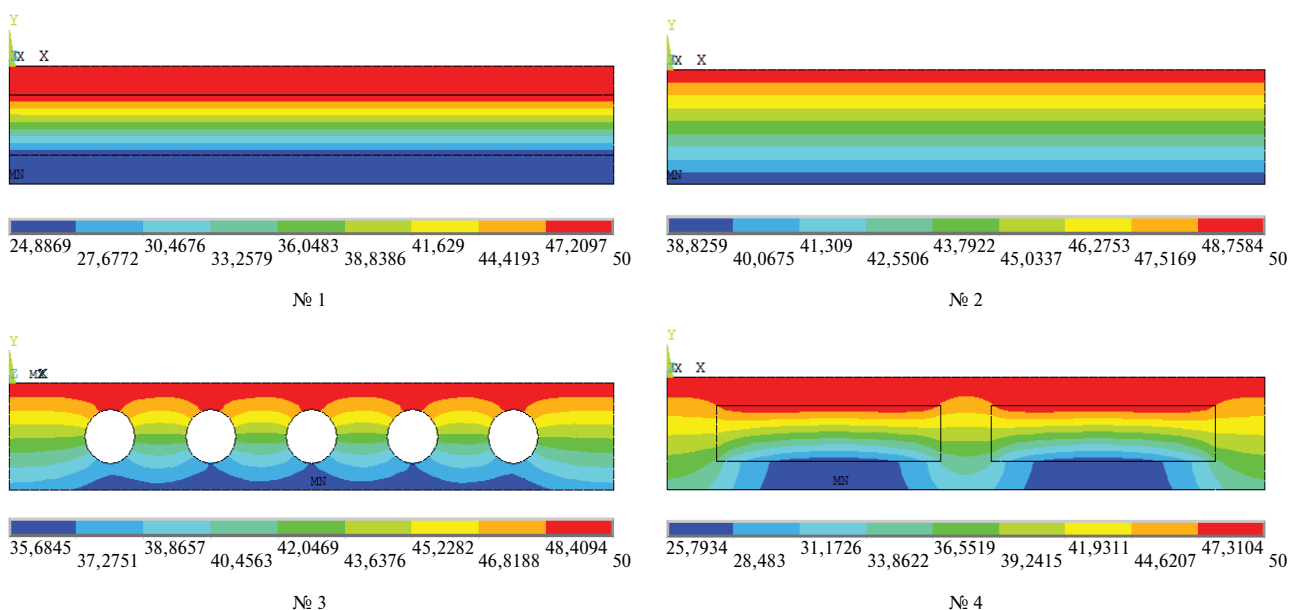


Рис. 1.8. Температурный режим нескольких вариантов покрытия крыш высотных зданий из железобетонных плит

Расчет выполнен с использованием программного комплекса ANSYS Mechanical в форме макросов на внутреннем языке программирования APDL. Рассчитан температурный режим для четырех вариантов устройства покрытий многоэтажных зданий железобетонными плитами разной конструкции. Результаты расчета проиллюстрированы на рис. 1.8 и 1.9.

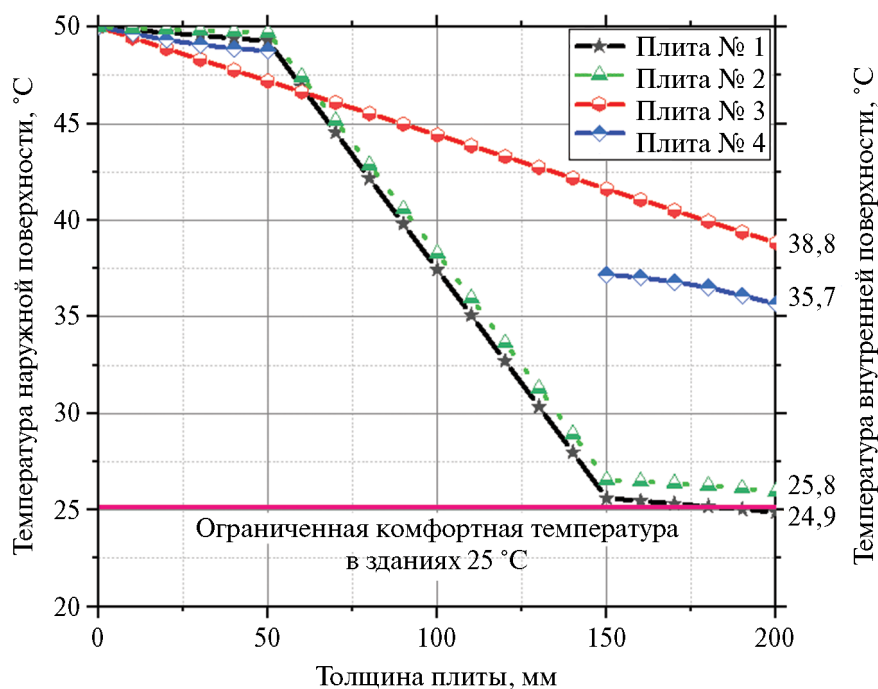


Рис. 1.9. Распределение температуры по толщине железобетонной плиты

Из полученных результатов следует, что температура на внутренней поверхности покрытия для трехслойной железобетонной плиты находится в пределах температурного диапазона (не выше +25 °C), обеспечивающего условия комфортного и удобного проживания, что обеспечивает преимущество над системами устройства покрытий с использованием железобетонных плит другой конструкции.

1.2. Определение сопротивления теплопередачи многослойных железобетонных панелей покрытий для климатических условий Вьетнама

Сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ можно определить по различным методикам, приведенным в нормативных документах: по формуле (1) TCVN 4605-1988 Методы обогрева — Изолирующий компонент — Стандарты конструкции [82] или по формуле (4) СТО 00044807-001-2006 Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий [55]:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_{\text{к}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (1.1)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности конструкции, для гладких потолков равный $5,1 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ($\approx 5,9 \text{ W} / \text{м}^2 \cdot \text{K}$) — по стандарту TCVN 4605-1988 или принимается равным $8,7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ по СТО 00044807-001-2006; $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент теплоотдачи (при зимних условиях) наружной поверхности конструкции покрытия, который принимается по стандарту TCVN 4605-1988 $\alpha_{\text{н}} = 21,5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ($\approx 25 \text{ W} / \text{м}^2 \cdot \text{K}$) или $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ по СТО 00044807-001-2006; $R_{\text{к}}$ — термическое сопротивление конструк-

ции с последовательно расположенными однородными слоями, которое определяется по формуле:

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3, \quad (1.2)$$

где R_1, R_2, R_3 — термические сопротивления отдельных слоев составных конструкций ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$), которые определяются по формуле (1.3):

$$R_j = \frac{\delta_j}{\lambda_j}, \quad (1.3)$$

где δ_j — толщина j -го слоя, м; λ_j — коэффициент теплопроводности материала j -го слоя, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Приведенное термическое сопротивление ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) неоднородной ограждающей конструкции определяется в соответствии с СТО 00044807-001-2006 и TCVN 4605-1988 следующим образом:

$$R_k = \frac{R_a + R_b}{3}, \quad (1.4)$$

где R_a ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) определяется по формуле (1.5) в предположении, что конструкция условно разрезается плоскостями, параллельными направлению теплового потока, на однослойные и многослойные части:

$$R_a = \frac{\sum_{j=1}^n F_j}{\sum_{j=1}^n R_j}, \quad (1.5)$$

где F_j — площади частичных участков и отдельных конструкций, м^2 ; R_j — термическое сопротивление частичных участков и отдельных конструкций, которые определяются по формулам (1.3) и (1.4) для однородных и неоднородных участков; R_b ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) — сумма термических сопротивлений отдельных однородных и неоднородных слоев, которые определяются по формулам (1.2) и (1.4) в предположении, что условно перпендикулярные плоскости теплового потока разрезают ограждающую конструкцию на слои из одного или неоднородного материала.

По стандарту Социалистической Республики Вьетнам (СРВ) [82] относительная влажность в различных климатических зонах страны находится в диапазоне 60–90 %, поэтому во Вьетнаме условия эксплуатации ограждающих конструкций соответствуют условию эксплуатации Б по стандарту Российской Федерации [55]. В связи с этим в проведенном исследовании анализируется сопротивление теплопередаче ограждающих трехслойных железобетонных конструкций покрытий в условиях эксплуатации Б.

При определении сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций был принят коэффициент теплопроводности для наружных слоев из тяжелого бетона, соответствующий условиям эксплуатации Б по стандарту СТО 00044807-001–2006, а во внутреннем слое из полистиролбетона — с коэффициентом теплопроводности по стандарту СТО 00044807-001–2006 и ГОСТ 33929–2016 (табл. 1.2, 1.3). Толщина наружного слоя предусмотрена не менее 4 см для обеспечения защитного слоя арматуры панели.

В климатических условиях Вьетнама требуемое сопротивление теплопередаче ($R_{\text{отр_min}}$) определяется по стандарту TCVN 4605–1988 [82], $R_{\text{отр_min}} \geq 0,86 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$ для конструкций покрытия и $R_{\text{отр_min}} \geq 0,5 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$ для ограждающих конструкций.

Таблица 1.2

Физико-механические характеристики материалов панели

Конструкции	Характеристики бетонов в слоях						
	Тяжелый бетон в наружных слоях			Полистиролбетон во внутреннем слое			
	Плотность, γ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·°С)		Плотность, γ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·°С)		Класс полистиролбетона
		По стандарту СРБ	По стандарту РФ (при условии эксплуатации Б)		По стандарту СРБ	По стандарту РФ (при условии эксплуатации Б)	
Панели покрытий	2400	1,80	1,86	300	0,091	0,091	D300
				350	0,101	0,101	D350
				400	0,117	0,117	D400
				450	0,130	0,130	D450
				500	0,145	0,145	D500

Таблица 1.3

Приведенное сопротивление теплопередаче трехслойных панелей покрытия с использованием легкого низкотеплопроводного бетона во внутреннем слое

Толщина наружных слоев	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·°С)		Толщина панелей, мм					
	Наружных слоев	Среднего слоя	150	200	250	300	350	400
40	1,86	0,091	0,842	1,272	1,699	2,125	2,55	2954
		0,101	0,791	1,188	1,582	1,975	2,367	2,749
		0,117	0,726	1,079	1,429	1,779	2,128	2,476
		0,130	0,684	1,007	1,328	1,649	1,969	2,289
		0,145	0,642	0,937	1,231	1,524	1,816	2,109
50	1,86	0,091	0,68	1,115	1,544	1,972	2,398	2,823
		0,101	0,644	1,044	1,44	1,834	2,227	2,619
		0,117	0,596	0,951	1,303	1,654	2,003	2,352
		0,130	0,565	0,89	1,213	1,535	1,855	2,176
		0,145	0,535	0,832	1,126	1,42	1,713	2,005
60	1,86	0,091	0,556	0,995	1,387	1,817	2,244	2,67
		0,101	0,493	0,897	1,296	1,691	2,085	2,478
		0,117	0,464	0,822	1,176	1,527	1,878	2,227
		0,130	0,445	0,773	1,097	1,419	1,741	2,062
		0,145	0,427	0,725	1,021	1,315	1,609	1,902
70	1,86	0,091	—	0,793	1,229	1,66	2,089	2,516
		0,101	—	0,748	1,15	1,547	1,943	2,336
		0,117	—	0,691	1,047	1,4	1,752	2,102
		0,130	—	0,654	0,98	1,303	1,626	1,947
		0,145	—	0,618	0,915	1,21	1,504	1,798
80	1,86	0,091	—	0,628	1,068	1,502	1,932	2,361
		0,101	—	0,597	1,002	1,402	1,799	2,194
		0,117	—	0,559	0,917	1,272	1,625	1,976
		0,130	—	0,533	0,861	1,186	1,51	1,832
		0,145	—	0,509	0,808	1,104	1,399	1,693

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru