

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
Научно-исследовательское республиканское
унитарное предприятие по строительству "Институт БелНИИС"

УДК 691.327:666.973.5:697.1(083.96:084.11)
№ гос. регистрации 20240627 от 22.04.2024

инв. №

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
РУП "Институт БелНИИС"

О.Н. Лешкевич

" 5 " сентября 2024 г.

**ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

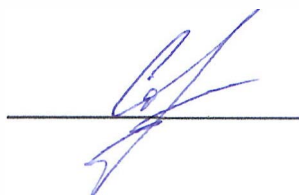
по теме:

ПРОВЕСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТАТЬ МЕТОДИКУ ПО
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ И АЛЬБОМЫ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРИМЕНЕНИЕ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ
ТРЕБОВАНИЙ К ТЕПЛОЗАЩИТЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ
АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Этап 2. Провести комплексные исследования, выполнить анализ конструктивных решений наружных стен, выполненных с применением блоков автоклавного бетон, с определением теплотехнических показателей

Договор № 792/1н-23 от 29 декабря 2023 г.

Научный руководитель




О.В. Сапоненка

Минск 2024

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зав. отделом ограждающих
конструкций



О.В. Сапоненка

Ведущий инженер,
к.т.н.



А.Б. Крутилин

Нормоконтролер



П.А. Руденя

РЕФЕРАТ

Отчет содержит **180** страниц, **194** рисунка, **18** таблиц.

Ключевые слова: ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН, КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ, СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ, КОЭФФИЦИЕНТЫ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ТОЧЕТНЫЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ.

В процессе работы определены приведенные коэффициенты теплопроводности кладок из ячеистого бетона различной плотности для клеевого и цементно-песчаного раствора. Рассчитаны коэффициенты удельных потерь теплоты через точные теплотехнические однородности для вентилируемой и легкой штукатурной систем утепления, а также для наружной облицовки кладкой из штучных материалов на основе.

СОДЕРЖАНИЕ

2. Провести комплексные исследования, выполнить анализ конструктивных решений наружных стен, выполненных с применением блоков автоклавного бетон, с определением теплотехнических показателей

ВВЕДЕНИЕ	5
1. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ТОЧЕЧНЫЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ	7
2. ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КЛАДОК ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА	10
2.1 Кладка из ячеистого бетона на цементно-песчаном растворе	10
2.2 Кладка из ячеистого бетона на клеевом растворе	28
3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ КОЭФФИЦИЕНТОВ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ	47
3.1 Наружные стены из ячеистобетонных блоков с вентилируемой фасадной системой утепления	47
3.2 Наружные стены из ячеистобетонных блоков с легкой штукатурной системой утепления	88
3.3 Наружные стены из ячеистобетонных блоков с облицовкой на основе кладкой из штучных материалов	126
4. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НАРУЖНЫХ СТЕН ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ	166
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	169
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	171
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Протокол испытаний ячеистого бетона	172
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Протокол испытаний кладочного раствора	177

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, при проектировании наружных ограждающих конструкций, в соответствии с требованиями СН 2.04.02-2020 [2] необходимо рассчитывать их приведенное сопротивление теплопередаче. При этом значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции должно быть больше или равно величине нормативного сопротивления теплопередаче.

Допускаемые методы для расчета приведенного сопротивления теплопередаче приведены в СП 2.04.01-2020 [1] и практически все они базируются на расчетах объемных или плоских температурных полей фрагментов ограждающих конструкций. При проектировании для инженеров, зачастую, такие расчеты представляют значительные сложности. В тоже время можно упростить эту задачу.

Как правило, наружные стены из штучных материалов, независимо от наличия или отсутствия системы утепления, представляют собой кладку, выполняемую на растворе. Для кладки из ячеистобетонных блоков раствор может быть как толстослойным (как правило — это цементно-песчаный раствор) и тонкослойным (клеевой раствор). При теплотехнических расчетах принято для кладок из штучных материалов использовать эквивалентные коэффициенты теплопроводности — коэффициенты теплопроводности с учетом влияния кладочных растворов. Они зависят как от толщины раствора, так и от коэффициента теплопроводности, как раствора, так и ячеистого бетона. Их определение возможно на основании расчетов объемного распределения температуры расчетных фрагментов стен.

Наружные стены с системами утепления получили широкое распространение в Республике Беларусь. Прежде всего — это легкие штукатурные системы утепления. Учитывая, что их конструкция типовая — в ней известны и типовые теплопроводные включения. Это элементы крепления слоя теплоизоляции — дюбеля с металлическими сердечниками. Они представляют собой точечную теплотехническую неоднородность (ТТН). Их влияние может быть определено на основании расчета объемного температурного поля и коэффициента удельных потерь теплоты через ТТН.

Наружные стены с вентилируемыми фасадными системами в настоящее время приобретают всю большую популярность. В тоже время одним из недостатков данных систем утепления является наличие теплопроводных включений, которые снижают уровень теплозащиты стен. Это кронштейны для крепления наружной облицовки, а также дюбеля крепления слоя теплоизоляции. Они также представляют собой точечную теплотехническую неоднородность и их влияние может быть определено на основании расчета объемного температурного поля.

После расчетов определяются коэффициенты удельных потерь теплоты через ТТН. В дальнейшем, при определении приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с использованием коэффициентов удельных потерь теплоты возможна значительная экономия времени. При этом, возможно выполнить предварительные технико-экономические расчеты с целью минимизации затрат на возведение наружных стен здания.

В современных условиях строительства при проектировании наружных ограждающих конструкций первостепенное значение имеет обеспечение энергоэффективности зданий. Один из ключевых факторов, влияющих на теплозащитные свойства здания, — это теплотехнические характеристики материалов, используемых в наружных стенах. В данном контексте ячеистый бетон, в частности блоки автоклавного твердения, представляет собой перспективный материал для повышения энергоэффективности за счет своей низкой плотности и теплопроводности.

Цель данного исследования заключается в комплексной оценке и анализе конструктивных решений наружных стен, выполненных с применением блоков из автоклавного газобетона, с акцентом на их теплотехнические показатели. Исследования включают расчеты приведенных коэффициентов теплопроводности для кладок различной толщины и плотности на цементно-песчаном и клеевом растворах, а также оценку потерь теплоты через теплопроводные включения при использовании различных систем утепления. Определение этих показателей позволяет объективно оценить потенциал использования ячеистого бетона в ограждающих конструкциях, что особенно важно в условиях ужесточения требований к энергоэффективности зданий.

Теплотехнические характеристики строительных материалов напрямую влияют на сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций и, соответственно, на уровень энергопотребления здания. Правильный выбор материалов и решений для внешних стен позволяет существенно снизить теплопотери, обеспечивая комфортные условия эксплуатации при минимальных затратах на отопление. Таким образом, результаты данного исследования будут способствовать продвижению ячеистого бетона как эффективного кладочного материала для строительства наружных стен современных зданий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования подтвердили высокую эффективность ячеистого бетона как материала для строительства наружных стен зданий, особенно в условиях необходимости соблюдения современных требований по энергосбережению. Автоклавный ячеистый бетон обладает низкой теплопроводностью, что позволяет значительно сократить теплотери через ограждающие конструкции. Однако, чтобы в полной мере реализовать его потенциал, важно учитывать влияние конструктивных решений и дополнительных элементов, таких как системы утепления и крепежные детали, которые могут существенно повлиять на общие теплотехнические характеристики стен.

В ходе выполненного исследования были проанализированы теплотехнические характеристики наружных стен, выполненных с применением блоков из автоклавного ячеистого бетона, в сочетании с различными системами утепления. Численные расчеты позволили учесть влияние теплопроводных включений и определить удельные потери тепла через точечные теплотехнические неоднородности. В результате исследования были получены следующие результаты.

1. Определены приведенные коэффициенты теплопроводности кладок на цементно-песчаном и клеевом растворах для условий эксплуатации "А" и "Б" в соответствии с требованиями СП 2.04.01-2020 [1]. Установлено, что кладки на цементно-песчаном растворе имеют более коэффициенты теплопроводности. Величины коэффициентов теплопроводности кладок для всех рассмотренных плотностей ячеистого бетона практически не зависят от их толщины.

2. Определены коэффициенты удельных потерь теплоты через точечные теплотехнические однородности для наружных стен из ячеистого бетона и эффективным слоем теплоизоляции и различными решениями наружной облицовки.

Установлено, что с увеличением толщины слоя теплоизоляции и, соответственно, увеличением уровня теплозащиты, возрастают величины коэффициентов удельных потерь теплоты через точечные теплотехнические однородности.

Наибольшие коэффициенты удельных потерь теплоты через точечные теплотехнические однородности получены для кронштейнов с анкерами крепления наружной облицовки вентилируемой системы утепления.

3. Значения коэффициентов удельных потерь теплоты через точечные теплотехнические неоднородности возрастают с увеличением плотности материала основания стены для устройства систем утепления. Для таких условий целесообразно использовать ячеистобетонные блоки с минимальной плотностью материала.

4. Полученные значения коэффициентов удельных потерь теплоты через точечные теплотехнические однородности могут быть использованы при расчетах приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен зданий.

Проведенные исследования показали важность детального изучения теплотехнических характеристик наружных стен с применением автоклавного ячеистого бетона. В современных условиях повышения стандартов энергоэффективности зданий, такие исследования имеют ключевое значение для разработки оптимальных строительных решений, обеспечивающих минимальные теплопотери.

Исследования подчеркивают важность выбора не только материала для стен, но и конструктивных решений для систем утепления, что критически важно для минимизации теплопотерь. В тоже время требуется более глубокое изучение долговременных процессов теплопроводности в совокупности с влажностным режимом стен для учета влияния эксплуатационных воздействий на системы утепления. Особое внимание следует уделить долговечности, как самого ячеистого бетона, так и используемых конструктивных решений, а также изучению требований к материалам вентилируемых фасадов и облицовок, чтобы обеспечить устойчивость конструкций и внешний вид к возможным воздействиям на протяжении всего срока службы.