

Исследование влияния движения холодного воздуха по поверхности теплоизоляции в вентиляционном зазоре каркасной конструкции на потребление энергии.

1. Цель исследования

Целью испытаний является определение воздействия от проклеивания нахлестов ветро-, влагозащитных мембран в каркасных конструкциях с вентилируемым зазором на:

1. Ветро- и воздухопроницаемость изолированной конструкции
2. Потери тепла и, следовательно, влияние на потребление энергии.

Испытания проводились в LNE | «Laboratoire national de métrologie et d'essais» («Национальная лаборатория метрологии и испытаний», Париж, Франция)

Для проведения лабораторных испытаний использовалась климатическая камера REBECCA (см. рис. 1), позволяющая искусственно воссоздать жилое помещение, окруженное другими отопляемыми помещениями, которые могут обогреваться или охлаждаться независимо друг от друга в диапазоне температур от -7°C до 35°C .

Испытуемой ограждающей конструкцией является стена, отделяющая холодную зону (ЛИЦЕВУЮ сторону) от жилой комнаты (ВНУТРЕННЮЮ ячейку).

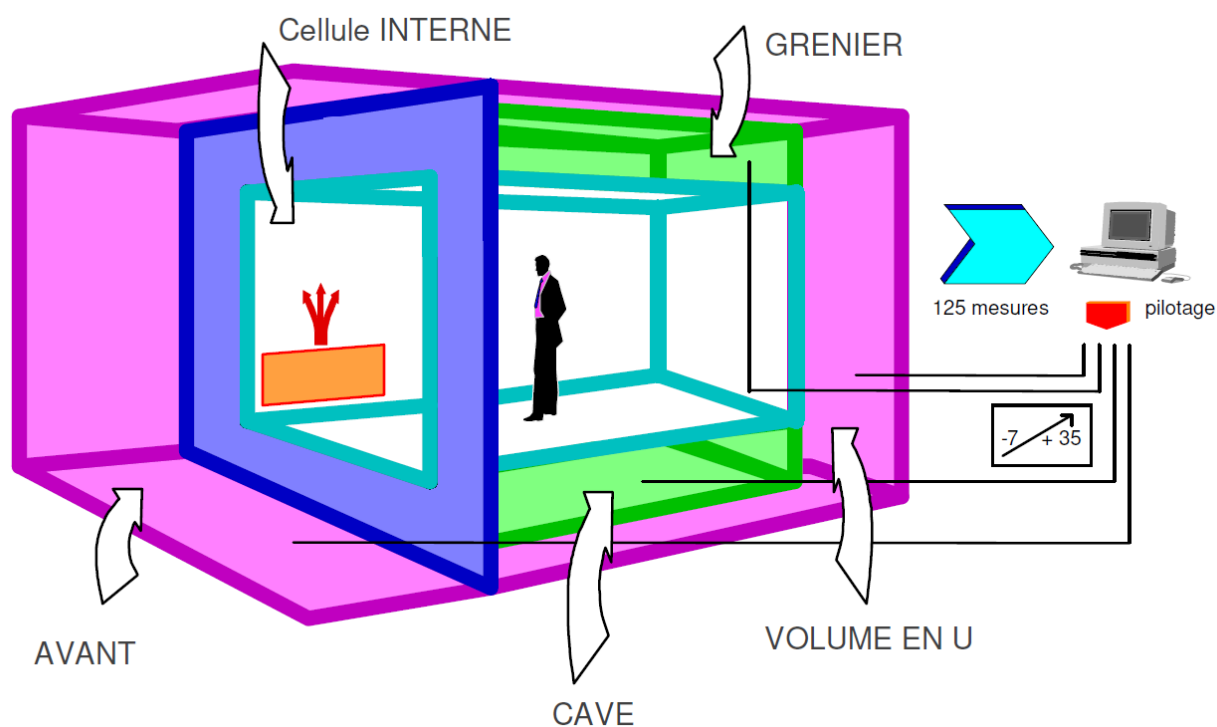


Рисунок 1: Принцип работы и схема климатической ячейки REBECCA

В тестах измеряются два основных параметра:

1. Влияние на герметичность стены: количественная оценка движения воздуха
2. Влияние на потери энергии стеной: количественная оценка потребления энергии

Испытания проводятся с качественной точки зрения, т.е. со сравнением результатов каждого этапа испытаний на каждом типе испытываемых стен. Типы стен на каждом этапе испытания различаются между собой только по одному параметру.

Протестированы четыре типа стен:

Стена 1: базовая конструкция: деревянный каркас с заполнением легким утеплителем

Стена 2: добавлена герметичная паро-, воздухоизоляция

Стена 3: добавлена ветро- влагозащитная пленка без проклейки нахлестов

Стена 4: добавлена проклейка нахлестов ветро- влагозащитной пленки

Чтобы имитировать движение воздуха в вентиляционном зазоре на холодной стороне (ЛИЦЕВАЯ сторона), в нижней части стены установлены нагнетатели воздуха, а также по контробрезетке устроен сплошной настил из гипсокартонных плит для имитации вентилируемого воздушного пространства между кровельным покрытием (отделкой фасада) и утеплителем.

Скорость движения воздуха в вентиляционном зазоре была установлена на уровне 1,4 м/с для всех проведенных измерений.

Испытания проводились в соответствии с протоколом измерений "Aeraulic study Climatic chamber LNE REBECCA» - версия 2 от 31.08.2022", согласованным с компанией DOERKEN.

2. Применяемые материалы

2.1 Характеристики материалов

DOERKEN передал в LNE следующие материалы:

Название материала	Тип материала	Толщина [мм]	Теплопроводность λ [W/m K]	Коэффициент паропроницаем-и μ
DELTA-XX PLUS® UNIVERSAL	Подкровельная ветро- влагозащитная диффузионная пленка	0,7	-	114
KS BA13	Гипсокартонный лист	12,5	0,25	10
Isoconfort 35 kraft intégral vario	Полужесткая стекловата	120	0,035	10
DELTA®-NEOVAP 20	Подкровельная паро- воздухоизоляционная пленка	0,2	-	100 000
DELTA®-REFLEX	Подкровельная паро- воздухоизоляционная пленка с алюминиевым покрытием	0,25	0,17	600 000
DELTA®-MULTI-BAND	Универсальная строительная клеящая лента	-	-	-
Доска из еловой древесины класса 2	Стропила	115	0,11	50
Доска из еловой древесины класса 2	Контробрезетка	40	0,11	50

Таблица 1: Описание материалов

Технические данные материалов взяты из Технических листов, поставленных с этими материалами. Данные продукции «Еловая доска класса 2», взяты из RT2012.

2.2 Конструкции испытываемых стен

DOERKEN установил следующие конструкции стен для испытания в лаборатории LNE:

Обозначение	Описание конструкции стены
Стена 1, базовая конструкция	Стропила 120 мм. Стекловолоконный утеплитель λ 0.035 W/m.K 120 мм. Наружная сторона: без ветро- влагозащиты Внутренняя сторона: гипсокартон без швов (от края до края)
Стена 2, добавлена пароизоляция	Стропила 120 мм. Стекловолоконный утеплитель λ 0.035 W/m.K 120 мм. Наружная сторона: без ветро- влагозащиты Внутренняя сторона: гипсокартон без швов (от края до края) с герметичной пароизоляцией
Стена 3, добавлена ветро- влагозащитная пленка без проклейки нахлестов	Стропила 120 мм. Стекловолоконный утеплитель λ 0.035 W/m.K 120 мм. Наружная сторона: ветро- влагозащитная мембрана без проклейки нахлестов Внутренняя сторона: гипсокартон без швов (от края до края) с герметичной пароизоляцией
Стена 4: добавлена проклейка нахлестов ветро- влагозащитной пленки	Стропила 120 мм. Стекловолоконный утеплитель λ 0.035 W/m.K 120 мм. Наружная сторона: ветро- влагозащитная мембрана с проклейкой нахлестов Внутренняя сторона: гипсокартон без швов (от края до края) с герметичной пароизоляцией

Таблица 2: Состав испытываемых стен

3. Методология теста

3.1 Этапы тестирования

Тесты состояли из следующих этапов:

- Подготовка ячейки REBECCA и измерительного оборудования, LNE
- Установка Стены 1 по всему размеру передней поверхности климатической ячейки, DOERKEN
- Установка наружного гипсокартона для имитации движения воздуха в вентиляционном зазоре, LNE.
- Выполнение теста на воздухопроницаемость в Стены 1 (максимум не более 50 Па) + обнаружение утечек воздуха через стену с помощью дым машины, LNE

- Установка и регулировка вентиляторов, генерирующих поток холодного воздуха в вентиляционном зазоре Стены 1, LNE
- Конфигурация ячейки REBECCA, LNE
- Выполнение теста для Стены 1 в течение 5 дней с непрерывной записью данных, LNE
- Обеспечение инфракрасной термографии (горячая сторона), LNE
- Остановка теста 1 и запись тестовых данных с помощью LNE
- Демонтаж внутреннего гипсокартона, DOERKEN
- Установка пароизоляции для получения стены 2 типа, DOERKEN
- Установка гипсокартона, идентичного тесту 1, DOERKEN
- Повторение аналогичного теста для стены 2
- Удаление конструкции вентиляционного зазора с нагнетателями, LNE
- Установка ветро- влагозащитной мембраны для получения стены 3, DOERKEN
- Установка конструкции вентиляционного зазора с нагнетателями, LNE
- Повторение аналогичного теста для стены 3
- Удаление конструкции вентиляционного зазора с нагнетателями, LNE
- Проклейка ветро- влагозащитной мембраны для получения стены 4, DOERKEN
- Установка конструкции вентиляционного зазора с нагнетателями, LNE
- Повторение аналогичного теста для стены 4
- Окончание испытаний

Перед началом каждого этапа испытания LNE проводил тест на герметичность с помощью аэродвери (blower door test) в отапливаемом объеме помещения, чтобы количественно оценить влияние каждого из внесенных изменений на воздухопроницаемость испытываемой стены.

Испытания на потребление энергии каждого типа стены проводились при температурном градиенте приблизительно 25°C (с наружи 0°C, внутри 25°C) в течение 5 дней подряд, чтобы достичь стабильного состояния и получить периоды нагрева, достаточные для сравнения энергопотребления на каждом из этапов тестирования.

Перед остановкой каждого испытания LNE проводила инфракрасную термографию испытываемой стены (горячая сторона) в стабильном состоянии. Они рассматриваются далее в этом документе.

4. Результаты теста

Все испытания проводились путем сравнения, где результаты испытаний Стены 1 служили эталоном. Затем на каждом последующем этапе количественно оценивалось влияние изменений, внесенных в конструкцию испытываемой стены по параметрам воздухопроницаемости, энергопотребления в отапливаемом объеме, а также мониторились эволюции мостиков холода и распределении температур в испытываемой стене.

4.1 Потребление энергии

Тест	R измеренное [m ² .K/W]	Потребление энергии за 1 день ΔT=25°C [W]	Разница в сопротивлении теплопередаче R [%]	Разница в потреблении энергии W по сравнению с Стеной 1 [%]	Разница в потреблении энергии W по сравнению с предыдущей Стеной [%]
Стена 1 (утеплитель)	1,95	105,43	-	-	-
Стена 2 (+пароизоляция)	2,05	100,04	5,4	-5,1	-5,1
Стена 3 (+пароизол-я +ветрозащита)	2,40	85,77	22,9	-18,6	-14,3
Стена 4 (+пароизол-я +проклеенная ветрозащита)	3,01	68,34	54,3	-35,2	-20,3

Таблица 3: Сравнение уровня потребления энергии

Примечание: Чтобы сделать результаты энергопотребления сопоставимыми и более понятными, все они приведены к удельному расходу за 24 часа.

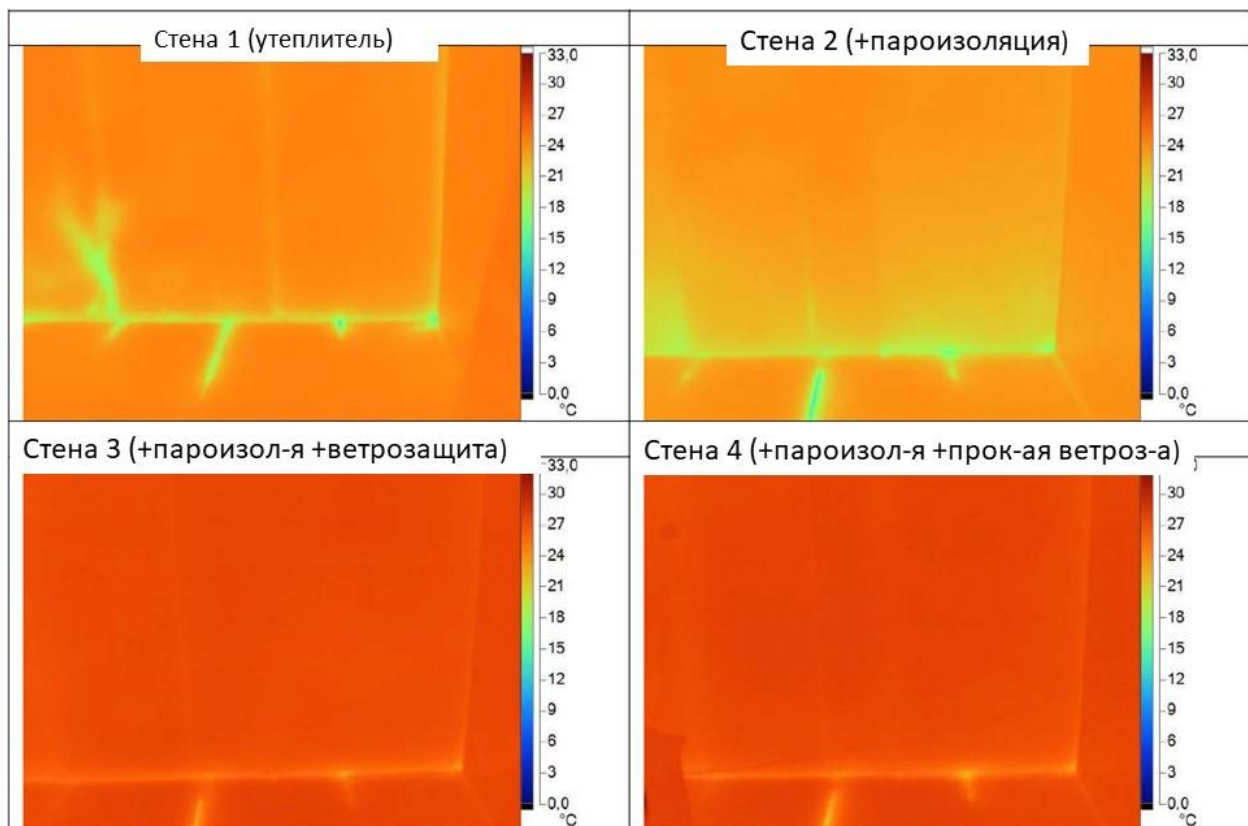
4.2 Воздухопроницаемость

Тест	Q4Pa [m ³ /h/m ²]	Уменьшение воздухопроницаемости по сравнению с Стеной 1 [%]	Уменьшение воздухопроницаемости по сравнению с предыдущей Стеной [%]
Стена 1 (утеплитель)	2,44	-	-
Стена 2 (+пароизоляция)	2,26	7,4%	7,4
Стена 3 (+пароизол-я +ветрозащита)	1,74	28,7%	23,0
Стена 4 (+пароизол-я +проклеенная ветрозащита)	1,49	38,9%	14,4

Таблица 4: Сравнение уровня воздухопроницаемости

4.3 Инфракрасная термография

Чтобы визуализировать эволюцию термограмм 4-х исследованных конфигураций, в качестве эталона для сравнения была выбрана термограмма в правом нижнем углу.



Между первым и последним тестированием мостики холода, визуализируемые с помощью инфракрасной камеры, сильно уменьшаются.

5. Выводы

Результаты теста показали, что герметизация ветро- влагозащитной пленки путем проклеивания нахлестов улучшает теплотехнические свойства конструкции по сравнению с аналогичной стеной без проклейки нахлестов:

1. Снижение потребления энергии на отопление на 20,3%
2. Снижение воздухопроницаемости конструкции на 14,4%
3. Уменьшение влияния мостиков холода на теплопроводность конструкции

По запросу может быть предоставлен полный отчет на английском языке.