

Проф. Нейтан Ван Ден Бош
Кафедра архитектуры и градостроительства
Научно-исследовательский отдел Строительной физики, строительства и услуг

ОГНЕСТОЙКАЯ ИЗОЛЯЦИЯ «РОКВУЛ®» (ROCKWOOL®)

ХЕВАДЕКС БВБА
Спиннерслаан 6
9160 Локерен

ваш исх. номер

наш исх. номер

дата

26.07.2021

контактное лицо

Н. Ван Ден Бош

электронная почта

nathan.vandenbossche@UGent.be

тел.

Моб. +32 476 97 85 91

Воздухонепроницаемость «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД» (BLOWERPROOF® LIQUID) и «ИЗОПРУФ ФР» (ISOPROOF FR) на стенах из бетонных блоков с изоляционными панелями «РОКВУЛ® РОКСЭЙТ ДУО ПЛЮС» (ROCKWOOL® ROCKSATE DUO PLUS): влияние различных опорных изоляционных анкеров

Компания «ХЕВАДЕКС БВБА» (HEVADEX BVBA) поручила Гентскому университету измерить влияние установки различных опорных изоляционных анкеров на воздухонепроницаемость одинарной стены из бетонных блоков с нанесенным жидким воздухонепроницаемым покрытием.

Покрытие	«Хевадекс Бловеппруф Ликвид» (Hevadex Blowerproof Liquid)		«Хевадекс Изопруф ФР» (Hevadex Isoproof FR)	
	«Роквул Ростэйт Дуо Плюс»		«Роквул Ростэйт Дуо Плюс»	
Строительный раствор	Нет	Есть	Нет	Есть
Без анкеров	X	X	X	X
Анкеры «Эджот ДиЭйч» (Ejot DH)	X		X	
Анкеры «Равплаг Р-ТФИКС-ЭйтЭс» (Rawlplug R-TFIX-8S)	X	X	X	X
Анкеры «Эджот ЭйчТу» (Ejot H2)		X		X
Ejotherm «Эджотерм СТР Ю Туджи» (STR U 2G)		X		X

Воздухонепроницаемость прошла испытания в Центре испытаний фасадных элементов Гентского университета. Испытания проводятся на полномасштабной испытательной установке, встроенной в стальной короб, в соответствии со стандартом EN 12114:2000 «Тепловые характеристики зданий. Воздухопроницаемость конструкций и элементов зданий. Метод лабораторного исследования».



Рисунок 1: Лабораторное испытательное устройство; «Линдаб ЛТ 600» (Lindab LT 600)

1. Испытательная установка и процедура испытаний 9160 Локерен

1.1. Процедура

Воздухонепроницаемость измеряется в соответствии с указаниями стандарта EN 12114:2000. «Тепловые характеристики зданий. Воздухонепроницаемость конструкций и элементов зданий. Метод лабораторного исследования». Испытание проводится на откалиброванном испытательном стенде, и лаборатория соблюдает все требования, установленные стандартом EN ISO 17025:2005. Все датчики отвечают требованиям стандарта EN 12114:2000.

Испытания проводились в рамках ограничений, наложенных стандартом EN 12114:2000:

- Температура в интервале [15 °C, 30 °C]
- Относительная влажность в интервале [25%, 75%]

Измеренное просачивание воздуха $Q_{\text{общ}}$ состоит из трех компонентов:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{стенд}} + Q_{\text{стена}} + Q_{\text{анкеры}} \quad [\text{м}^3 / \text{ч}]$$

Расход $Q_{\text{стенд}}$ – это просачивание воздуха через весь испытательный стенд между испытуемой стеной и расходомером, расположенным после вентилятора. $Q_{\text{стена}}$ – просачивание воздуха через стену из бетонных блоков с нанесенным жидким покрытием, $Q_{\text{анкеры}}$ – дополнительное просачивание из-за установки анкеров.

Предполагается, что поток воздуха через испытательный стенд незначителен и, следовательно, учитывается в скорости просачивания воздуха $Q_{\text{стена}}$. В этой последовательности сначала проверяется просачивание через стену, и только после этого устанавливаются анкеры. Вычитанием $Q_{\text{стена}}$ из $Q_{\text{общ}}$ количественно вычисляется просачивание из-за анкеров $Q_{\text{анкеры}}$. Если $Q_{\text{стенд}}$ не равно нулю, это приведет к завышению оценки $Q_{\text{стена}}$, но не повлияет на $Q_{\text{анкеры}}$.

На основе t-распределения Стьюдента по 40 измерениям был сделан вывод, что доверительный интервал просачивания воздуха 95% приводит к погрешности 3,965%.

1.2. Эталонные условия

Измеренное просачивание воздуха корректируется для стандартных условий (20 °C, относительная влажность 50%, 101 325 Па) следующим образом:

$$\dot{V}_0 = \dot{V} * \sqrt{\frac{p_a - 0,378802 * 610,5 * RH * \exp\left(\frac{21,875 * (T - 273,15)}{T - 7,65}\right)}{287,055 * T * \rho_0}}$$

V_0	= скорректированный расход воздуха при стандартных условиях	[м³/ч]
V	= измеренный расход воздуха в лабораторных условиях	[м³/ч]
ρ_0	= плотность воздуха при эталонных условиях ($\rho_0 = 1,1988 \text{ кг/м}^3$)	[кг/м³]
p_a	= атмосферное давление	[Па]
T	= абсолютная температура	[K]
RH	= относительная влажность	[%]

Максимальная погрешность измерительных приборов составляет соответственно 20 Па, 0,5 К и 2% относительной влажности. Анализ путем 1 000 симуляций методом Монте-Карло показывает, что максимальное влияние этой погрешности измерения на общий результат ограничено 0,14%, что можно считать незначительным.

1.3. Испытательная установка

Две одинарные стены толщиной 9 см были построены на стальных каркасах из монолитных бетонных блоков. Стены имеют ширину 1070 мм и высоту 2390 мм, что дает площадь 2,557 м².

Затем одну стену обработали «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД», а вторую – «ИЗОПРУФ ФР». Оба продукта наносились с помощью аппарата безвоздушного распыления, толщина нанесения составляла около 700 г/м² (в пределах спецификаций производителя; 500 – 800 г/м²).



Безвоздушное нанесение «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД»



Безвоздушное нанесение «ИЗОПРУФ ФР»



Стены с покрытием «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД»



Стены с покрытием «ИЗОПРУФ ФР»

Покрyтия оставяли сохнуть по крайней мере за одну неделю до проведения первого испытания на воздухопроницаемость. Затем были установлены панели «РОКВУЛ® РОКСЭЙТ ДУО ПЛЮС» толщиной 80 мм. Панели не крепились к стене с помощью клея или раствора, а только с помощью изоляционных анкеров. Для каждого сочетания были проведены испытания с 1, 2, 3, 4 и 6 анкерами, но результаты в настоящем отчете основаны на испытаниях с 6 анкерами, поскольку это позволяет нивелировать незначительные различия между отдельными анкерами. Все анкеры, кроме «Эджот ДиЭйч», имеют длину 135 мм и были установлены на уровне поверхности изоляции, что означает, что анкеры закреплены на 55 мм вглубь стены. Анкеры «Эджот ДиЭйч» устанавливаются в стену на глубину 30-40 мм. Все анкеры имеют диаметр 8 мм, а отверстия были просверлены сверлом на 8 мм.

Использовались следующие анкеры:

Использовались следующие анкеры:

Анкеры «Равплаг® Р-ТФИКС-ЭйтЭс»



Испытательная установка



Тип



Испытательная установка



Тип



сверильный станок со сверлом на 8 мм



стена с «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД» с 12 анкерами (6 серых «Равплаг®» (Rawlplug®) и 6 черных «Эджот ДиЭйч»)



стена с «ИЗОПРУФ ФР» с 12 анкерами (6 серых «Равплаг®» и 6 черных «Эджот ДиЭйч»)

На следующем этапе все анкеры были извлечены, а отверстия в соответствующих стенах были покрыты «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД» и «ИЗОПРУФ ФР». Грунтовка «ПРАЙМЕР 52» (PRIMER 52) была нанесена для придания покрытиям большей шероховатости, чтобы строительный раствор имел более высокую адгезию. Снова были установлены панели «РОКВУЛ® РОКСЭЙТ ДУО ПЛЮС» толщиной 80 мм, но теперь панели были прикреплены к стенам при помощи 1 см слоя строительного раствора «РОКВУЛ® РЭДАрт™ КАПА БЭЙС КАСА» (ROCKWOOL® REDArt™ CAPA BASE CASA). Испытания проводились для анкеров каждого типа с 1, 2, 3, 4 и 6 анкерами, тогда как в настоящем отчете используется только последний. Анкеры так же имеют диаметр 8 мм и длину 135 мм. Однако из-за слоя строительного раствора анкеры теперь крепятся на 45 мм вглубь стены.



Грунтовка «ПРАЙМЕР 52» наносилась кистью



Изоляционные панели покрывались строительным раствором «РЭДАрт™ КАПА БЭЙС КАСА»



Изоляционные панели размещались на стенах



Обе стены готовы к испытаниям

Использовались следующие анкеры:

Анкеры «Равплаг® Р-ТФИКС-ЭйтЭс»



Испытательная установка



Тип

Использовались следующие анкеры:

«Эджот ЭйчТу»



Испытательная установка



Тип

«Эджотерм СТР Ю Туджи» (Ejotherm STR U 2G)



Испытательная установка



Тип



Бетонные стены с «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД»



«ИЗОПРУФ ФР»

«ПРАЙМЕР 52, «РЭДарт™ КАПА БЭЙС КАСА», «РОКВУЛ® РОКСЭЙТ ДУО ПЛЮС» и 15 анкерами (6 зеленых «Эджот ЭйчТу», 6 белых «Эджотерм СТР Ю Туджи» (Ejot STR U 2G), 3 серых «Равплаг®»)

2. Результаты измерений

Для каждого измерения и сравнительного измерения просачивания воздуха измеряется для диапазона перепадов давления в интервале [0–600 Па] в соответствии с EN 12114. Статистический анализ проверяет результаты на наличие выбросов и удаляет их при наличии. Рассчитываются коэффициент и показатель расхода, которые описывают экспоненциальную функцию. Эта функция последовательно используется для расчета просачивания воздуха при перепадах давления 50 – 100 – 150 – ... – 600 Па, что позволяет сравнивать различные измерения.

В таблице 1 представлена сводка результатов при перепаде давления 50 Па, тогда как в таблице 2 представлены результаты при перепаде давления 600 Па. Результат «Без анкеров» относится к исходному состоянию покрытия без каких-либо проникновений. Следует отметить, что первые испытания проводились без строительного раствора, и, таким образом, испытание со строительным раствором включает в себя в общей сложности 12 ремонтных работ в стене, эффект от которых становится видимым при более высоких перепадах давления. В целом можно сделать вывод, что существует мало конкретных тенденций, позволяющих различать разные системы анкеровки. «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД» демонстрирует меньшую скорость просачивания воздуха по сравнению с «ИЗОПРУФ ФР», но влияние анкеров немного выше. При 50 Па влияние анкеров очень ограничено и колеблется от 0,000 до 0,003 м³/ч на анкер. При 600 Па влияние анкеров колеблется от 0,000 до 0,021 м³/ч на анкер.

Покрытие	«Хевадекс Бловеппруф Ликвид» (Hevadex Blowerproof Liquid)		«Хевадекс Изопруф ФР» (Hevadex Isoproof FR)	
	«Роквул Ростэйт Дуо Плюс»			
Изоляция	«Роквул Ростэйт Дуо Плюс»		«Роквул Ростэйт Дуо Плюс»	
Строительный раствор	Нет	Есть	Нет	Есть
Без анкеров	0,019	0,013	0,067	0,029
Анкеры «Эджот ДиЭйч» (Ejot DH)	+0,001		+0,001	
Анкеры «Равплаг Р-ТФИКС-ЭйтЭс» (Rawlplug R-TFIX-8S)	+0,001	+0,000	+0,001	+0,000
Анкеры «Эджот ЭйчТу» (Ejot H2)		+0,003		+0,000
Ejotherm «Эджотерм СТР Ю Туджи» (STR U 2G)		+0,001		+0,000

Скорость просачивания воздуха при 50 Па [м³/ч.м²] исходного покрытия и дополнительный эффект от установки 1 анкера

Покрытие	«Хевадекс Бловеппруф Ликвид» (Hevadex Blowerproof Liquid)		«Хевадекс Изопруф ФР» (Hevadex Isoproof FR)	
	«Роквул Ростэйт Дуо Плюс»			
Изоляция	«Роквул Ростэйт Дуо Плюс»		«Роквул Ростэйт Дуо Плюс»	
Строительный раствор	Нет	Есть	Нет	Есть
Без анкеров	0,120	0,430	0,090	0,227
Анкеры «Эджот ДиЭйч» (Ejot DH)	+0,021		+0,002	
Анкеры «Равплаг Р-ТФИКС-ЭйтЭс» (Rawlplug R-TFIX-8S)	+0,013	+0,000	+0,006	+0,000
Анкеры «Эджот ЭйчТу» (Ejot H2)		+0,015		+0,000
Ejotherm «Эджотерм СТР Ю Туджи» (STR U 2G)		+0,007		+0,001

Скорость просачивания воздуха при 600 Па [м³/ч.м²] исходного покрытия и дополнительный эффект от установки 1 анкера

3. Заключение

На две стены из бетонных блоков толщиной 9 см были нанесены покрытия «Хевадекс» (Hevadex), и были проведены испытания воздухопроницаемости в соответствии со стандартом NBN EN 12114:2000.

- «Хевадекс БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД» (Hevadex BLOWERPROOF® LIQUID): 0,019 м³/ч.м² при 50 Па
- «Хевадекс ИЗОПРУФ ФР» (Hevadex ISOPROOF FR): 0,067 м³/ч.м² при 50 Па

Покрытие	«БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД»				
Изоляция	«РОКВУЛ® РОКСЭЙТ ДУО ПЛЮС»				
Строительный раствор	«РЭДАрт™ КАПА БЭЙС КАСА»				
Строительный раствор	НЕТ		ЕСТЬ		КЛАСС
Без анкеров	0,019		0,013		ph A
	1 анкер	6 / 8 анкеров/м²	1 анкер	6 / 8 анкеров/м²	
«Эджот ДиЭйч»	+0,001	0,025 / 0,027			ph A
«Равплаг® Р-ТФИКС-ЭйтЭс»	+0,001	0,025 / 0,027	+0,000	0,013	ph A
«Эджот ЭйчТу»			+0,003	0,031 / 0,037	ph A
«Эджотерм СТР Ю Туджи»			+0,001	0,019 / 0,021	ph A

Просачивание воздуха возникает при 50 Па [м³/ч.м²] «БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД» и дополнительном эффекте от установки 1-8 анкеров на м²

Покрытие	«БЛОВЕРПРУФ® ЛИКВИД»				
Изоляция	«РОКВУЛ® РОКСЭЙТ ДУО ПЛЮС»				
Строительный раствор	«РЭДАрт™ КАПА БЭЙС КАСА»				
Строительный раствор	НЕТ		ЕСТЬ		КЛАСС
Без анкеров	0,067		0,013		ph A
	1 анкер	6 / 8 анкеров/м²	1 анкер	6 / 8 анкеров/м²	
«Эджот ДиЭйч»	+0,001	0,073 - 0,075			ph A
«Равплаг® Р-ТФИКС-ЭйтЭс»	+0,001	0,073 - 0,075	+0,000	0,029	ph A
«Эджот ЭйчТу»			+0,000	0,029	ph A
«Эджотерм СТР Ю Туджи»			+0,000	0,029	ph A

Просачивание воздуха возникает при 50 Па [м³/ч.м²] «ИЗОПРУФ ФР» и дополнительном эффекте от установки 1-8 анкеров на м²

Влияние различных изоляционных анкеров было измерено на обоих покрытиях, установленных на 80 мм «РОКВУЛ® РОКСЭЙТ ДУО ПЛЮС», со строительным раствором «РОКВУЛ® РЭДарт™ КАПА БЭЙС КАСА» и без него. Дополнительные потери воздуха из-за анкеров составляют от 0,000 до 0,003 м³/ч на анкер при 50 Па. Различия между типами анкеров можно скорее объяснить внутренней изменчивостью, чем систематическими различиями. Абсолютное воздействие при 50 Па для 5 анкеров ограничено 0,015 м³/ч.м². Несмотря на то, что в некоторых случаях это приводит к удвоению скорости просачивания, оно происходит из-за самой эталонной скорости просачивания. Раствор изоляционной панели снижает скорость просачивания воздуха через эталонную стену, а также влияние анкеров.

Критерии Института пассивного дома	
Класс	Воздухопроницаемость на единицу площади при 50 Па {м³/(ч·м²)}
ph A	< 0,10
ph B	< 0,18
ph C	< 0,25

Критерии просачивания воздуха при 50 Па [м³/ч.м²] согласно Институту пассивного дома (Германия) (EN 12114:2000)

Проф. Нейтан Ван Ден Бош
Гент, 26.07.2021



Проф. Нейтан Ван Ден Бош, доктор философии
Координатор по международным делам
Кафедра архитектуры и градостроительства
Инженерно-архитектурный факультет
Гентский университет