

Вінницький національний технічний університет
Кафедра БМГА



Моделювання енергетичних показників будівель з використанням програмного комплексу ArchiCAD

Розробив: ст. гр. Б-18м Бевза В. В.

Науковий керівник: к.т.н., доц. Бікс Ю. С.

- **Актуальність теми.** Сучасний стрімкий розвиток інформаційних технологій які проникають у всі без виключення сфери людської діяльності з однієї сторони, та зміна концепцій в архітектурному проектуванні, яка виражається у динамічно змнюваному середовищі антропогенної діяльності з іншої сторони, зумовлює широке використання й широкого впровадження сучасного інформаційного наповнення будівельного об'єкта (*building information modeling, BIM*) для об'єктів нового будівництва в різних пакетах прикладних програм, що дозволяють знайти оптимальне рішення, з точки зору енергоефективності, впливу на довкілля, комфорту, а також вартості проектної пропозиції.
- **Метою даної роботи** Метою даної роботи є вирішення науково-технічної задачі оцінки комплексу теплотехнічних та фізико-механічних показників багатошарових огорожувальних конструкцій стін з природних матеріалів та вдосконаленню критеріїв раціонального вибору варіанту багатошарової стіни з огляду на її енергетичні показники в кліматичних умовах м. Вінниці.
- **Об'єкт дослідження**
- Об'єктом даного дослідження є комплекс теплофізичних параметрів огорожувальних конструкцій стін.
- **Предмет дослідження**
- Предметом дослідження є показники енергоефективності багатошарових огорожувальних конструкцій стін при їх моделюванні із застосуванням ВІМ технологій.

Вступ

Невід'ємною частиною всіх відомих рейтингових систем для оцінки енергоефективності (*LEED-США, BREEAM-Великобританія, DGNB-Німеччина, HQE-Франція*) є моделювання комплексу інженерних розрахунків, що має проілюструвати функціонування будівлі протягом року за параметрами, що описують процеси енергоспоживання будівлі – (*Building Energy Modeling, BEM*). Ключовим словом тут є енергомодельювання – виконання розрахунків, при яких враховуються всі можливі зв'язки між елементами будівлі і споживачами енергії в максимально наближено до реальних умовах експлуатації.

В рамках концепції гармонійного розвитку інакше і бути не може. Оціночні розрахунки по наближеним методикам не дають необхідної картини взаємодії всіх факторів і надають тільки найзагальніші результати.

Моделювання – це завжди досить складний процес, що виконується в спеціалізованих програмах, алгоритми яких засновані на фізиці процесів. Енергетичне моделювання BEM – тут не є винятком. Кількість факторів, що підлягають обліку та адекватному реагуванню в процесі створення екобудинку, налічує тисячі, та всі вони пов'язані один з одним. Очевидно, що одним з головних факторів є економічний критерій .

Отже, необхідність широкого впровадження засобів сучасного інтелектуального моделювання енергетичних та теплотехнічних параметрів будівлі постає актуальною задачею та набуває широкого застосування у світі взагалі, та починає набувати розповсюдження в Україні зокрема.

Основний матеріал і результати

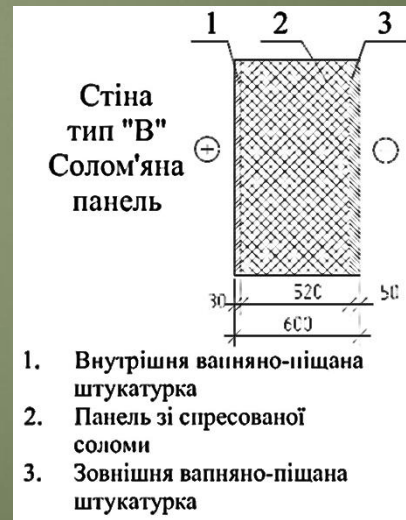
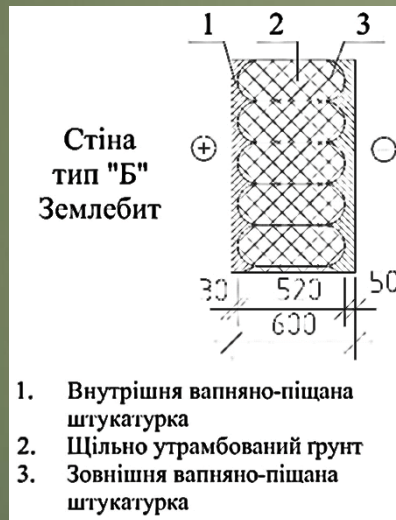
Для проведення чисельного моделювання енергетичних параметрів будівлі обрано багат шарові огорожувальні конструкцій стін наступних типів :

стіна з арболіту (тип «А»);

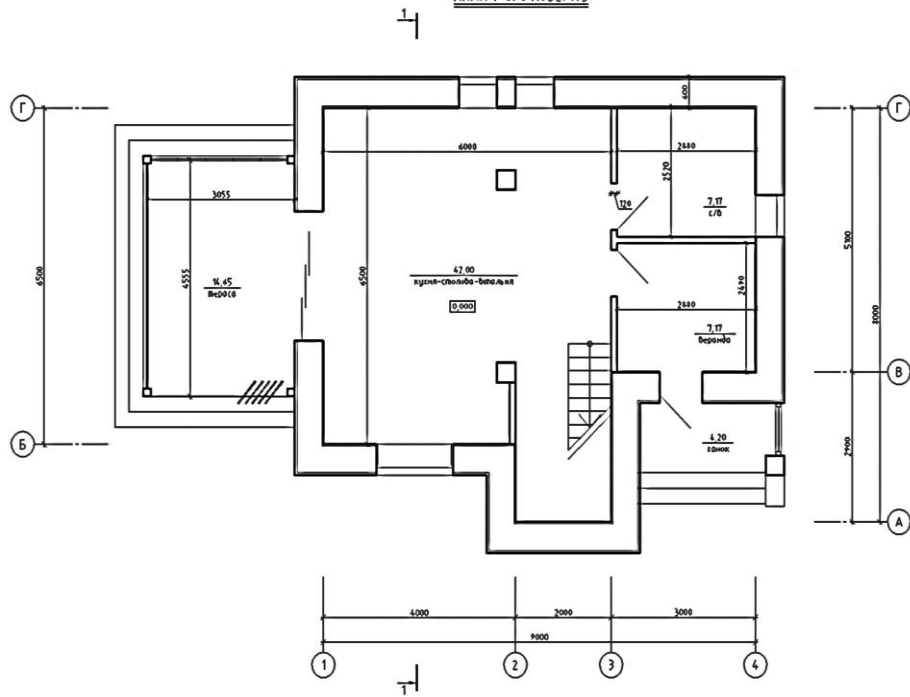
стіна з землєбиту (тип «Б»);

стіна з солом'яної панелі (тип «В»);

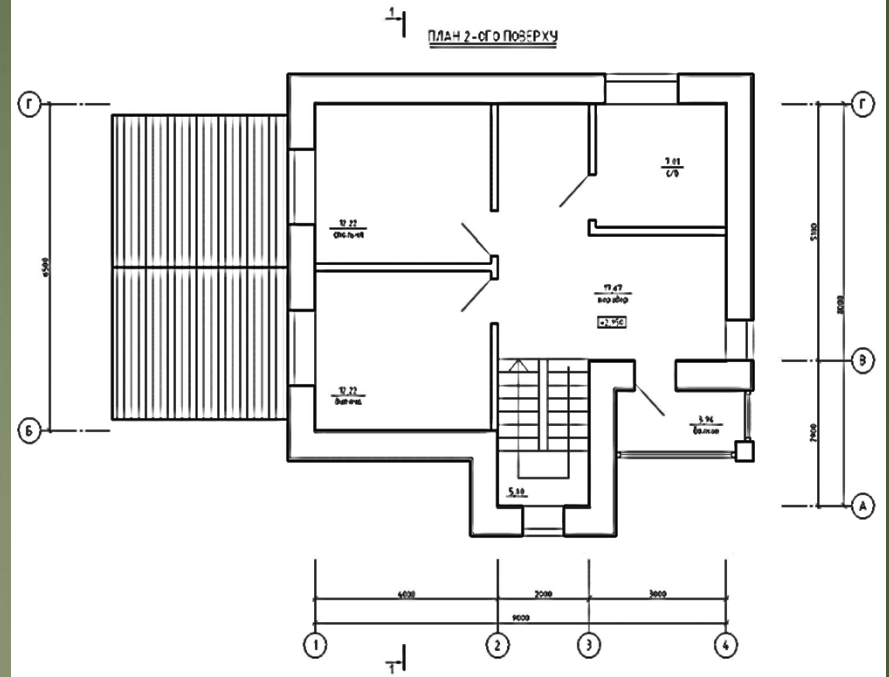
стіна з керамічної цегли+ утеплювач мінвата.



ПЛАН 1-ОГО ПОВЕРХУ



ПЛАН 2-ОГО ПОВЕРХУ



Интерфейс модуля EcoDesign STAR

Климатические Данные

Климатические данные готовы для моделирования

Загрузка из Strusoft Climate Server
 Использование файла ASHRAE IWEC, TMY, WTEC2

Источник климатических данных: Сервер Strusoft

Тип Климата: Влажный (A) Идентификатор Климатической Зоны: 5A

Тип данных: Температура воздуха Вид: [График] [Таблица] [Средняя]

Максимум: 40.67 Средняя: 9.39 Минимум: -14.33

Отменить ОК

Параметры Окружающей Среды

Расположение Объекта

Имя Проекта: Будинок із соломяних блоків

Полный Адрес Участка: Вінниця Україна

Широта: 49° 14' 0.0000" C

Долгота: 28° 28' 0.0000" B

Часовой пояс (UTC): (UTC+02:00) Вильню... Таллин, Хельсинки

Высота (Уровень моря): 234.00 м

Север Проекта: 90.00°

Примечание: Изменение Расположения Объекта также влияет на расположение Солнца. Откройте диалог Солнце, чтобы изменить расположение Солнца.

Отменить ОК

Города

- Брюссель
- Будапешт
- Бухара
- Бухарест
- Буэнос-Айрес
- Ванкувер
- Варшава
- Вашингтон
- Веллингтон
- Вена
- Вильнюс
- Винница**

Примечание: Предварительно определенный Город содержит долготу, широту и часовой пояс. Откройте Менеджер Реквизитов для редактирования этого списка.

Отменить ОК

Профили Эксплуатации

Доступные Профили Эксплуатации

- веранда
- коридор
- 001 спальня
- 002 санузел
- 003 кухня
- 004 коридор
- 005 веранда

Редактор Суточного Профиля

Редактирование данных профиля в выбранный период времени

Внутренняя температура

- Максимум: 22.00 °C
- Минимум: 20.00 °C

Внутренний теплопоток

- Учет разрежения: 4.00 м² на чел.
- Освещение: Светодиод...освещение
- Мощность: 0.50 W/m²
- Оборудование: 20.00 W/m²

Отменить ОК

Просмотр Энергетической Модели - Термоблоки

Термоблоки Конструкции Проемы

- 001 спальня
 - 6 спальня №1
 - 7 спальня №2
- 002 санузел
 - 2 санузел первого поверху
 - 5 санузел второго поверху
- 003 кухня
 - 2 кухня-вітальня
- 004 коридор
 - 4 коридор
- 005 веранда
 - 3 веранда

Интерфейс модуля EcoDesign STAR

Оценка Энергоэффективности - Инженерные Системы

Экспертный вид

Имя Тип

- Гранульный котел с солн... Централизованная
- Грунтовой тепловой насос Централизованная
- Жидкотопливный котел Централизованная
- Камин Централизованная
- Настенный газовый котел** **Централизованная**
- Центральное теплоснабж... Централизованная
- Электроотопительный пр... Централизованная
- Крышный кондиционер Централизованная
- Настенный блок кондиш... Централизованная
- Оконный блок кондицион... Централизованная
- Центральное охлаждение Централизованная
- Вентиляция с рекупераци... Механическое
- Естественная вентиляция Не задана или Есте.
- Приток свежего воздуха Механическое

▼ Параметры Теплоснабжения

Централизованная Местная Не задана

Подтип:

Локальное Оборудование Солнечный коллектор Водяной Тепловой Насос

Централизованное Теплоснабжение

► **Центральный Бойлер или Котел**

► **Горячее Водоснабжение**

▼ Назначенные Термоблоки

- 003 кухня
- 001 спальня
- 002 санузел
- 004 коридор
- 005 веранда

Примечание: Расположите Термоблоки в порядке значимости.

Установить... Удалить

Отменить ОК

Просмотр Энергетической Модели - Термоблоки

Термоблоки Конструкции

- 001 спальня
- 6 спальня №1
- 7 спальня №2
- 002 санузел
- 5 санузел другого повер...
- 003 кухня
- 2 кухня/ванная
- 004 коридор
- 005 веранда
- 3 веранда

▼ Свойства Термоблоков

Стоимость Энергии

Единица измерения валюты: грн

Введите цену закупленной энергии:

	Цена	Единица	
Дерево	0.0000	грн/ метри...	
Топливные ...	0.0000	грн/ кг	
Природный...	7.0365	грн/ м³	
Нефть	0.0000	грн/ л	
Электричес...	1.6800	грн/ кВт.ч	
Централиз...	0.0000	грн/ кВт.ч	
Централиз...	0.0000	грн/ кВт.ч	

Отменить ОК

▼ Свойства Конструкций

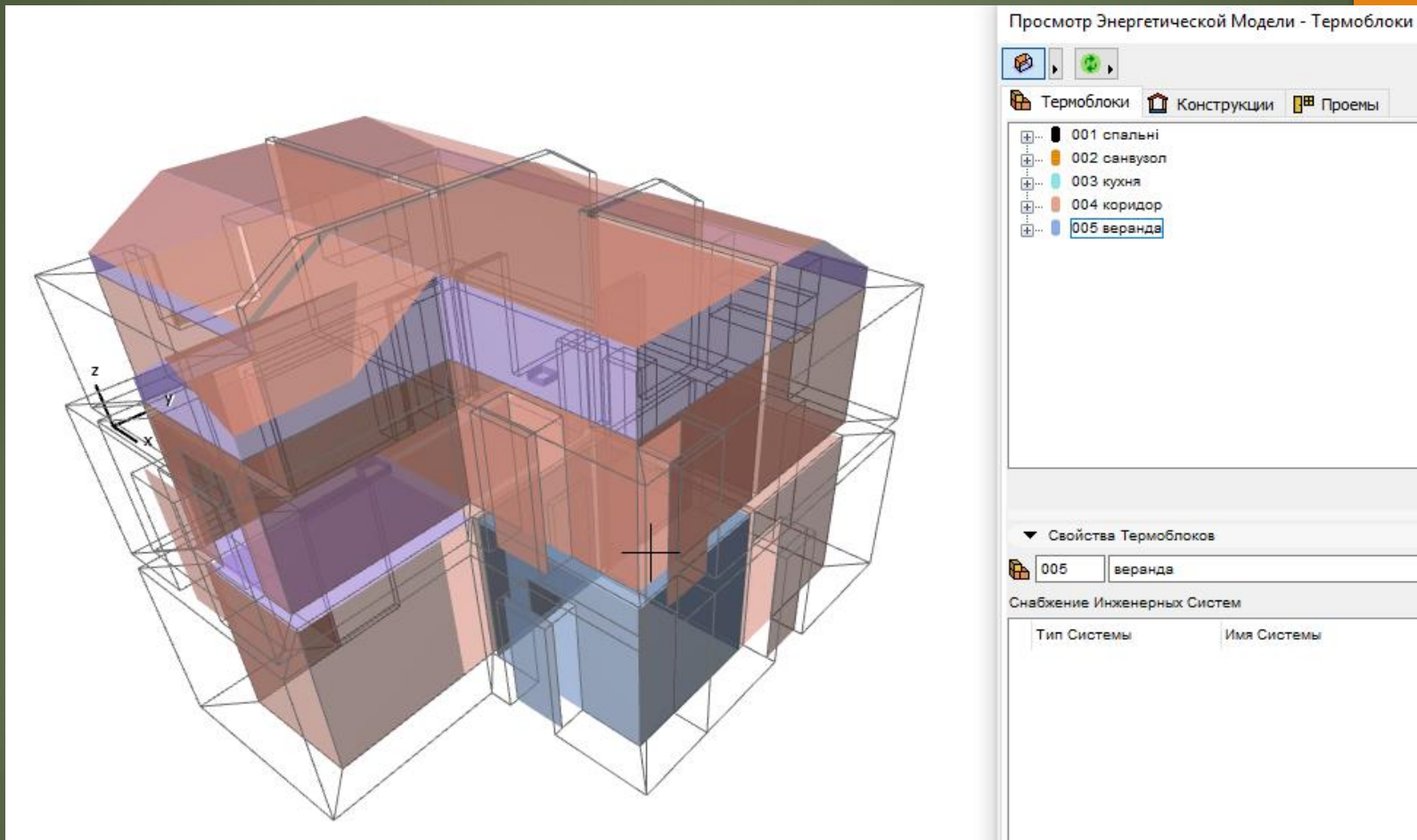
Тип	Стена
Ориентация	Юг
Категория	Снаружи
Термоблок	001 спальня
Имя	соломенная панель 600
Площадь	7.48 м²
Толщина	600.0 мм
U-значение	0.13 Вт/м²К
Инфильтрация	1.20 л/см²
Коэффициент поглощения солнечной энергии	85.00 %

Начать Энергетическое Моделирование

Начать Энергетическое Моделирование

- Экспорт в gbXML...
- Экспорт в PHPP...
- Экспорт в SBEM...
- Экспорт в VIP-Energy...
- Сохранить как Базовое Здание...

Термоблоки енергетичної моделі



Результати моделювання

Ключевые значения

Общие сведения о проекте

Имя проекта: Будинок із арболіту
 Расположение города: Вінниця
 Широта: 49° 14' 0" С
 Долгота: 28° 28' 0" В
 Высота: 234.00 м
 Источник климатических данных: Serber Strusoft
 Дата оценки: 09.12.2019 14:11:12

Характеристики формы здания

Общая площадь пола: 151.4 м²
 Обработанная площадь пола: 112.4 м²
 Площадь наружной поверхностей: 217.4 м²
 Вентилируемый объем: 320.06 м³
 Коэффициент остекления: 7 %

Характеристики корпуса здания

Инфильтрация при 50 Па: 3.26 1/час

Коэффициенты теплообмена

В среднем по корпусу здания: 0.49 [Вт/м²К]
 Этажи: 0.20 - 0.20
 Внешний: 0.13 - 0.25
 Подземный: -
 Промежи: 2.11 - 3.24

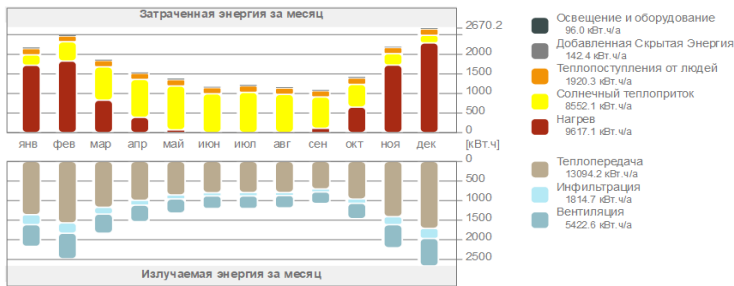
Удельные годовые значения

Чистая энергия нагрева: 85.57 кВт·ч/м²год
 Чистая энергия охлаждения: 0.00 кВт·ч/м²год
 Суммарная чистая энергия: 85.57 кВт·ч/м²год
 Энергопотребление: 86.42 кВт·ч/м²год
 Расход топлива: 86.42 кВт·ч/м²год
 Первичная энергия: 96.69 кВт·ч/м²год
 Стоимость топлива: 66.03 грн/м²год
 Выделение CO₂: 18.54 кг/м²год

Градусо-сутки

Отопление (ГСОП): 4691.29
 Охлаждение (ГСОхП): 1319.10

Энергетический баланс проекта



Сводка по возобновляемым системам здания

Система здания	Годовая генерация энергии кВт·ч	Стоимость возобновляемой ГРН
Итоговая возобновляемая энергия LEED:	0	0
Итого:	0	0

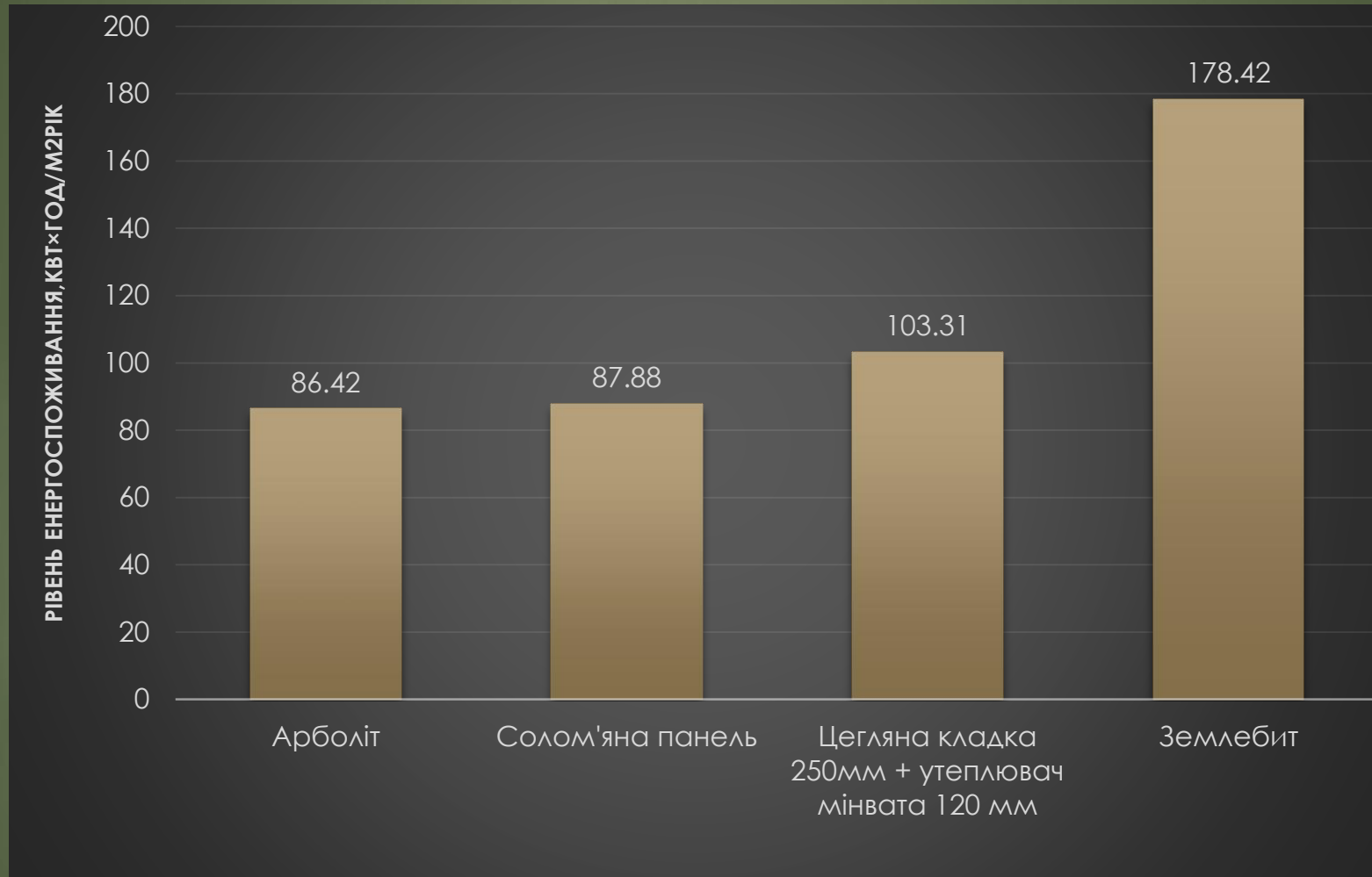
Базовая производительность

Тип энергии	Годовое энергии Пиковое потребление	Базовый проект				
		0°	90°	180°	270°	Среднее
Природный газ	Энергопотребление (кВт·ч)	10337	10924	10216	9886	10341
	Пиковое потребление (кВт)	7	7	7	7	7
Электричество	Энергопотребление (кВт·ч)	2154	2154	2154	2154	2154
	Пиковое потребление (кВт)	0	0	0	0	0
Суммарное энергопотребление: (кВт·ч/год)		12491	13078	12370	12040	12495

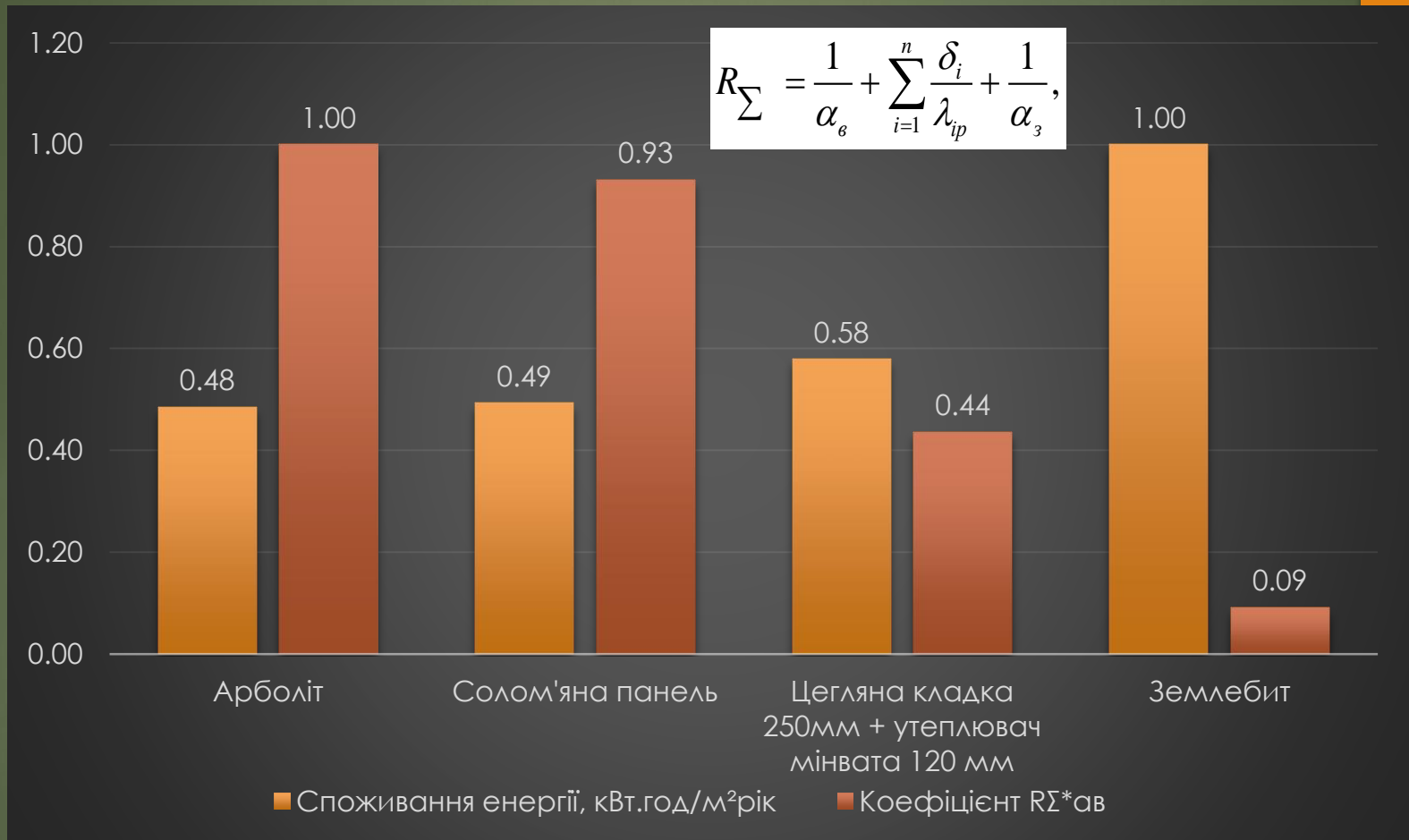
Базовая стоимость энергии

Тип энергии	Базовая стоимость				Базовое здание Производительность ГРН/год (среднее)
	0° ГРН/год	90° ГРН/год	180° ГРН/год	270° ГРН/год	
Природный газ	7803	8247	7712	7463	7806
Электричество	3619	3619	3619	3619	3619
Суммарно:	11422	11866	11331	11082	11425

Результати моделювання



Результати моделювання



$R_{\Sigma} \times \alpha_{ав}$ - додатковий критерій енергоефективності, що впливає на величину середньодобового теплового потоку, який надходить через 1м² огорожувальної конструкції а також на кількість теплоти, що надходить у приміщення за добу

Обчислені значення класів енергоефективності за ДБН В.2.6-31:2016

$$EP \leq EP_{\max},$$

де EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі;
 EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої енергопотреби будівлі, кВт·год/м², залежно від призначення будівлі, її поверховості та її температурної зони експлуатації.

Для житлових будинків розрахункове значення EP розраховується за наступною формулою

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f,$$

де $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$ та $Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання відповідно, кВт·год, що визначається відповідно за ДСТУ Б. А. А 2-12;

A_f

– опалювана площа для житлової будівлі, м², що визначається згідно ДСТУ Б В. 2.2-39.

Обчислені значення класів енергоефективності за ДБН В.2.6-31:2016

Показник	Будинок з арболіту	Будинок із землебиту	Будинок з соломи	Будинок з цегли+утепл.
Річна енергопотреба будівлі для опалення $Q_{H,nd}$, кВт	9617.1	19961.1	9780.6	11514.6
Річна енергопотреба будівлі для охолодження $Q_{c,nd}$, кВт	0	0	0	0
Річна енергопотреба будівлі для гаряче водопостачання $Q_{DHW,nd}$, кВт	1548.4	1548.4	1548.4	1548.4
Опалювана площа для житлової будівлі A_f , м ²	151.4	151.4	151.4	140.2
E_P , кВт×год/м ²	73.75	142.07	74.83	93.17
E_{Pmax} , кВт×год/м ²	120.00	120.00	120.00	120.00
$(E_P - E_{Pmax})/E_{Pmax} * 100\%$	-38.54	18.39	-37.64	-22.35
Клас енергоефективності	B	D	B	B

Загальні висновки

1. Аналіз літературних джерел по напрямку роботи показав відсутність єдиної методики чи універсального САПР, що дозволяє об'єктивно враховувати не тільки теплотехнічні, фізико-механчні, але й кліматологічні та економічні параметри при проектуванні енергоефективних огорожувальних конструкцій.
2. Інтеграція математичних моделей ВЕМ, які можуть описувати будівельну фізику, може допомогти в успішному контролі енергоефективності будівництва з урахуванням динамічно змінюваних параметрів як клімату, так і інвестиційної чи проектної частини документації.
3. Для аналізу енергомодельовання будівель наявний великий спектр програмних продуктів, вони різняться за вартістю та доступністю, побудовані для різних операційних систем.
4. На ринку програмних продуктів для ефективного енергомодельовання присутня велика кількість як безкоштовних так і комерційних варіантів. Найбільш поширеними серед безкоштовних є EnergyPlus, серед комерційних – TRNSYS, eQUEST, PHPP, EcoDesigner STAR та інші.
5. За результатами чисельного моделювання комплексу теплофізичних, фізико-механічних та енергетичних параметрів чотирьох типів огорожувальних конструкцій у модулі EcoDesigner STAR виявлено, що найбільш енергоефективним є варіант стіни з арболіту, яка володіє найбільшим відсотком по енергоефективності – мінус 38.54% та належить до класу ефективності «В», найвитратнішим варіантом є стіна із землєбиту – плюс 18,39% відповідно (клас «D»), що пояснюється різницею в теплофізичних показниках основних матеріалів заповнювачів стінового огороження, а саме питомій теплоємності матеріалу конструкцій а також повітропроникністю.

ДЯКУЮ
ЗА УВАГУ!

