

Инженерная оптимизация зданий с помощью
цифрового энергетического двойника

Знакомство



@INGENIEURFUTURE

- Илья Завалеев, Инженер будущего — эксперт по инновационным зданиям.
- Сооснователь и руководитель HPBS (Узбекистан, Россия, Нидерланды).
- 15 лет в строительстве, 100+ проектов для L'Oréal, Сбербанк, Газпром, МР Групп, Галс Девелопмент.
- Сертифицированный эксперт LEED, WELL, EDGE, соавтор системы «Клевер».

Представительства HPBS



РОССИЯ



HPBS
Москва, Дубининская улица,
д. 80. Офис №513

НИДЕРЛАНДЫ



HPBS B.V.
Kabelweg 57, 1014BA,
Amsterdam

УЗБЕКИСТАН



HPBS CIS
Ташкент, ул. Лабзак, д. 64А

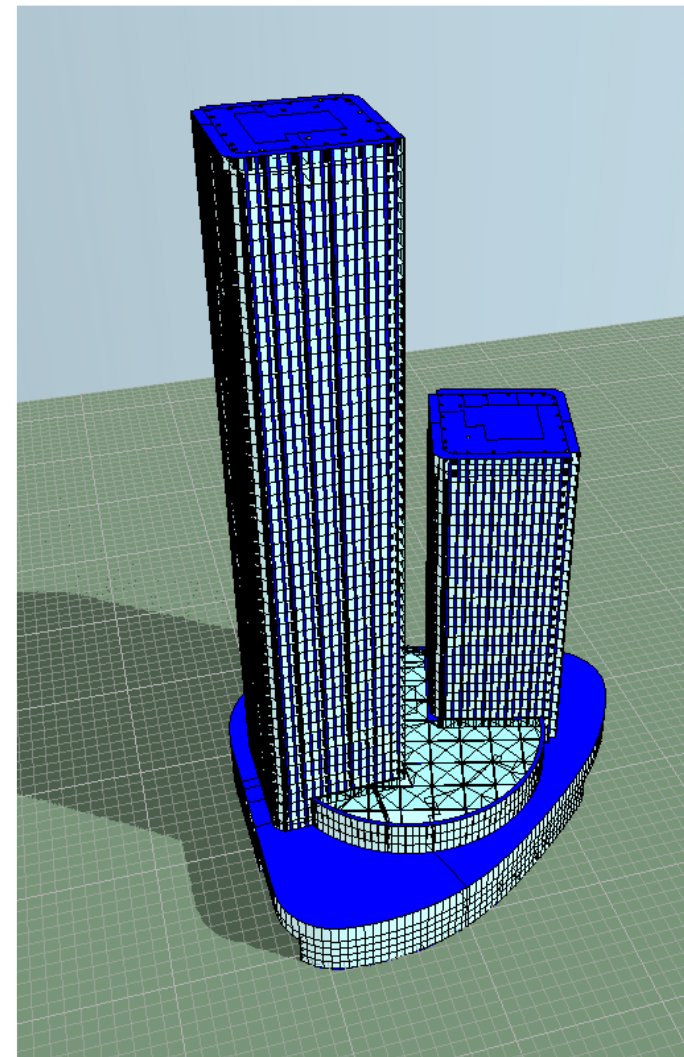
Содержание

- Разбор прибыли проекта на примере финансовой модели
- Что такое цифровой энергетический двойник (ЦЭД)
- Как можно повысить прибыль с помощью (ЦЭД)
 - Капитальные затраты
 - Операционные расходы
- Кейсы проектов

Цифровой энергетический двойник

Это расчётная модель, которая симулирует работу всех систем здания — отопления, вентиляции, кондиционирования, освещения и электроснабжения. Она позволяет:

1. выявить и устранить ошибки в расчётах проектировщиков;
2. сократить стоимость подключения к сетям за счёт оптимизации пиковых нагрузок по электричеству и теплу;
3. снизить эксплуатационные и коммунальные расходы;
4. повысить комфорт и здоровье пользователей здания;
5. улучшить качество эксплуатации и надёжность инженерных систем.





Разбор кейса HPBS

Бизнес центр Dubin Sky, Москва

Описание здания

Бизнес центра класса Prime (A+).

Москва, м. Павелецкая.

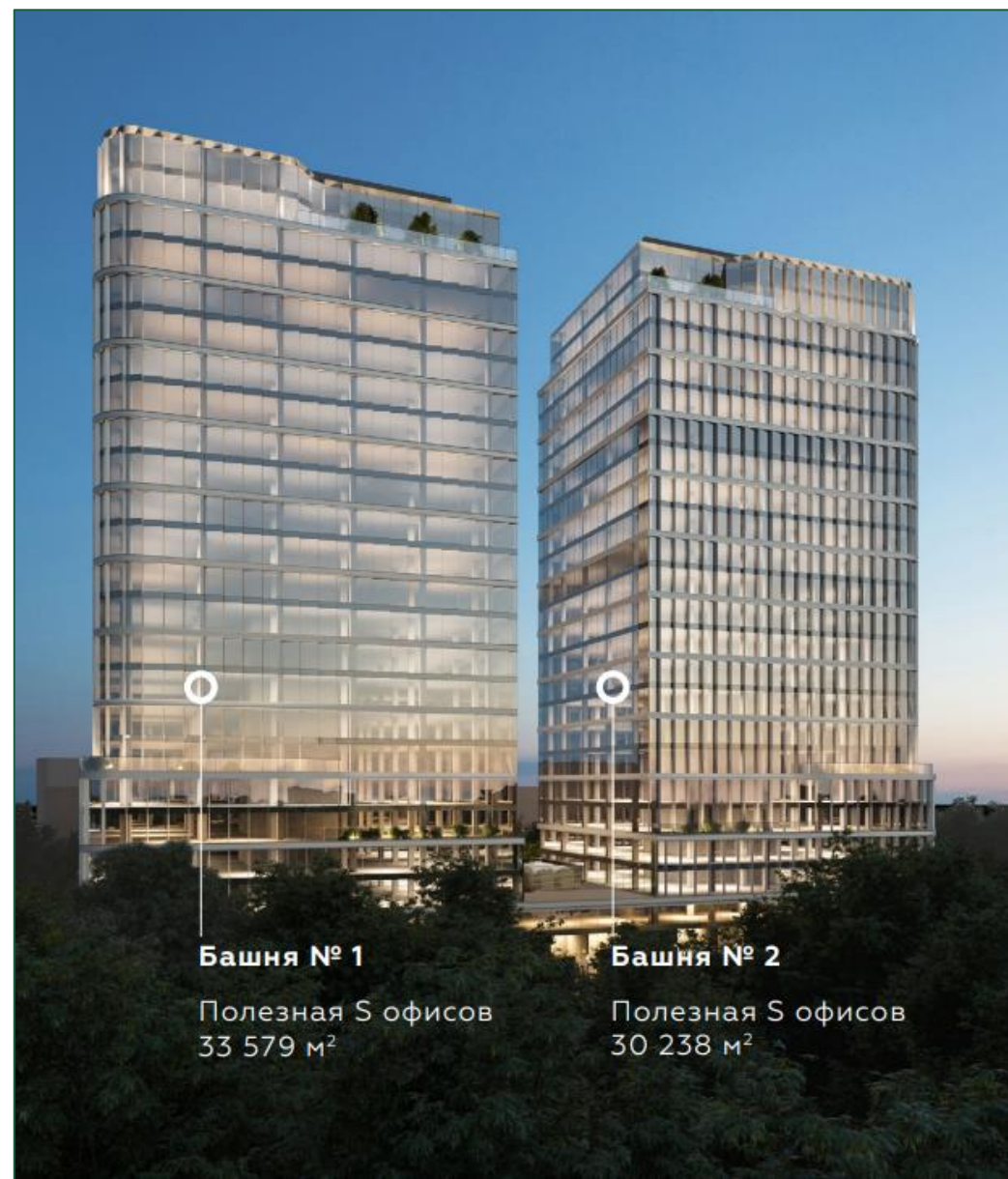
- Площадь 106 088 кв. м
- 24 этажа
- 3х уровневый паркинг

- Застройщик

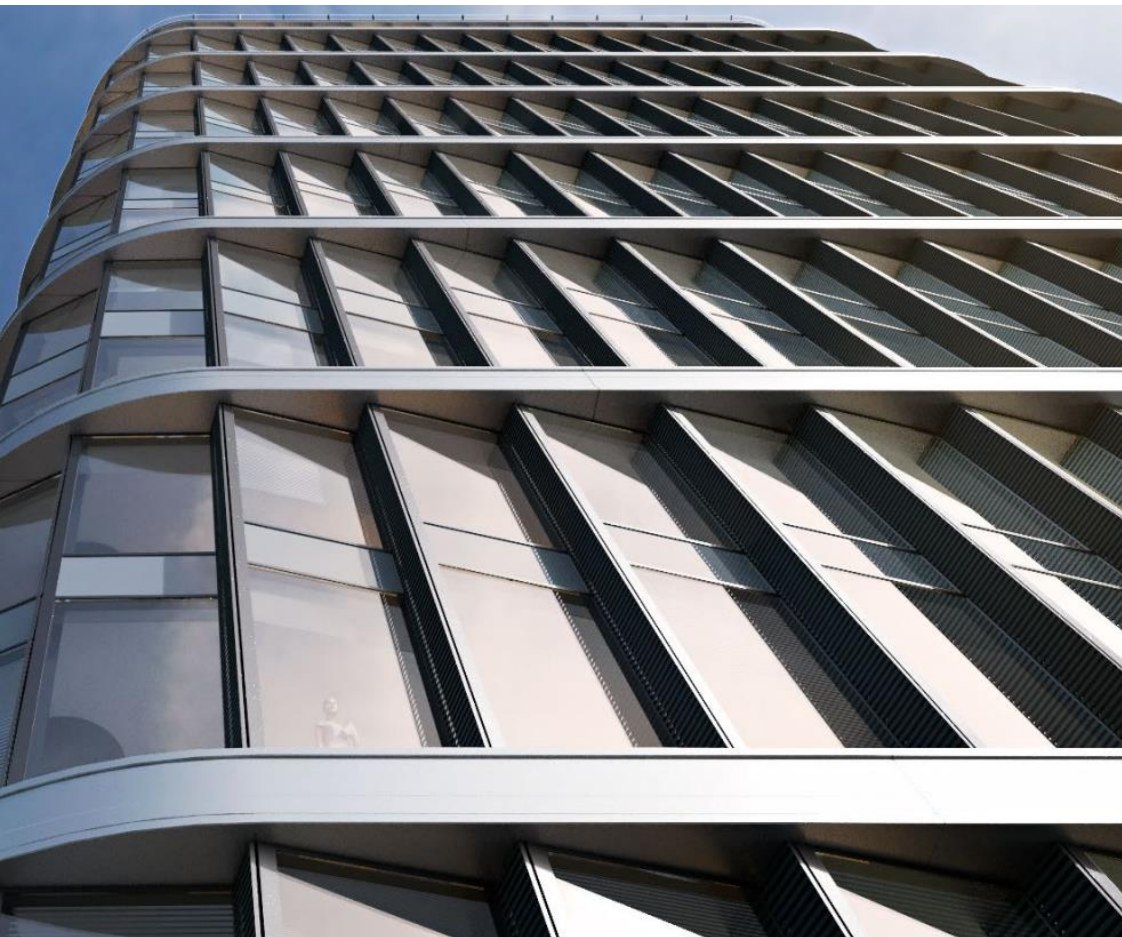


- Архитектор

ABD architects



Задачи проекта



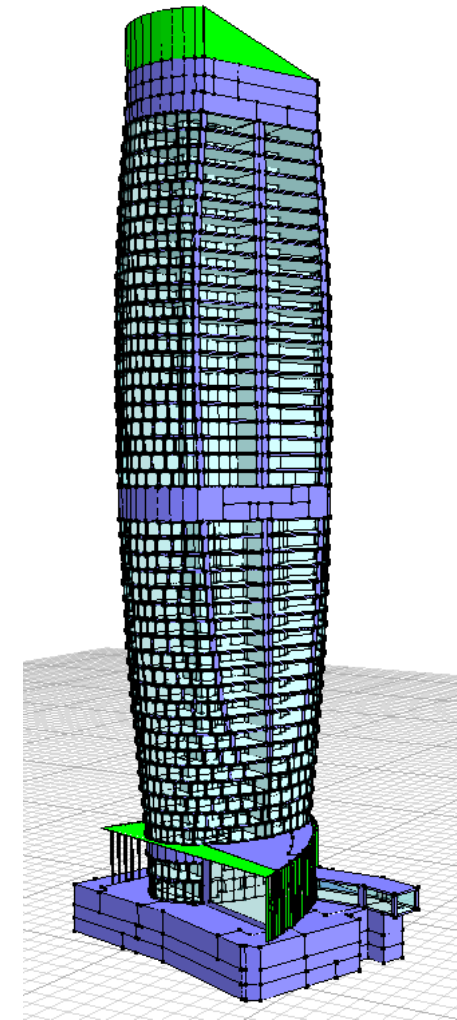
- Бюджет на инженерные системы – минус 10%
- Коммунальные расходы – минус 30%
- Сертификация Клевер «Платина»
- Сделать современный и функциональный бизнес центр

Для объекта был создан цифровой энергетический ДВОЙНИК

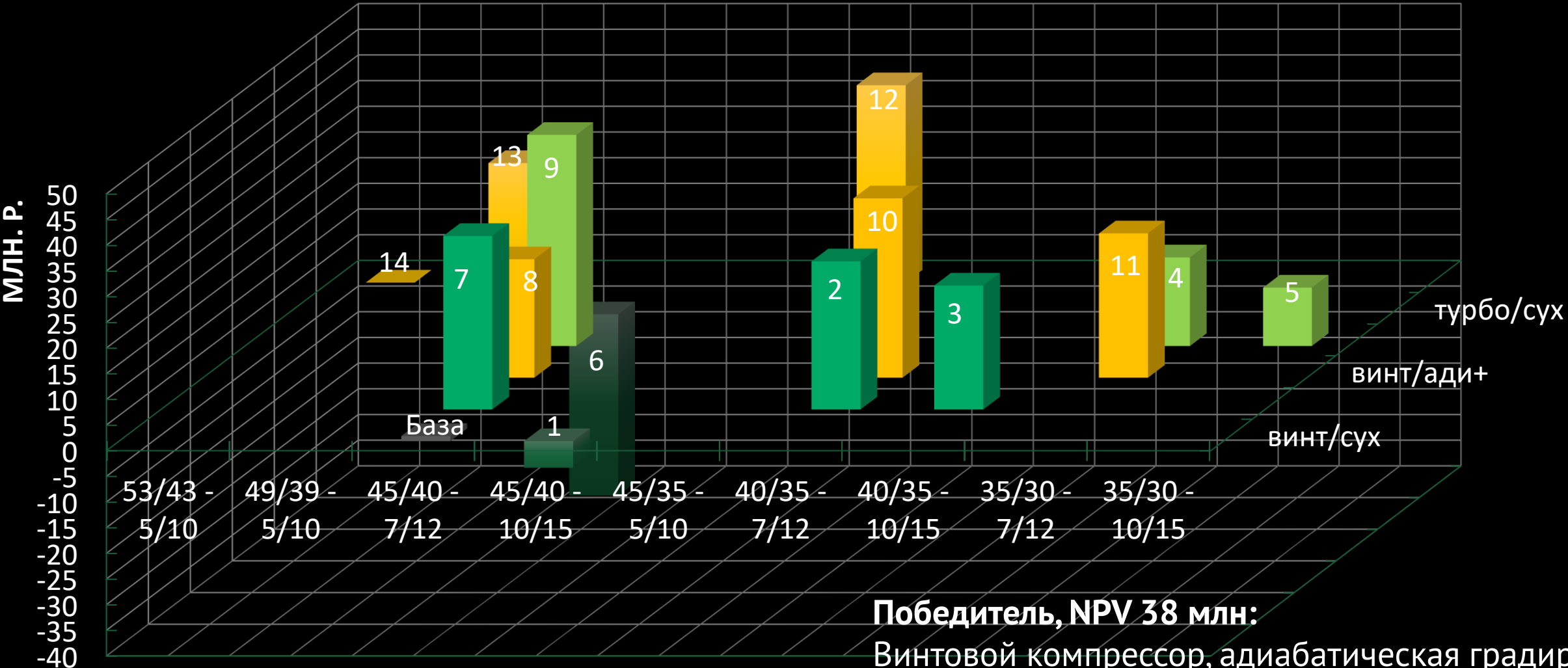


Проведена оптимизация вариантов инженерных решений с целями:

- Устранение ошибок в расчетов проектировщиков
- Сокращение стоимости подключения к сетям за счет оптимизации пиковых нагрузок по электричеству и теплу
- Сокращение коммунальных расходов
- Повышения комфорта пользователей
- Повышение качества эксплуатации

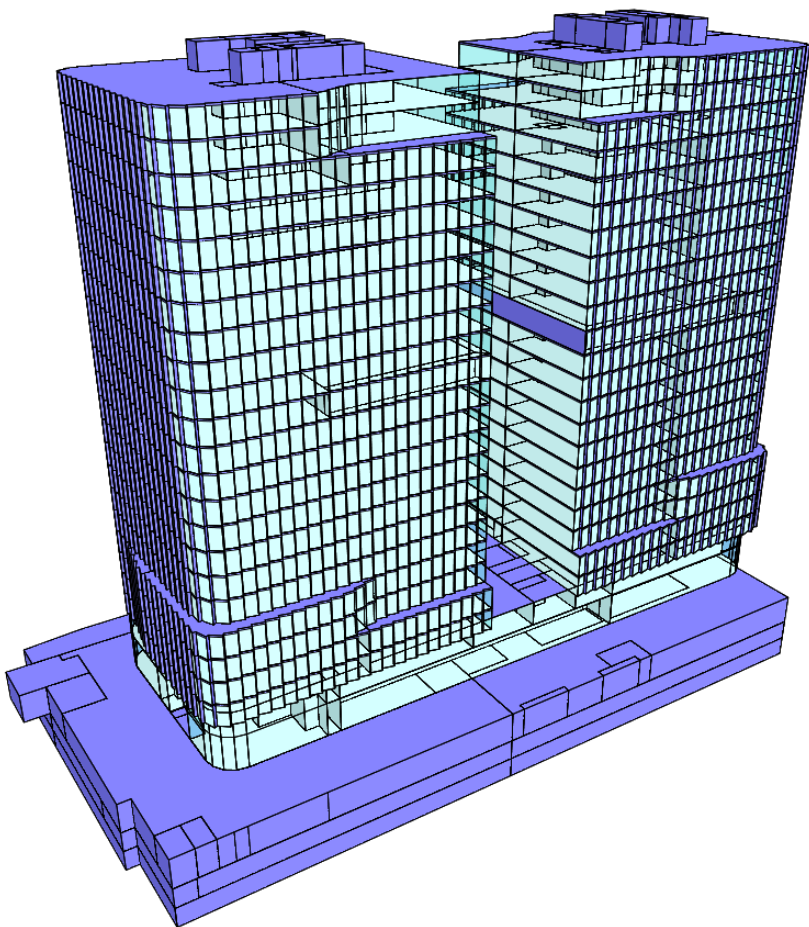


Оптимизация холодильного центра (NPV) – 15 вариантов



Победитель, NPV 38 млн:
Винтовой компрессор, адиабатическая градирня,
график 45/40 – 10/15

Результаты индивидуальных симуляций



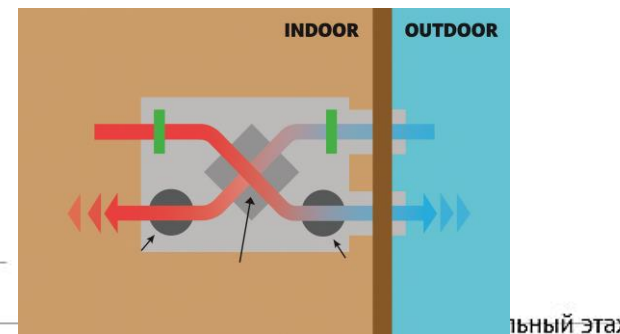
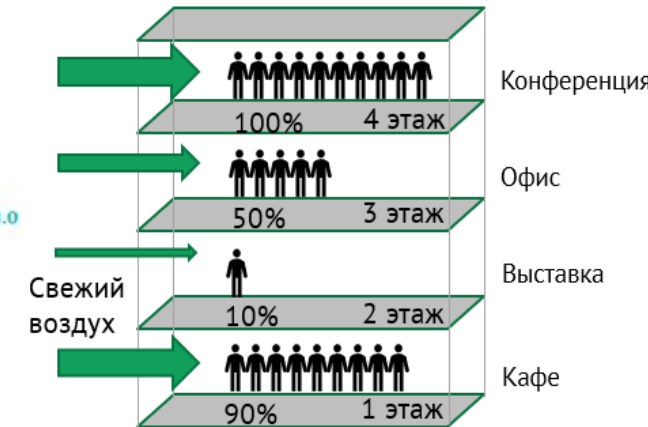
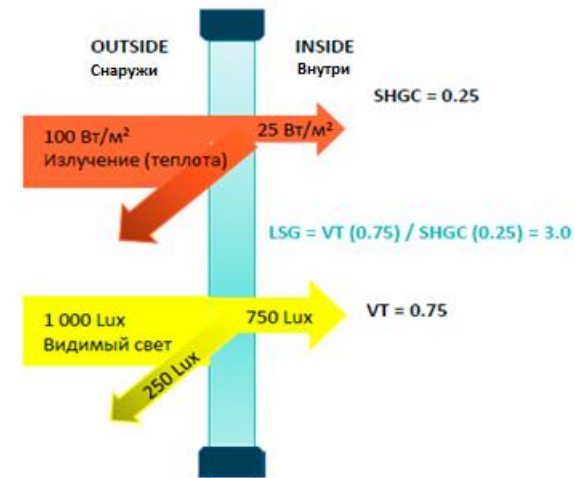
Технические решения	Экономия энергии, млн. в год	Срок окупаемости, лет
Энтальпийный рекуператор	-8	моментально
Управление вентиляцией по датчикам CO2	-18	3,6
Энергомоторинг	-10	0,8
Диммирование освещения	-8	0,6
Солнечные панели	-0.045	6
Автопроветривание	-2	Нет
Геотермальные тепловые насосы	-12	24,5
Автозашторивание	-2,2	25
Хранение электрической энергии	+3,5	Нет

Формирование сборок решений (пример)

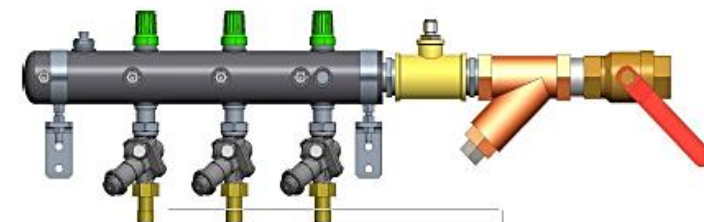


1. Оптимальная формула стеклопакета
2. Вентиляция по датчикам CO2
3. Энтальпийный рекуператор
4. Оптимизация Холодильного центра
5. Водосберегающая сантехника
6. Система управления нагрузкой
7. Динамическое изменение уставки радиаторов

Всего около 10 разных комбинаций



TDU.2R
TDU.3R
TDU.3L
TDU.4R



Результаты оптимизации с помощью цифрового энергетического двойника



Разработано 3 сценария:

- Консервативный, с экономией 7 млн. руб./год;
 - Энергоэффективный, с экономией 18 млн. руб./год;
 - Инновационный, с экономией 41 млн. руб./год.
-
- Снижение электропотребления до 24% в год;
 - Сокращение теплотребления до 43% в год;
 - Повышение IRR на 8% за счет сокращения первоначальных затрат на подключение к сетям и оптимизации стоимости оборудования.

Результаты проекта



Увеличена **рентабельности**
проекта + 8%, экономия бюджета
140 млн рублей.



Признание рынка



Сэкономлено на
энергопотреблении – 40 млн
рублей в год



Ключевой арендатор



Получена **сертификация**
Клевер - Платинум



Сокращены выбросы
парниковых газов на
6 500 тонн CO2 экв



Повышен **комфорт**
арендаторов

Рейтинг и рекомендации

 Система оценки и сертификации зданий	
Номер сертификата NC-157-019-1.0	
ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ КОМПЛЕКС С ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКОЙ DUBININ'SKY	
Россия, г. Москва, ул. Дубининская, вл. 39-41	
Площадь	105 748,5 м²
Вид	Объект нового строительства и отделки (New Construction)
Стадия оценки	Проект
Срок действия сертификата	Бессрочно
Консультант	ООО «ЭйчПиБиСолюшн»
Генеральный проектировщик	ООО «ОНК.проект»
Девелопер	ГК «Галс-Девелопмент»
Автор архитектурной концепции	ООО «АБД»
Ландшафтный архитектор	ООО «Ваухаус»

УРОВЕНЬ СЕРТИФИКАЦИИ:

«ПЛАТИНА»



79.6 %

Сертифицировано по Методике
New Construction (версия 1.0)

Секция Общественные системы оценки и сертификации зданий Клевер
ООО «КЛВ-Институт», 127413, г. Москва, вл. 7, 1-й этаж, 1-й этаж
ул. Дубининская, д. 35, пом. 1-15
С/П: +7 (495) 77410000, факс: +7 (495) 77410000, КПП: 770701002



20.11.2024

С.В. Лаптев

Генеральный директор

ГАЛС
Интеллектуальный девелопмент

№ 156-02-П-23/0470

«11» сентября 2023

Кому: Компании HPBS

ООО «ЭйчПиБиСолюшн»

Россия, 115093, г. Москва,

Дубининская улица, д. 80, Офис № 513

Уважаемые коллеги!

От лица ГК «Галс-Девелопмент» выражаю благодарность за ваш профессионализм и высокий уровень экспертизы, проявленный в ходе реализации проекта по созданию цифрового энергетического двойника Бизнес-центра Dubinin'Sky.

С помощью цифровой энергомодели совместными усилиями мы проанализировали более 40 энергоэффективных проектных решений и разработали девять сценариев конфигурации здания, которые снижают потребление электрической энергии до 24%, тепловой энергии до 43%, потребление питьевой воды до 46%, а также сокращают общее количество выбросов парниковых газов более чем на 6,5 тысяч тонн CO2-экв. в год на этапе эксплуатации здания. Общая экономия операционных затрат может достигать 40 млн рублей в год, а за счет сокращения первоначальных затрат на подключение к сетям и оптимизации схемных решений себестоимость строительства может быть снижена на величину до 140 млн. рублей.

Ваша работа продемонстрировала, что цифровое энергетическое моделирование может стать эффективным инструментом для оптимизации проектов офисной недвижимости. Мы ценим наше сотрудничество с компанией HPBS как с профессиональным партнером и надеемся на дальнейшую плодотворную работу.

Представитель по доверенности
от 27.11.2020 г. № 77/741-н/77-2020-10-237



Зуев И.Н.



Финансовая модель

Бизнес центр, Москва

Финансовая модель бизнес центра



Офисное здание 100 000 кв.м

GLA (полезная площадь) 65 000 кв.м

Класс А

Инвестиции в реализацию проекта:

24,6 млрд рублей

Срок реализации проекта: 4 года

Местоположение: в пределах ТТК

Инвестиционные расходы

Статья	Сумма или в год	0	1	2	3	4						
Инвестиционные расходы	-	4 381 469 167	-	2 138 032 500	-	8 729 905 000	-	8 696 146 667	-	2 383 338 333		
Затраты на реализацию проек	-	24 640 975 000										
Стоимость земли	-	4 000 000 000	-	4 000 000 000								
Технические условия и внешн	-	1 500 000 000		-	1 500 000 000							
Строительство	-	16 879 166 667			-	8 439 583 333	-	8 439 583 333	-	1 687 916 667		
Земляные работы и содержа	-	1 108 333 333										
Каркас	-	3 254 166 667										
Фасады и кровля	-	2 791 666 667										
Инженерные системы и сети	-	4 166 666 667										
Отделка общих зон и перего	-	4 850 000 000										
Дороги и благоустройство	-	708 333 333										
Не материальные затраты												
Продукт, Маркетинг, продаж	-	675 166 667	-	33 758 333	-	33 758 333	-	67 516 667	-	67 516 667	-	472 616 667
Проектирование и изыскани	-	843 958 333	-	168 791 667	-	421 979 167	-	84 395 833	-	84 395 833	-	84 395 833
Разрешения и согласования	-	168 791 667	-	67 516 667	-	67 516 667					-	33 758 333
Страхование	-	33 758 333				-	33 758 333					
Управление проектом, тех за	-	506 375 000	-	101 275 000	-	101 275 000	-	101 275 000	-	101 275 000	-	101 275 000
Инженерное сопровождение	-	33 758 333	-	10 127 500	-	13 503 333	-	3 375 833	-	3 375 833	-	3 375 833

Выручка и операционные расходы

Статья	Сумма или в год	0	1	2	3	4	5
Прогнозируемая выручка						2 301 250 000	4 372 375 000
Ставка аренды/год, чистая	4 322 500 000					2 161 250 000	4 106 375 000
Ставка аренды м/м/год, чистая	280 000 000					140 000 000	266 000 000
% заполнения						50%	95%
Скорость заполняемости, лет						50%	95%
Операционные расходы	- 1 029 006 000	-	-	-	-	- 1 029 006 000	- 1 029 006 000
Налоги на имущество	- 396 000 000					- 396 000 000	- 396 000 000
Расходы на ремонт	- 211 200 000					- 211 200 000	- 211 200 000
Административные расходы (и)	- 88 000 000					- 88 000 000	- 88 000 000
Уборка	- 79 200 000					- 79 200 000	- 79 200 000
Охрана	- 52 800 000					- 52 800 000	- 52 800 000
Админ, страхование и прочее	- 52 800 000					- 52 800 000	- 52 800 000
Коммунальные расходы и энергопотребление							
Электричество	- 107 097 000					- 107 097 000	- 107 097 000
Тепло	- 34 924 000					- 34 924 000	- 34 924 000
Вода и канализация	- 6 985 000					- 6 985 000	- 6 985 000

Доля заемных средств	70%
i - ставка финансирования, %	14%
Ставка дисконтирования	9%
NPV	2 324 136 150
IRR	10.0%
Equity IRR	8.9%

Как проектирование влияет на финансовую модель

Как проектирование влияет на финансовую модель здания

1. Ошибки в расчётах и подборе оборудования

→ вызывают задержки сроков, переделки и рост строительных затрат.

2. Перезаложенные мощности

→ увеличивают стоимость подключения к сетям и CAPEX проекта.

3. Неэффективные проектные решения

→ приводят к повышенному энергопотреблению и росту OPEX.

4. Проблемы с микроклиматом, запахами и шумом

→ снижают комфорт пользователей и ускоряют отток арендаторов.

5. Некачественные инженерные решения, монтаж и пусконаладка

→ повышают расходы на ремонт и техническое обслуживание в эксплуатации.

1. Ошибки в проекте

Ошибки в расчётах и подборе оборудования

→ вызывают задержки сроков, переделки и рост строительных затрат

Примеры обнаруженных ошибок:

1. Система холодоснабжение не справляется с нагрузкой в атриуме – температура до 50 С
2. Не достаточно 2 МВт электрической мощности для небоскреба в Сити
3. Не корректный подбор мощности оборудования для обеспечения комфортного микроклимата из-за неравномерности нагрузки от солнечной радиации



2/3. Оптимизация ТУ и энергоэффективность

№	Мероприятие	Тип нагрузки	Потенциал снижения	Финансовый эффект
1	Оптимизация стеклопакетов и ограждающих конструкций	Тепло / Электричество	10–20%	↓ CAPEX на системы отопления и охлаждения; ↓ OPEX на электр-ию и тепло
2	Оптимизация холодильного центра	Электричество	15–30%	↓ CAPEX на мощность чиллеров и трансформаторов; ↓ OPEX на электроэнергию
3	Исключение двойного учёта мощности	Электричество / Тепло	5–10%	↓ стоимость подключения (ТУ); ↓ плата за резерв мощности
4	Рекуперация тепла (вентиляция, технологические процессы)	Тепло	10–25%	↓ потребление тепла; ↓ расходы на подогрев приточного воздуха
5	Энергоэффективное освещение (LED + датчики)	Электричество	30–60%	↓ OPEX на освещение; ↑ срок службы оборудования
6	Динамическое управление нагрузками (BMS, датчики)	Электричество	10–20%	↓ пиковая мощность; ↓ счета за электроэнергию; ↑ надёжность сети
7	Аккумулирование тепловой энергии	Тепло	10–15%	↓ пиковая нагрузка; ↓ плата за подключение;

Какие зоны улучшения



Фактор	Влияние	Эффект на NPV (значение/разница), млн. руб	Эффект на IRR
Базовый сценарий			
Устранение критических ошибок в расчётах проектировщиков	Избегание доп расходов на строительство на 10%		
Завышенные мощности для подключения к сетям	Сокращение затрат на ТУ на 25%		
Эксплуатационные и коммунальные расходы	Сокращение затрат на энергопотребление на 40%		
Повысить комфорт и здоровье пользователей	Увеличение заполняемости здания до 98%		
Улучшить качество эксплуатации и надежность инженерных систем	Умешение расходов на ремонт на 15%		
Комплекс всех эффектов			

Какие зоны улучшения



Фактор	Влияние	Эффект на NPV (значение/разница), млн. руб	Эффект на IRR
Базовый сценарий		2 324	10.04%
Устранение критических ошибок в расчётах проектировщиков	Избегание доп расходов на строительство на 10%	+1196	+0.58%
		3 520	10.63%
Завышенные мощности для подключения к сетям	Сокращение затрат на ТУ на 25%	+344	+0.17%
		2 668	10.21%
Эксплуатационные и коммунальные расходы	Сокращение затрат на энергопотребление на 40%	+461	+0.20%
		2 786	10.24%
Повысить комфорт и здоровье пользователей	Увеличение заполняемости здания до 98%	+1960	+0.84%
		4 285	10.88%
Улучшить качество эксплуатации и надежность инженерных систем	Умещение расходов на ремонт на 15%	+245	+0.11%
		2 569	10.15%
Комплекс всех эффектов		+4207	+1.93%
		6 531	11.98%

Повышение прибыли на **4,2 млрд рублей** и рентабельности инвестиций на 1,93%



Разбор кейса HPBS

Офисное здание в западной Европе

Описание здания

Комплекс офисных зданий в западной Европе

- Площадь 22 000 кв. м
- Парковка в стилобате 500 машино мест
- Арендаторы: международные банки и страховые компании
- Клиент: владелец офисного комплекса

Дата ввода в эксплуатацию 2000 г.



Задачи проекта



- Модернизировать объекты с целью получения класса энергоэффективности объекта ЕЭС «С» в рамках согласованного с бюджета
- Выполнить требования CRREM по переходу на углеродную нейтральность
- Реализовать ESG мероприятия в здании, которые принесут видимую и ощутимую пользу арендаторам
- Выполнить BREEAM сертификацию объекта
- Получить зеленое финансирование на реализацию проекта

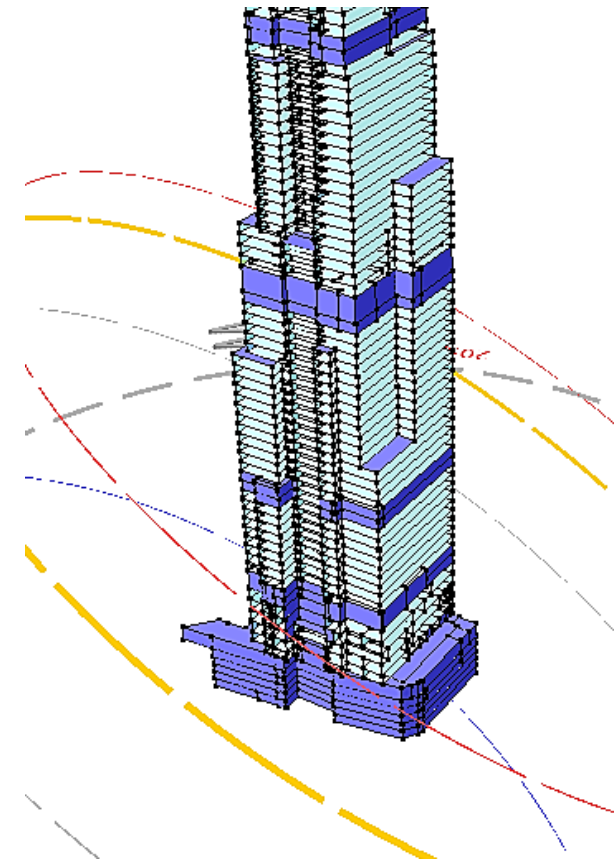
Для объекта был создан цифровой энергетический ДВОЙНИК



Проведена оптимизация вариантов инженерных решений в рамках **ограниченного бюджета** с целями:

- сокращения энергопотребления
- достижения класса энергоэффективности «С»
- достижения углеродной нейтральности.

Технические решения	Экономия энергии	Окупаемость решения
Воздушные тепловые насосы	32%	9
Рекуперация вентиляции	12%	7
Управление вентиляцией по датчикам CO2	9%	5
Атермальное покрытие стекол	5%	3
Солнечная электростанция	4%	8
LED освещение	12%	4
Точечная изоляция стен и кровли	8%	16



Результаты оптимизации с помощью цифрового энергетического двойника



- Сокращение удельной первичной энергии на 59% и сокращение эксплуатационных выбросов CO₂ на 57%.
- Наиболее энергоёмкое здание снижает потребление первичной энергии с ~269 до ~82 кВт·ч/(м²·год) (более чем на 70%).
- Годовая экономия по счетам за энергию для портфеля: около €230 тыс.

Результаты проекта



Увеличена **капитализация объекта**
- 9%



Получено **зелёное финансирование** для программы ESG модернизации



Сэкономлено на энергопотреблении – €230 000 в год



Достигнут **класс энергоэффективности «C»**



Получена **сертификация BREEAM In-Use: Very Good**



Достигнута **углеродная нейтральность**, выполнены требования CRREM



Повышен **комфорт арендаторов**

Контактная информация



Илья Завалеев, инженер будущего

Генеральный директор HPBS

тел. +7 (915) 200-53-80 (WhatsApp)

email: Zavaleev@hpb-s.com

Общество с ограниченной ответственностью «ЭйчПиБиСолюшн»:

ОГРН 1157746333337 ИНН 7724314117 КПП 772501001

пер. Партийный, д. 1, к. 46, офис 24, Москва, 115093, Россия

Тел: +7 (495) 231-09-04, +7 (495) 369-47-49, 8 (800) 301-57-49

E-mail: info@hpb-s.com / www.hpb-s.com



Кейс 1: Завод «L'Oréal»



Оптимизационные решения:

- Солнечная электростанция 500 кВт;
- Утилизация промышленной теплоты из производственного цеха;
- Концепция сухого завода. На заводе вся вода, которая участвует в производственном цикле, очищается и возвращается на производство;
- Система управления нагрузками при повышении тарифа на электроэнергию на оптовом рынке;
- Очистка промышленных стоков с помощью обратного осмоса;
- LED освещение с датчиками естественного света и датчиков присутствия в общих зонах.



Сокращение расходов на энергопотребление: на 46%,
с 11 до 6 млн. руб. в год.

Сокращение выбросов CO₂: на 54%, с 1300 до 600 тонн/год.

Дополнительные инвестиции: 33 млн. руб.

Экономия на эксплуатации: 5,3 млн. руб./год

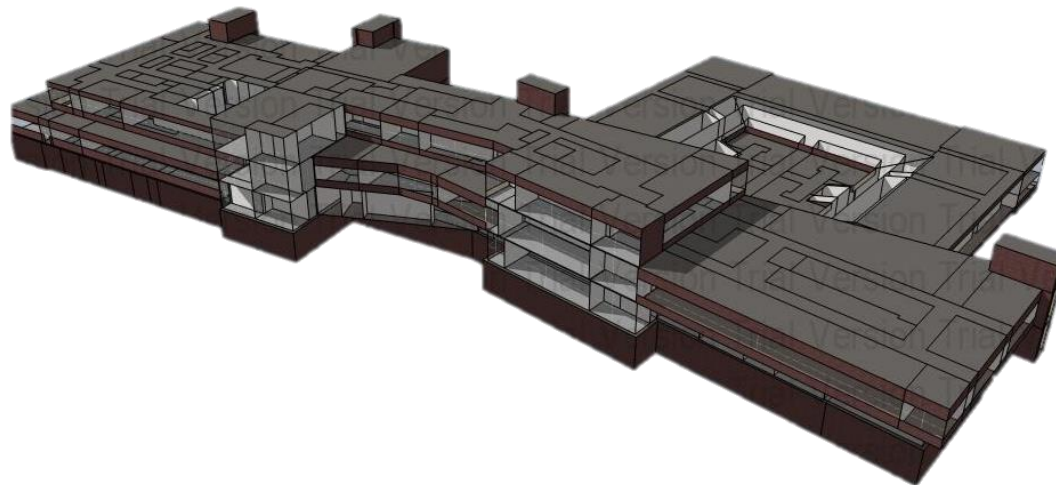


Кейс 2: Онкологический центр АО «Медицина»



Оптимизационные решения:

- Солнечная электростанция 110 кВт над парковками автомобилей;
- Автоматизация режимов вентиляции;
- Высокая теплозащита ограждающих конструкций;
- Автоматизация и LED освещение;
- Энегоэффективный холодильный центр (IPLV 7.589)



Сокращение выбросов CO₂:

- На 256 тонн CO₂e (15%)

Сокращение расходов:

- 3,7 млн. руб. в год

Финансовые показатели:

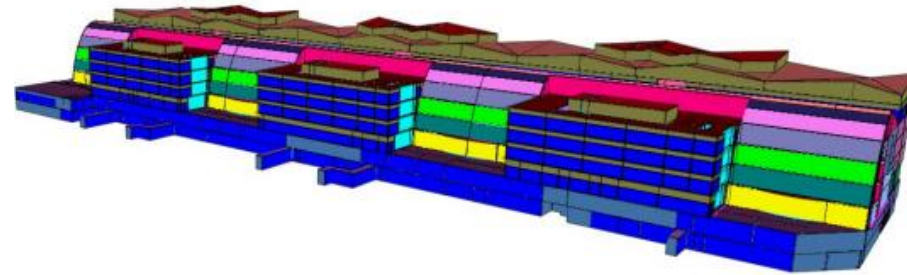
- Экономия на энергопотреблении: 3,7 млн. руб./год;
- Экономия на подключении к сетям: 42 млн. рублей;
- IRR проекта: повышен на 7%.



Кейс 3: Бизнес-центр «Амальтея»



- **Площадь:** 78 000 кв. м
- **Арендуемая площадь:** 46 760 кв. м
- **Бюджет проекта:** 135 млн.\$



Оптимизационные решения:

- Специальное покрытие остекления фасадов, высокая теплозащита;
- Комбинированная система отопления;
- Система вытесняющей вентиляции;
- Автоматизированный паркинг по датчикам CO;
- В офисных помещениях - система переменного расхода воздуха, датчики углекислого газа (CO₂);
- Диффузоры, подающие прохладный воздух равномерным низкоскоростным потоком;
- Автоматизация освещения в автостоянке на датчиках движения.

Сокращение расходов на энергопотребление:

- С 87,3 до 51,0 млн. руб в год (на 42 %)

Сокращение выбросов CO₂:

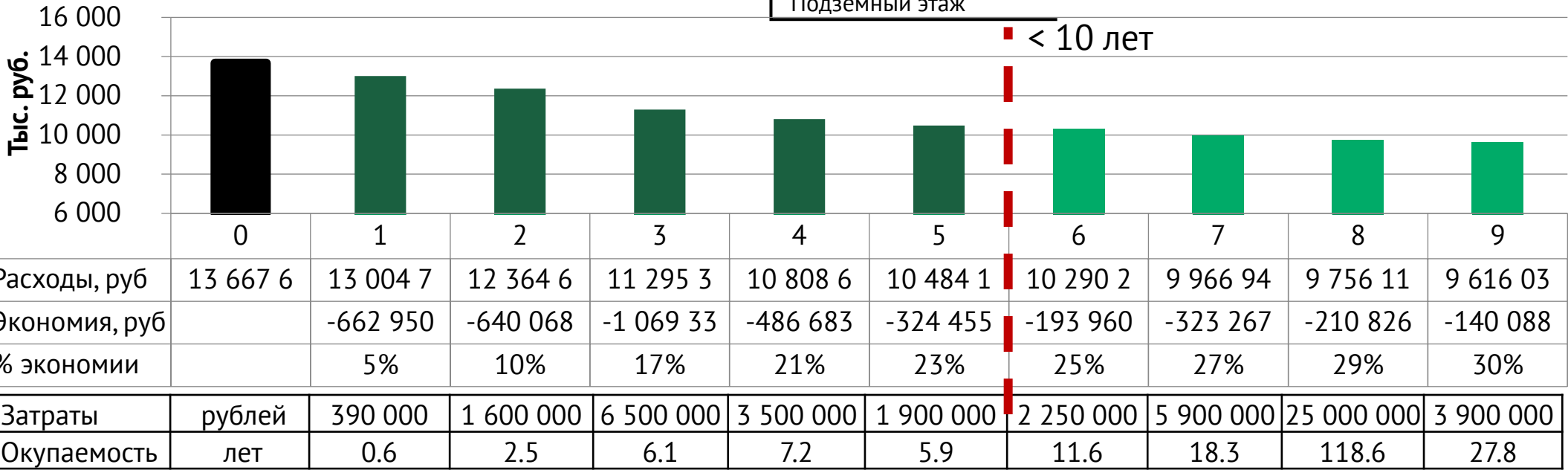
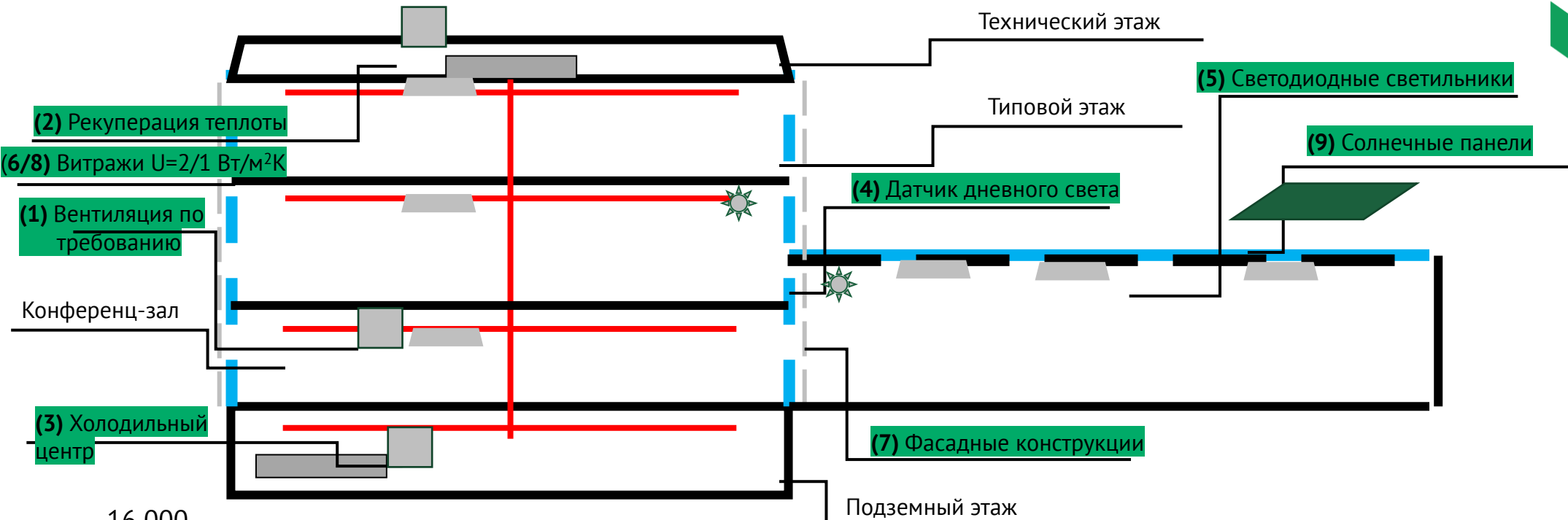
- На 2815 тонн CO₂e

Экономия стоимости строительства:

- 372 тыс. \$

Кейс 4: НТЦ «ТМК» в Сколково

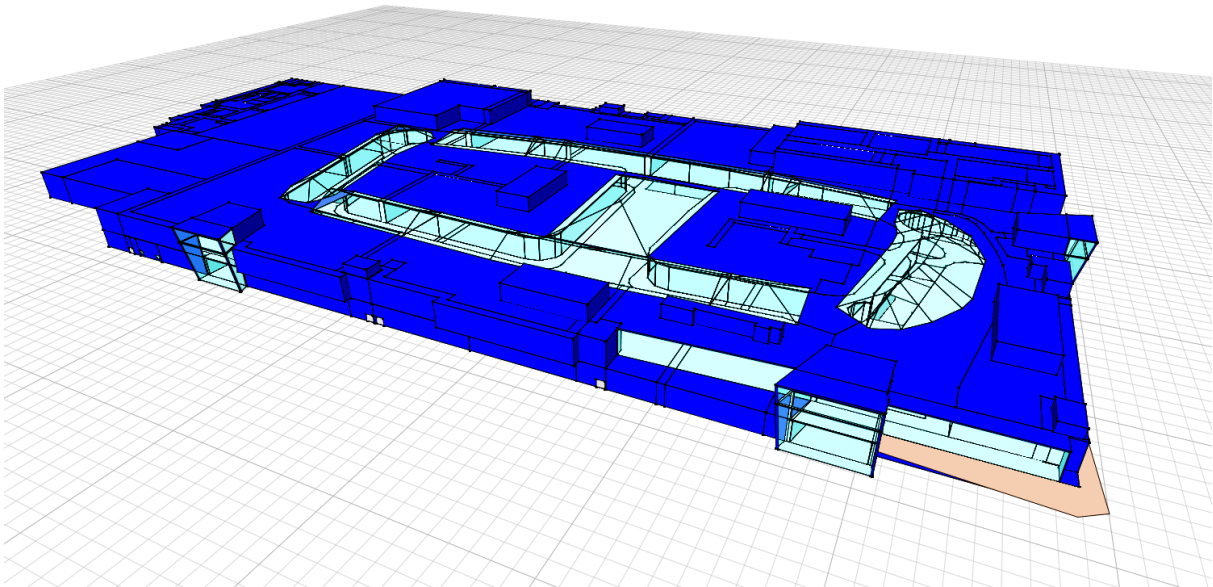
Оптимизационные решения:



Кейс 6: ТРЦ «Планета»

Оптимизационные решения:

- Специальное покрытие фонаря атермальным остеклением;
- Снижение потребления вентиляторов приточно-вытяжных систем до 2,5 Вт/(л/с);
- Оснащение приточно-вытяжных систем вентиляции воздушными экономайзерами;
- Система переменного расхода воздуха, датчики углекислого газа (CO₂);
- Автоматизация освещения в автостоянке на датчиках движения;
- Роторная рекуперация теплоты с КПД 75 %.



В результате работ достигнуто:

- **Оптимизация** нагрузок и расходов на энергопотребление ТРЦ;
- **Сокращение расходов** на электро- и теплоснабжение на 70 млн рублей в год (41%);
- **Повышение** теплового **комфорта** посетителей и работников здания;
- **Повышение** рыночной **ценности** объекта на 10% при увеличении стоимости строительства в пределах 3%;
- **Сертификация** BREEAM Very Good;