

БЮРО ТЕХНИКИ

GREEN DATA BOX

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЦЕНТР
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

Санкт-Петербург, 2018

DATA GREEN BOX – масштабируемый энергоэффективной контейнерно-модульной ЦОД для малой, средней и большой вычислительной мощности (без ограничения верхнего предела).



Исключительная энергоэффективность, PUE в годовом цикле 1,05



Низкие капитальные затраты



Высокая однородность и ремонтпригодность, пригоден для открытого размещения в Арктике и на вечной мерзлоте; в сложных условиях горного рельефа и дикой тайги



Высокая степень заводской готовности, сборка ЦОДа мощностью в 10 – 20 МВт за 10 – 12 недель



Опирается бы на простые природоподобные процессы при отсутствии топологически сложных компонентов

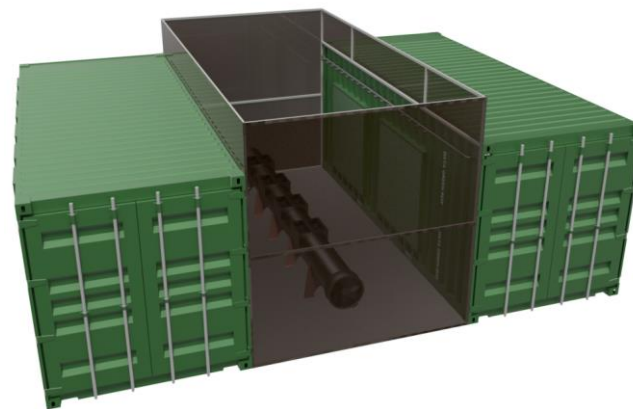


Обладает широким спектром функциональной применимости (могло бы использоваться как для хранения данных, так и для наработки криптовалют), отвечает требованиям ASHRAE 90.4-2016 “Energy Standard for Data Centers

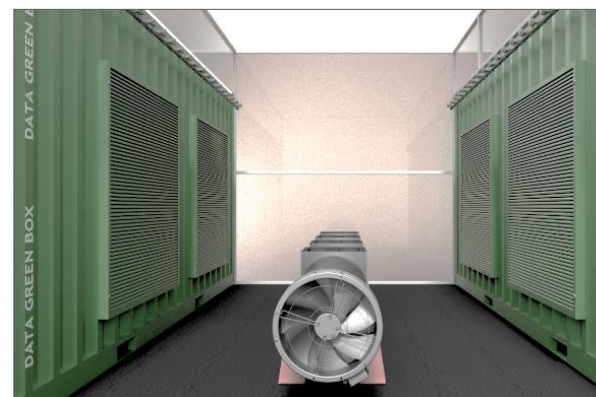


Защищено патентом №2018129265, приоритет от 09.08.2018

DATA GREEN BOX содержит по меньшей мере один контейнер, на сторонах которого размещены воздухозаборные и воздуховыпускные отверстия, а внутри размещены стойки с вычислительным оборудованием, тепловыводящая вентиляция, включающая воздушные фильтры, вентиляторы. Оборудование для испарительного охлаждения воздуха в составе насоса, распределительных трубопроводов и распылителей, вынесены за габариты контейнера, а образуемый распылителями водный спрей направлен в зону действия всасывающих факелов воздухозаборных отверстий.



Общий вид двух DATA GREEN BOX с оборудованием для испарительного охлаждения воздуха посередине



Резюме инновационного проекта

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ DATA GREEN BOX

1. Целью проведения процедуры энергетического моделирования является определение потребления энергоресурсов объекта, а также оценка его эффективности (вычисление коэффициента эффективности использования PUE).

Энергетическая модель энергоэффективного контейнерно-модульного центра обработки данных выполнена на основе исходных данных (Таблица 1). Погодный файл, содержащий почасовые данные о погоде для расчета, был сформирован на основе статистических данных в программе Meteororm 7. Для энергетического моделирования объекта использовался лицензионный пакет программного обеспечения IESVE 2017

Таблица 1 – Исходные данные

Параметр	Значение
Расположение	Москва
Габариты, м	L = 12; W= 2,4; h=2,6
Общая площадь, м ²	30
Общий объем объекта, м ³	84
Тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч	4,4

Ограждающие конструкции:

Для моделирования принят морской контейнер, изготовленный из стального каркаса, обшитого гофрированными металлическими листами. Пол изготавливается из фанеры 30-40 мм.

Принимаем сталь с коэффициентом теплопроводности $\lambda=58$ Вт/(м*К) толщиной 2 мм.

Нагрузки ЦОДа:

В таблице №2 приведены нагрузки от IT-оборудования и освещения

Таблица 2 – Электрическая нагрузка

Параметр	IT- оборудование	Освещение
Мощность, кВт	420	0,2
Удельная мощность, Вт / м ²	14000	6,67

Уровень освещенности, поддерживаемая температура и максимально возможный расход воздуха приведен в таблице 3

Таблица 3 – Поддерживаемые параметры внутри ЦОД

Параметр	Значение
Освещенность, лк	420
Расход воздуха, м ³ /ч	120 000
Температура воздуха, °C	18...27

Инженерные системы:

На сторонах контейнера размещены воздухозаборные и воздуховыпускные отверстия, внутри размещены стойки с вычислительным оборудованием, тепловыводящая вентиляция, включающая воздушные фильтры, вентиляторы. Оборудование для испарительного охлаждения воздуха в составе насоса, распределительных трубопроводов и распылителей, вынесены за габариты контейнера. Образующий распылителями водный спрей направлен в зону действия всасывающих факелов воздухозаборных отверстий.

Резюме инновационного проекта

Система вентиляции предусмотрена с рециркуляцией. При наружной температуре t_n от $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ к наружному воздуху подмешивается рециркуляционный для поддержания $t_{см} = t_{год} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В теплый период года для снятия теплоизбытков включается система испарительного охлаждения.

Распылители воды содержат прямоугольные отверстия, выполненные в тонкостенных металлических или полимерных мембранах, причем со стороны набегающего потока воды отверстие перекрыто арочным элементом (Рисунок 3).

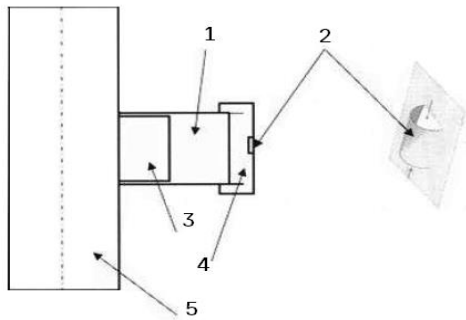


Рисунок 3 – Распылитель форсунки (1 – корпус с входным отверстием, 2 – жиклер, 3 – штуцер, 4 – съемная крышка, 5 – трубопровод)

Под арочным элементом возникает мощный естественно-природный автоколебательный процесс в ходе которого идет интенсивное распыление воды.

Для защиты электронных вычислителей и фильтров от пыли, переносимой ветрами вдоль поверхности земли и защиты капельного спрея

распылителей от воздействия порывов ветра зона воздухозаборных отверстий отделена от окружающей среды легкими панелями.

Для очистки воздуха от пыли служат фильтры грубой очистки G4 и тонкой очистки F7.

Этапы моделирования:

- ☐ Построение 3D модели объекта
- ☐ Расчет затенения исследуемого объекта
- ☐ Расчет нагрузки от солнечной радиации в зависимости от географического положения объекта, его ориентации в пространстве, месяца, времени суток (Рисунок 4)
- ☐ Моделирование потоков энергии
- ☐ Обработка результатов моделирования

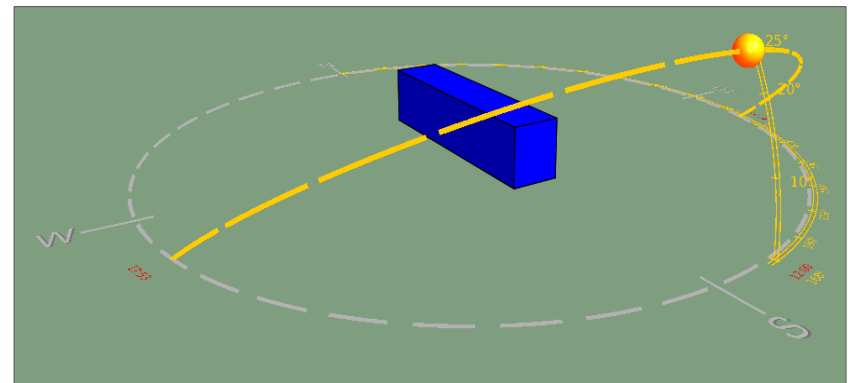


Рисунок 4 – Трехмерная модель объекта с положением солнца

Резюме инновационного проекта

Параметры имеющихся результатов (продолжение):

1. Энергетическое моделирование энергоэффективного контейнерно-модульного центра обработки данных (продолжение)

Результаты энергомоделирования

Результаты энергомоделирования объекта приведены в Таблице 4

Таблица 4 – Результаты расчетов

Общее энергопотребление, кВт·ч	Общие затраты на энергоресурсы, руб / год
3 841 050,27	16 900 621,82

Общее энергопотребление ЭКМ ЦОДа за год составляет 3 841 050,27 кВт·ч. Из них на потребление ИТ-оборудования приходится 3 679 199,95 кВт·ч.

Исходя из полученных результатов можно рассчитать коэффициент эффективности использования PUE (Power Usage Efficiency). При $PUE \approx 1.3$ ЦОД считается очень эффективным. Для сравнения самый большой и самый инновационный центр обработки данных в России, являющийся по совместительству одним из крупнейших ЦОДов подобного класса в Европе ЦОД Сбербанка в Сколково имеет коэффициент энергоэффективности $PUE \sim 1.3$ [3].

$$PUE = \frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{ИТ}}}$$

Где $E_{\text{общ}}$ – полное энергопотребление ЦОдом, кВт·ч

$E_{\text{ИТ}}$ – энергопотребление вычислительным ИТ-оборудованием.

$$PUE = \frac{3\,841\,050,27}{3\,679\,199,95} = 1,044$$

Из расчета видно, что проектируемый ЭКМ ЦОД является очень эффективным.

Экономические и энергетические показатели более подробно представлены в виде графиков и диаграмм ниже.

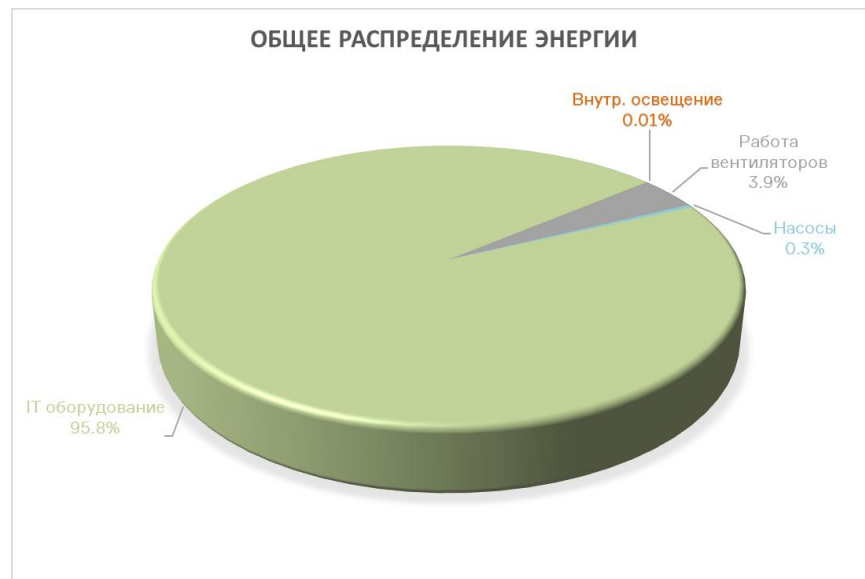


Рисунок 5 – Общее распределение энергии по компонентам, %

На круговой диаграмме на Рисунке 5 видно соотношение потребляемых энергоресурсов при годовой эксплуатации объекта различными компонентами в процентном соотношении. Можно видеть, что большую часть занимает электропотребление ИТ-оборудованием.

Резюме инновационного проекта

Инженерные же системы потребляют небольшой процент от общих энергозатрат. Такого распределения энергии удалось добиться благодаря грамотному подбору инженерного оборудования, а также применению системы испарительного охлаждения. Как следствие имеем экономию ввиду отсутствия потребления электроэнергии системой хладоснабжения.

Для оценки потребления ресурсов только инженерными системами без учета IT-оборудования ниже приведена круговая диаграмма с абсолютными значениями (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Распределение энергии по компонентам без учета IT-оборудования, МВт·ч

Из Рисунок 5 ясно, что из инженерного оборудования больше всего потребляют вентиляторы. На Рисунок 7 отображено распределение потребляемой энергии всеми компонентами.

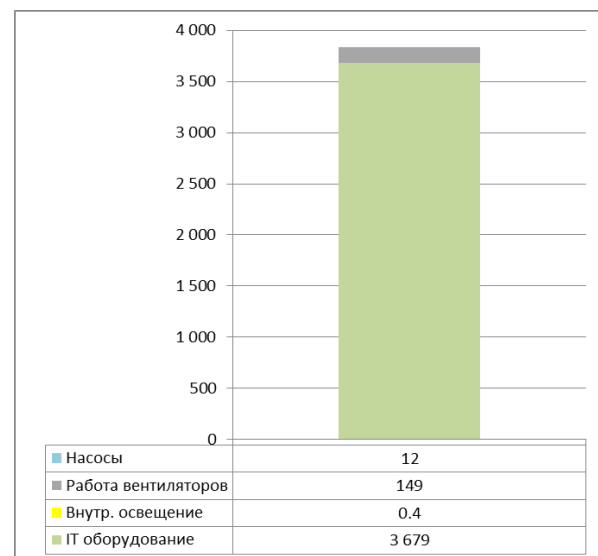


Рисунок 7 – Годовое распределение потребляемой энергии, МВт·ч

2. Расчёт динамики воздушных потоков. Моделирование обтекания одного блока модульного дата-центра Data Green Box при поперечном обтекании ветра

Исследуемый объём состоит из двух ЭКМ ЦОД (один блок), расположенных на расстоянии 4 м друг от друга пространство между которыми огорожено воздухопроницаемой перегородкой. Расчёт проводился для тёплого периода года (температурные параметры наружного воздуха определялись в соответствии с СП 131.13330.2012).

Резюме инновационного проекта

Расчёт динамики воздушных потоков. Моделирование обтекания одного блока модульного дата-центра Data Green Box при поперечном обтекании ветра

В качестве ИТ нагрузки рассматривались устройства для добычи криптовалюты ASIC, как устройства характеризующиеся большим выделением тепла в процессе работы.

Температура наружного воздуха 25°C.

Тепловая мощность ASIC принята 1,4 кВт,

Общая тепловая мощность ЭКМ ЦОДа – 420 кВт.

Расчеты проводились для следующих сценариев:

- ☐ Расход воздуха на один модуль дата-центра $L_{дц} = 120\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$, скорость ветра $V_{вх}=8\ \text{м/с}$
- ☐ Расход воздуха на один модуль дата-центра $L_{дц} = 120\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$, скорость ветра $V_{вх}=2\ \text{м/с}$

Результаты моделирования:

1. По результатам моделирования при наличии сильного ветра (8 м/с) температура на воздухозаборных решётках модулей всегда одинакова (27,5°C) (Рисунок 8), какой-бы расход воздуха не продували непосредственно через дата-центр.

Интенсивность турбулентного смешения в данном случае является определяющей, а расход через модули оказывается не определяющим.

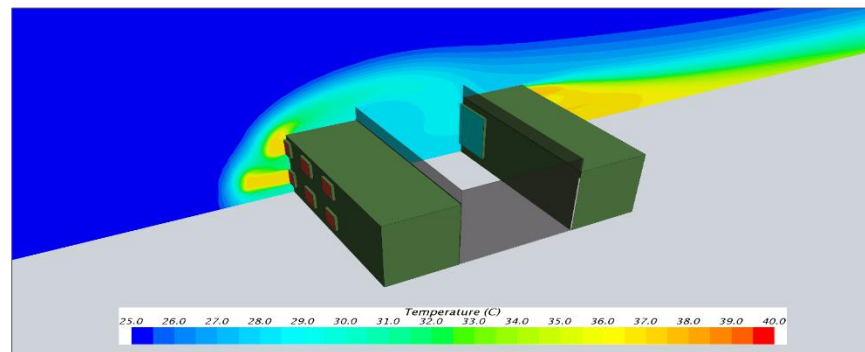


Рисунок 8 – Распределение полей температур ($L = 140\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$, $V_{вх} = 8\ \text{м/с}$)

2. При слабом ветре (2 м/с) температура на воздухозаборе повышается до 30,5°C, а температура на выбросе 41,5°C (Рисунок 9). При снижении скорости ветра снижается и интенсивность турбулентного смешения, что является причиной наблюдаемого роста температуры. Стоит понимать, что 41,5°C это не критичная температура

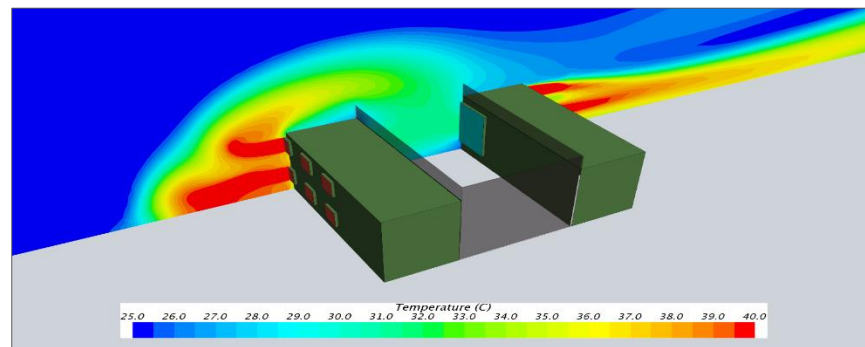


Рисунок 9 – Распределение полей температур ($L = 120\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$, $V_{вх} = 2\ \text{м/с}$)

Резюме инновационного проекта

Расчёт динамики воздушных потоков. Моделирование обтекания одного блока модульного дата-центра Data Green Box при поперечном обтекании ветра (продолжение)

3. При наличии поперечного ветра может иметь место «заикливание» потоков (Рисунок 10).

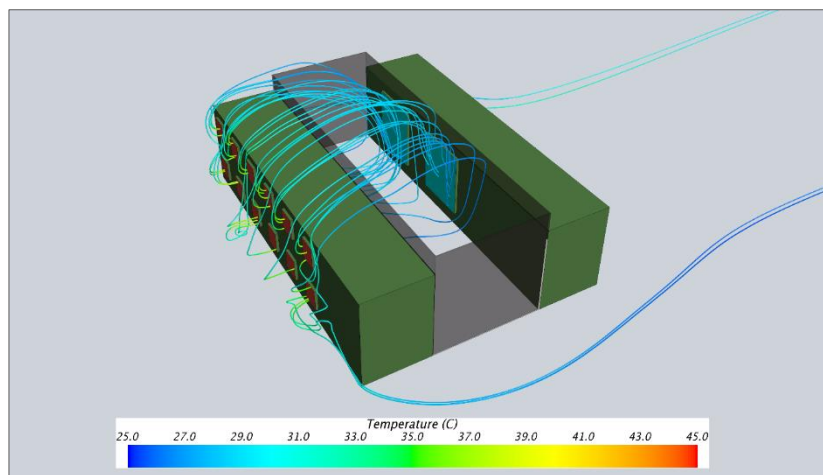


Рисунок 10 – Линии тока на воздухозаборах и на выходе из ЦОД ($L = 120\,000\text{ м}^3/\text{ч}$, $V_{\text{вх}} = 2\text{ м/с}$)

Такое заикливание относительно легко предотвратить с помощью форкамер с открытыми торцевыми сторонами (Рисунок 11). В этом случае выброс тёплого воздуха при поперечном обтекании обеспечивается по боковым сторонам, а его поднятие вверх (в область воздухозабора) вовсе исключено.

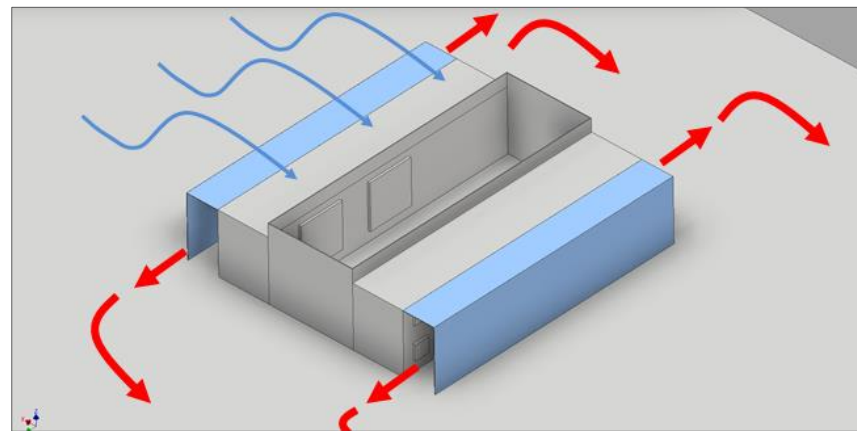


Рисунок 11 – Эскиз ЭКМ ЦОДа с установленными боковыми форкамерами

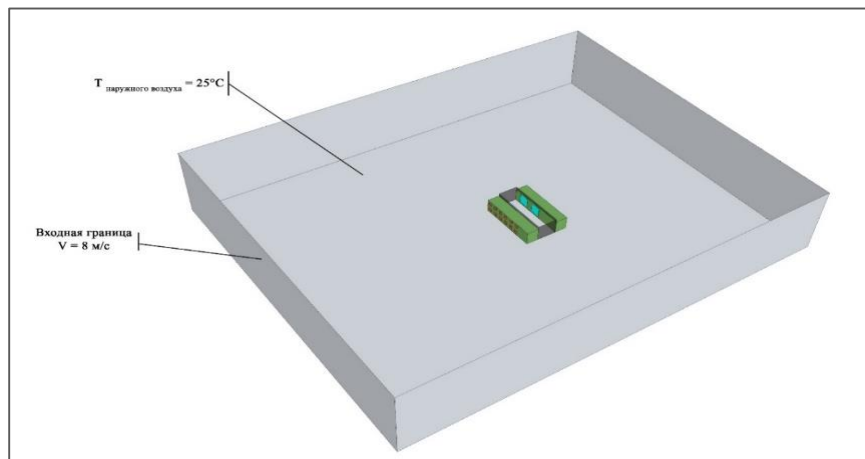


Рисунок 12 – Граничные условия проведенного расчета

Сравнение с лучшими мировыми практиками

Исходные данные

По данным Tadviser: ЦОД-2 Сбербанка – крупнейший в России и один из крупнейших подобного рода ЦОД в Европе.

- ❑ Общая площадь: $F_{\text{ЦОД}} \sim 33000 \text{ м}^2$ Максимальная мощность: $P \sim 30 \text{ МВт}$
- ❑ Площадь земли выделенная под постройку: $F_{\text{зем}} \sim 5 \text{ Га}$
- ❑ Строительная стоимость: $C \sim 14 \text{ млрд. рублей}$ (без учета ИТ оборудования)
- ❑ Удельная стоимость: $C_{\text{уд}} \sim 420 \text{ 000 руб/м}^2$ (7000 \$/м²)
- ❑ PUE~1.3

Расчет

Использование интенсифицированных природоподобных процессов испарительного охлаждения в отсутствии топологически сложных воздухопроводов дает интегральный (за астрономический год) PUE~1.044 для ЦОД размещенного в городе Москва.

Это означает, что ЦОД с мощностью $P=420 \text{ кВт}$ (размещенный в 40-футовом контейнере) экономит владельцу за эксплуатационный год:

$$Э_k = 8760 \cdot 420 \cdot 4,4 (1,3 - 1,044) = 4.14 \text{ млн. рублей}$$

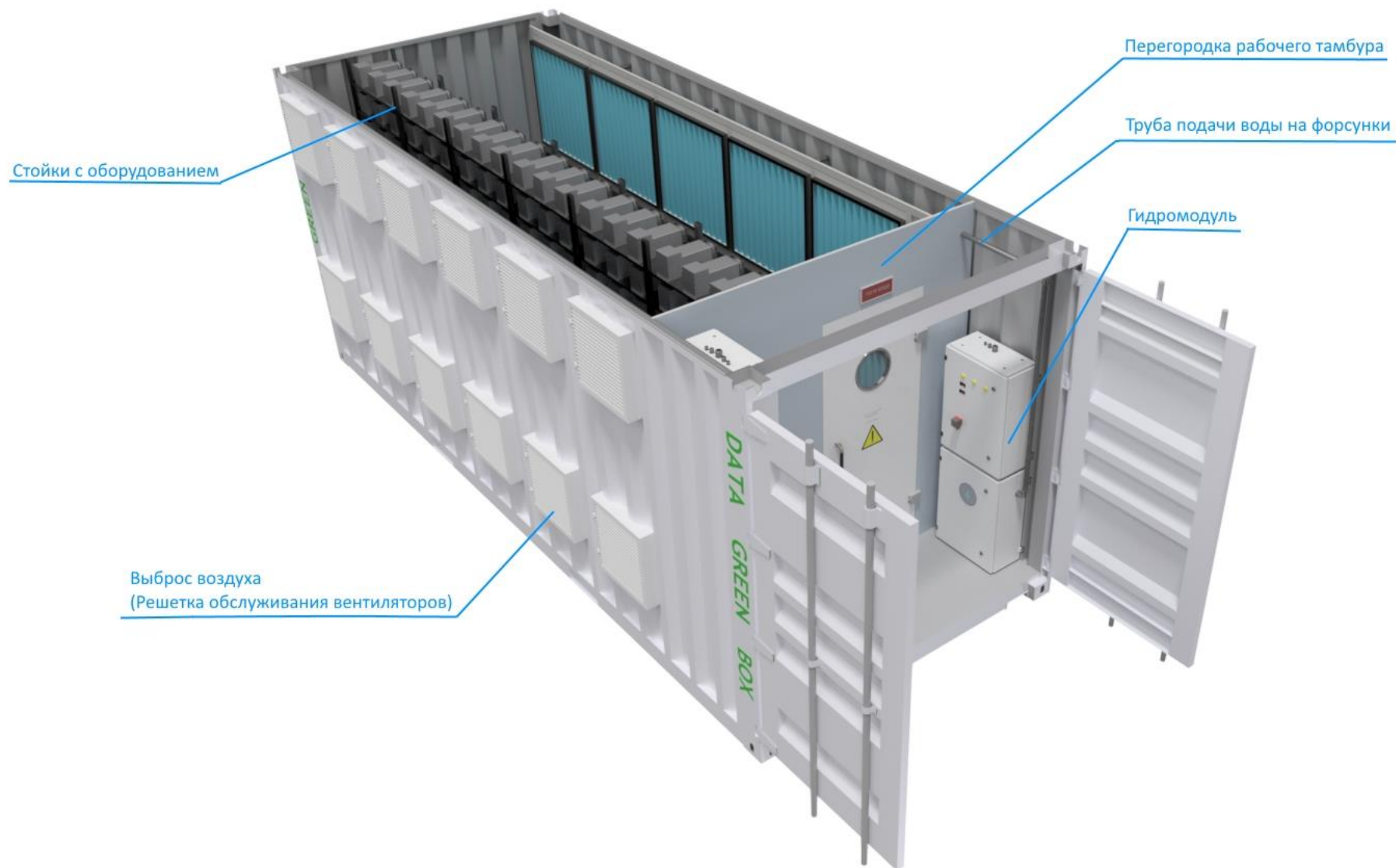
Где: 8760 – число часов работы в году, 4.4 руб/кВт час – тариф на электроэнергию, 1.3 – величина PUE, считающаяся обычно высокой.

При стоимости контейнерного машинного зала (без ИТ оборудования) в базовом исполнении в 2.25 млн. рублей, условная доходность инвестиций в **DATA GREEN BOX** составляет $4.14 / 2.25 = 184 \text{ \% годовых}$

DATA GREEN BOX дает умеренные строительные затраты, удельная стоимость 1 квадратного метра с инженерными системами составляет **75 000 руб/м² по сравнению с 420 000 руб/м² у Сбербанка,**

Более того, требуемую мощность ЦОДа Сбербанка **вместо 5 Га,** можно было бы разместить на **0.28 Га,** значительно сократив капитальные затраты

Визуализация технологического решения



Визуализация технологического решения

