

# Энергомоделирование – инструмент экономической оценки энергоэффективности



 **БЮРО ТЕХНИКИ**

гармония дело техники



USGBC



ICC



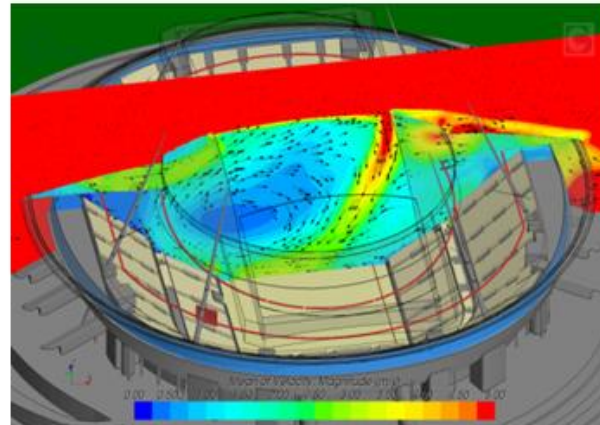
BCA

# 1. Задачи математического моделирования

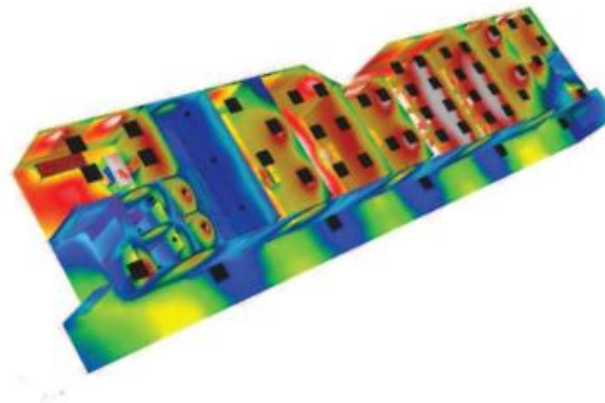
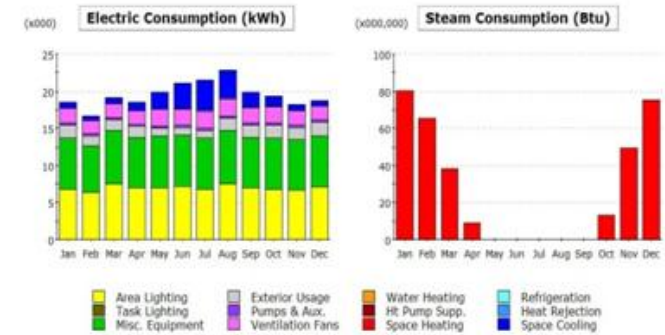
2. Примеры моделирования объектов в России

1. Моделирование скоростных и температурных полей применительно к комфорту в помещениях;
2. Моделирование солнечного излучения и тепловых нагрузок от него;
3. Энергетические модели зданий; расчет энергоэффективност и здания;
4. Моделирование искусственной и естественной освещенности.

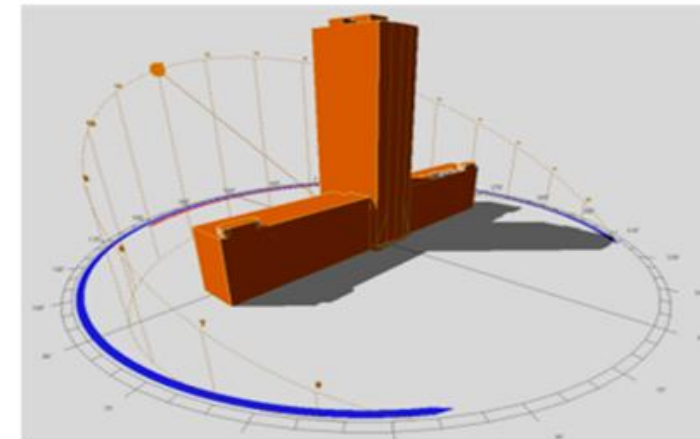
скоростные и температурные поля



энергетическая модель



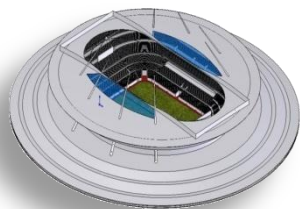
освещенность



тепловые нагрузки от солнечного излучения

## О процессе математического моделирования

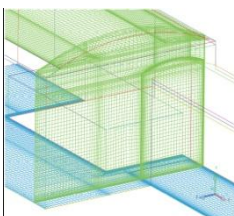
ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ ОБЪЕКТА (ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ)



При проведении математического моделирования реальное физическое пространство заменяется приближенной моделью – так называемым вычислительным пространством.



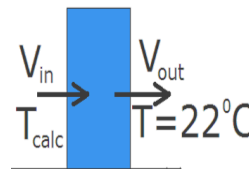
ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ



В случае конечно-объемного представления такое вычислительное пространство представляет собой совокупность элементарных объемов различной формы (тетраэдры, гексаэдры, призмы и т.д.), в которых выполняются законы сохранения массы, импульса, энергии.



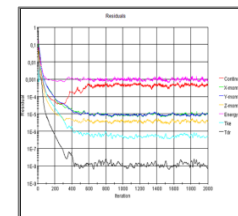
ЗАДАНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ. ВВОД ПАРАМЕТРОВ



Вычислительная гидродинамика использует численные методы для решения фундаментальных нелинейных уравнений в частных производных, описывающих поведение течения (уравнения Навье-Стокса) для заданных геометрии, граничных условий, физики потока и т.д.



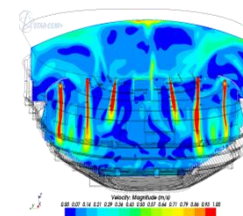
ОТЛАДКА, ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЕТОВ



Процесс математического моделирования относится к области научно-прикладных работ, поэтому он проводится высококвалифицированными и опытными специалистами в области вычислительной гидродинамики в тесном сотрудничестве с профессионалами-инженерами.



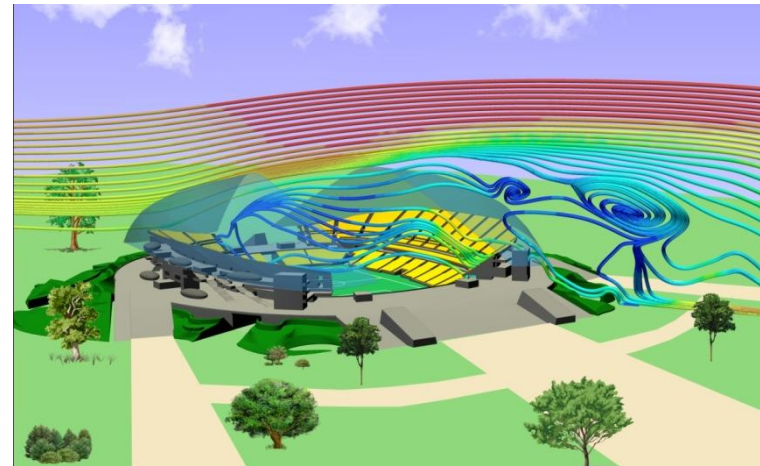
АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ ВЫВОДЫ

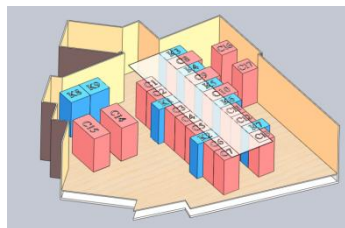


1. Задачи математического моделирования

## 2. Примеры моделирования объектов в России

## 2.1 Моделирование воздушных и скоростных полей

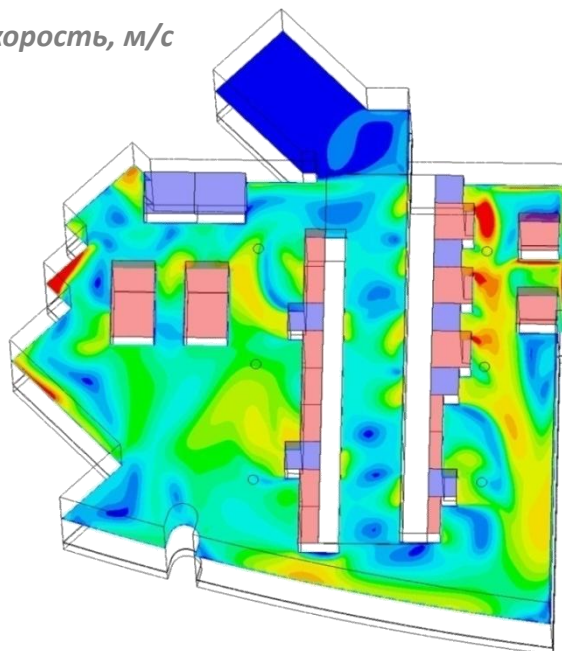




### ЗАДАЧА

Одним из основных требований бесперебойной работы серверов является поддержание оптимальной температуры воздуха в объеме серверных помещений, что достигается использованием систем кондиционирования.

Скорость, м/с

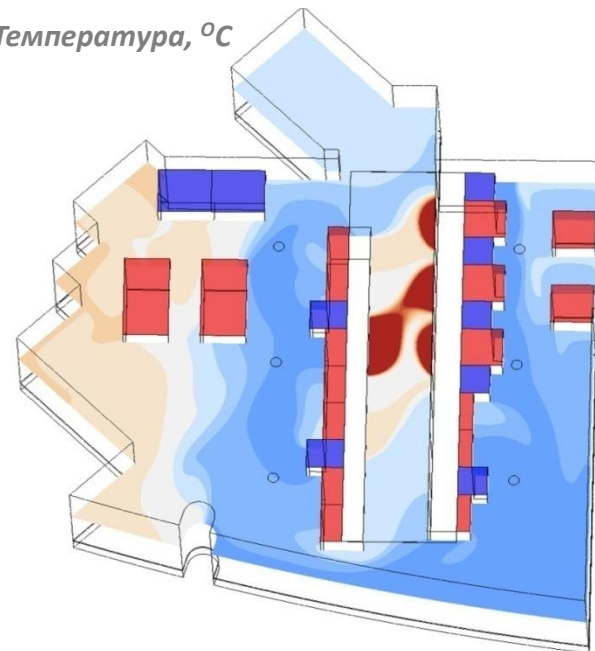


### ВЫПОЛНЕНИЕ

Мы провели математическое моделирование в объеме серверного помещения в двух режимах работы – обычном и аварийном, т.е. при аварийной остановке одного из кондиционеров

в наиболее термонагруженной зоне.

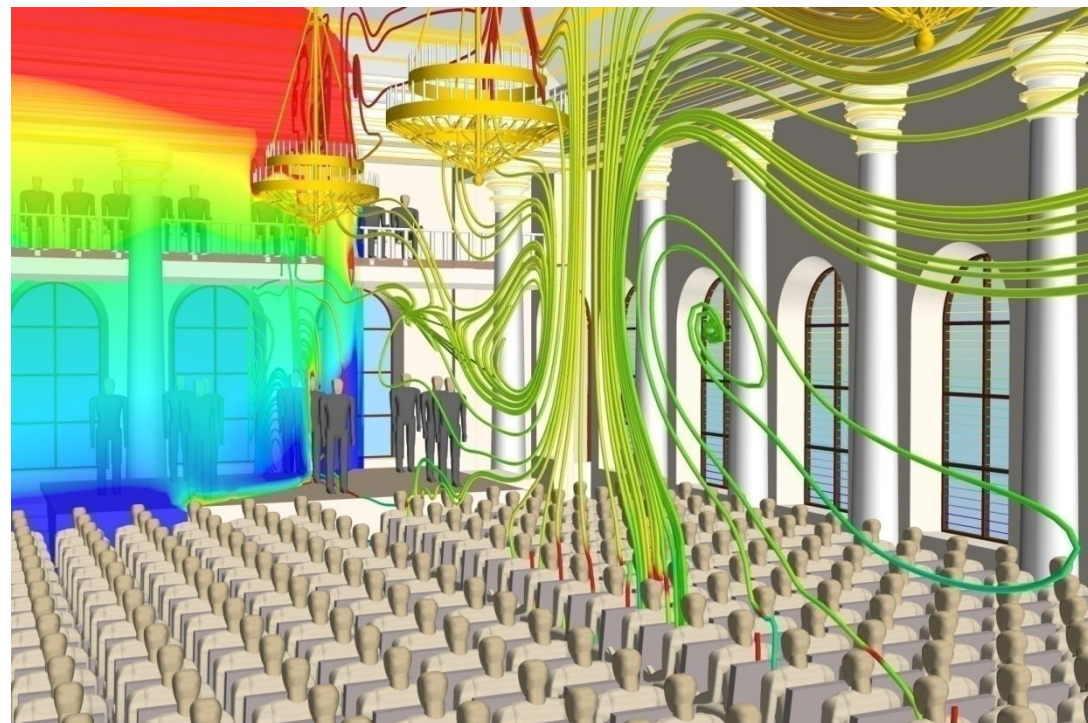
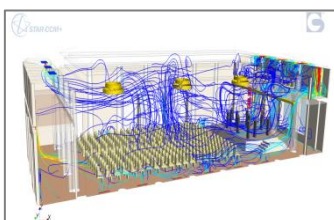
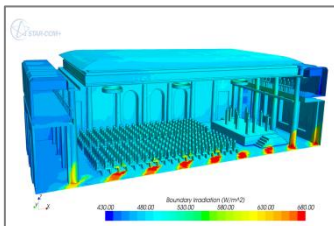
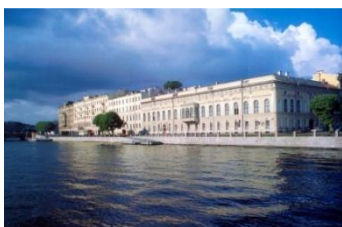
Температура, °C



### РЕЗУЛЬТАТ

Охлаждающее оборудование размещено нерационально. Принятое проектное решение переинвестировано на 50-60%

ЦОД. Екатеринбург.  
Площадь 190 м<sup>2</sup>



**ЗАДАЧА**

Математическое моделирование являлось неотъемлемой частью проектных работ. Необходимо было, с помощью моделирования, сформировать окончательное решение по вентиляции зала и подтвердить его эффективность.

**ВЫПОЛНЕНИЕ**

Температурные и скоростные поля в объеме зала были получены с учетом теплопритоков от людей, освещения и солнечного излучения. Нагрузки от солнца в помещение приняты для 21 июня, 12 часов дня.

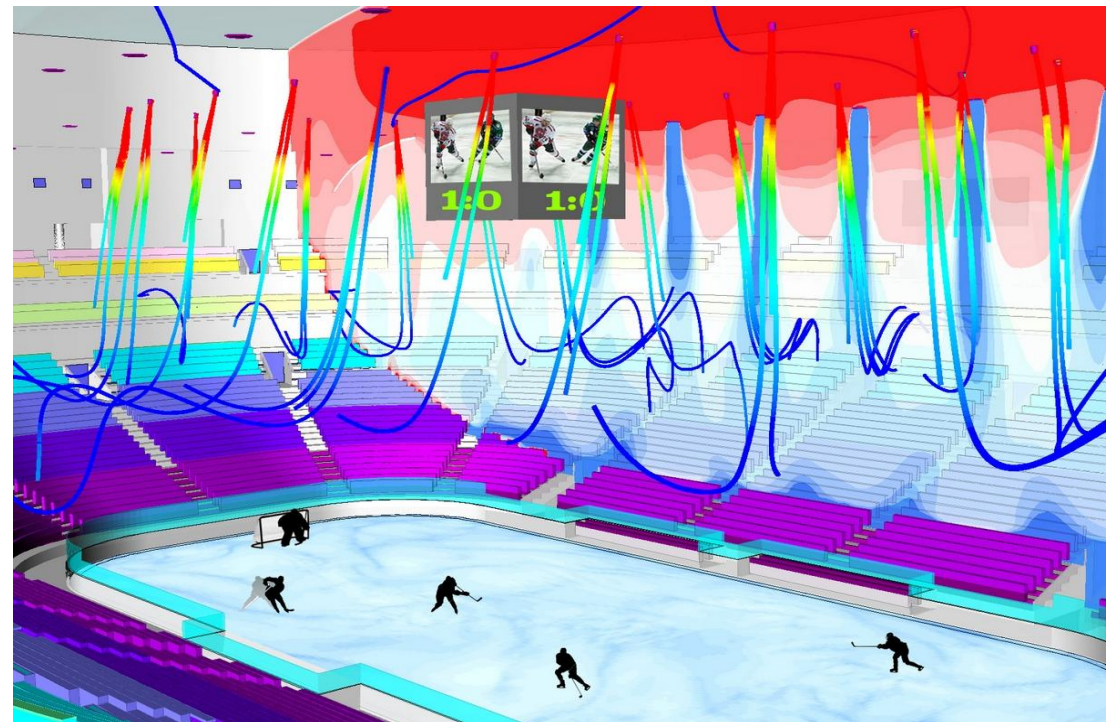
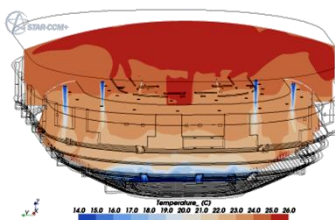
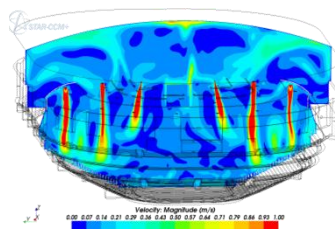
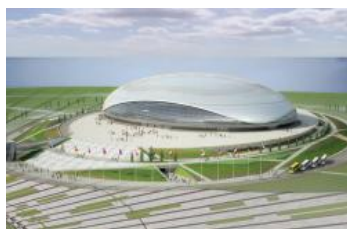
**РЕЗУЛЬТАТ**

Температура воздуха в зоне зрителей в основном в диапазоне 24-25°C, скорость воздуха 0.1-0.2м/с. В районе задних рядов наблюдаются значения 22°C.

Эти параметры являются комфортными для зрителей в зале.

Белоколонный зал Шуваловского дворца. Санкт-Петербург  
Площадь 450 м²





**ЗАДАЧА**

Ледовые Арены - сложные инженерные сооружения, требующие больших капитальных затрат при строительстве и высоких расходов на содержание. Необходимо проверить эффективность проектных решений по вентиляции и кондиционированию с помощью методов математического моделирования.

**РЕЗУЛЬТАТ**

Выявлен ряд недостатков проектного решения:

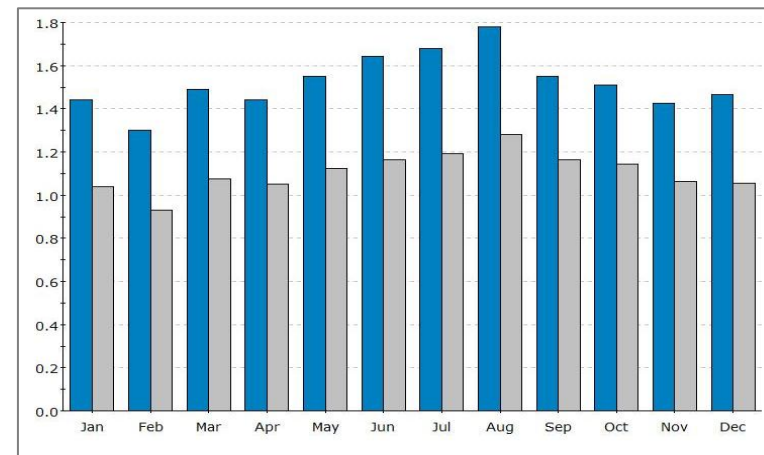
- струи из сопел не достигают зоны ледового поля, а отклоняются в сторону трибун;
- удаление воздуха из нижней части Арены приводит к перегреву ее верхней зоны.

**РЕКОМЕНДАЦИИ**

Перенос вытяжки в верхнюю зону будет способствовать как понижению средней температуры в объеме Арены, так и уменьшению нагрузок на ледовую поверхность.

Большая Ледовая Арена.  
Сочи.  
Количество зрителей  
12 000.

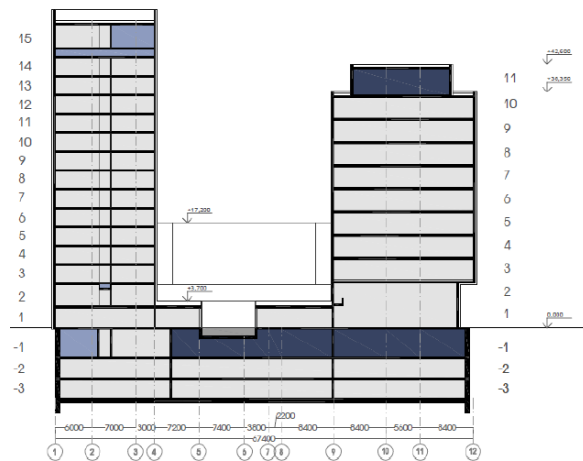
## 2.2 Моделирование энергетических потоков



г. Москва, Сущевский вал, вл. 43  
 Общая площадь: 44 180 м<sup>2</sup>

Проектный институт:  
 институт дизайна моды  
 бренда «ТВОЁ»,  
 Площадь: 12 370 м<sup>2</sup>

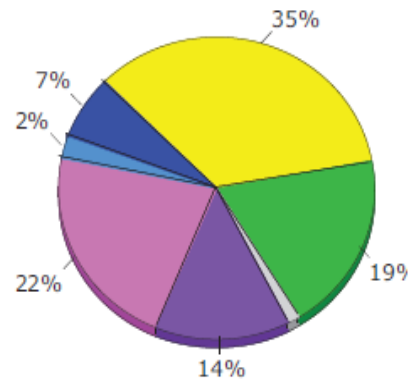
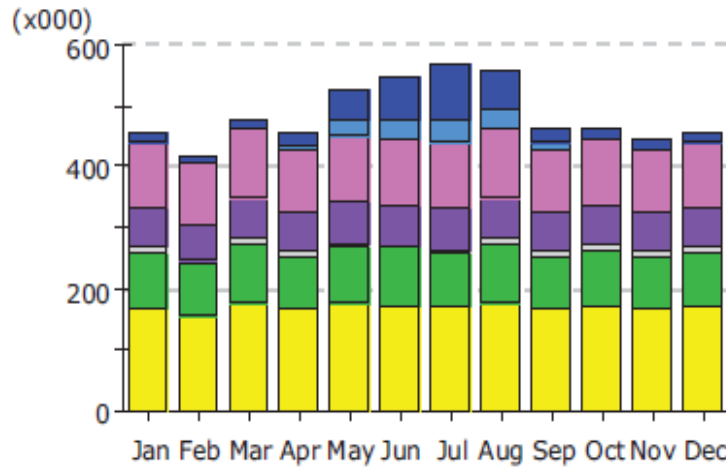
Гостиничный блок «Novotel»,  
 Площадь: 17 700 м<sup>2</sup>



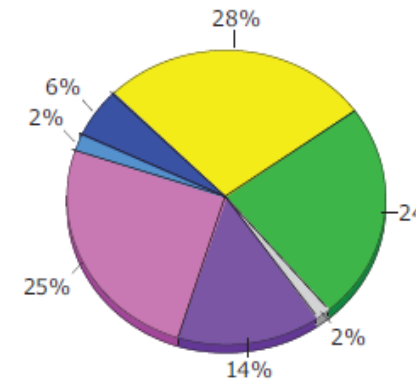
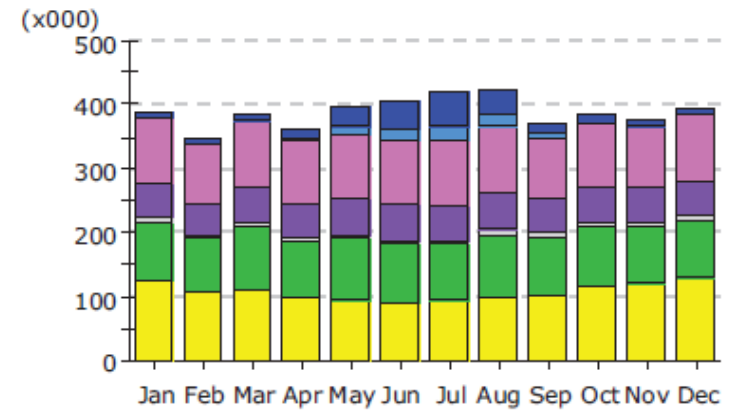
**При помощи математического моделирования выполнен анализ эксплуатационных затрат для рационального внедрения более 10 энергоэффективных решений.**

ИССЛЕДУЕМЫЕ СИСТЕМЫ	ВАРИАНТЫ	ЗНАЧЕНИЕ
ТАРИФЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ	1	Двухставочный
	2	Одноставочный
СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА	3	Центральная СКВ во всем здании
	4	Установка датчиков углекислого газа
	5	Два хладоцентра (для гостиницы и проектного института)
	6	В хладоцентре проектного института использование льдоаккумулятора
ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ	7	Повышенные значения сопротивления теплопередачи стен и окон
	8	Пониженные значения коэффициента пропускания солнечной энергии окнами
СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ	9	Уменьшение нагрузки от освещения
	10	Включение внутреннего освещения по датчикам освещенности

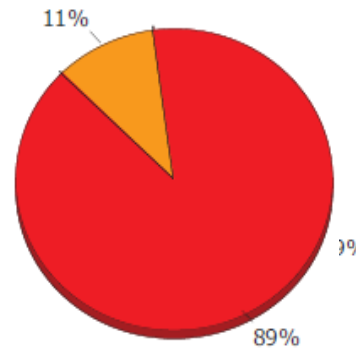
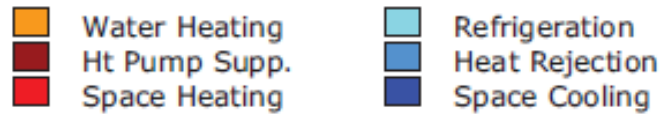
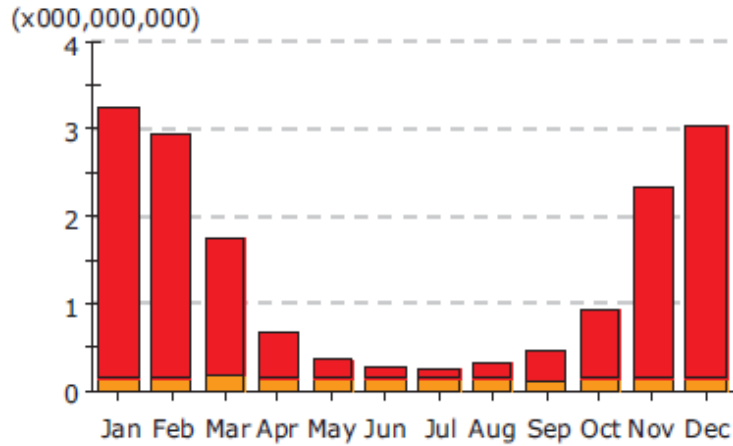
Базовый вариант



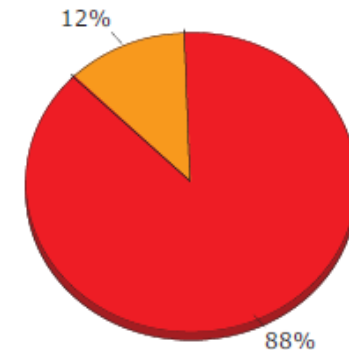
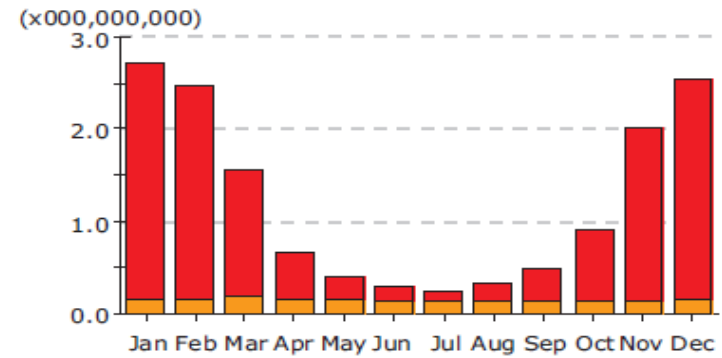
Энергоэффективный вариант

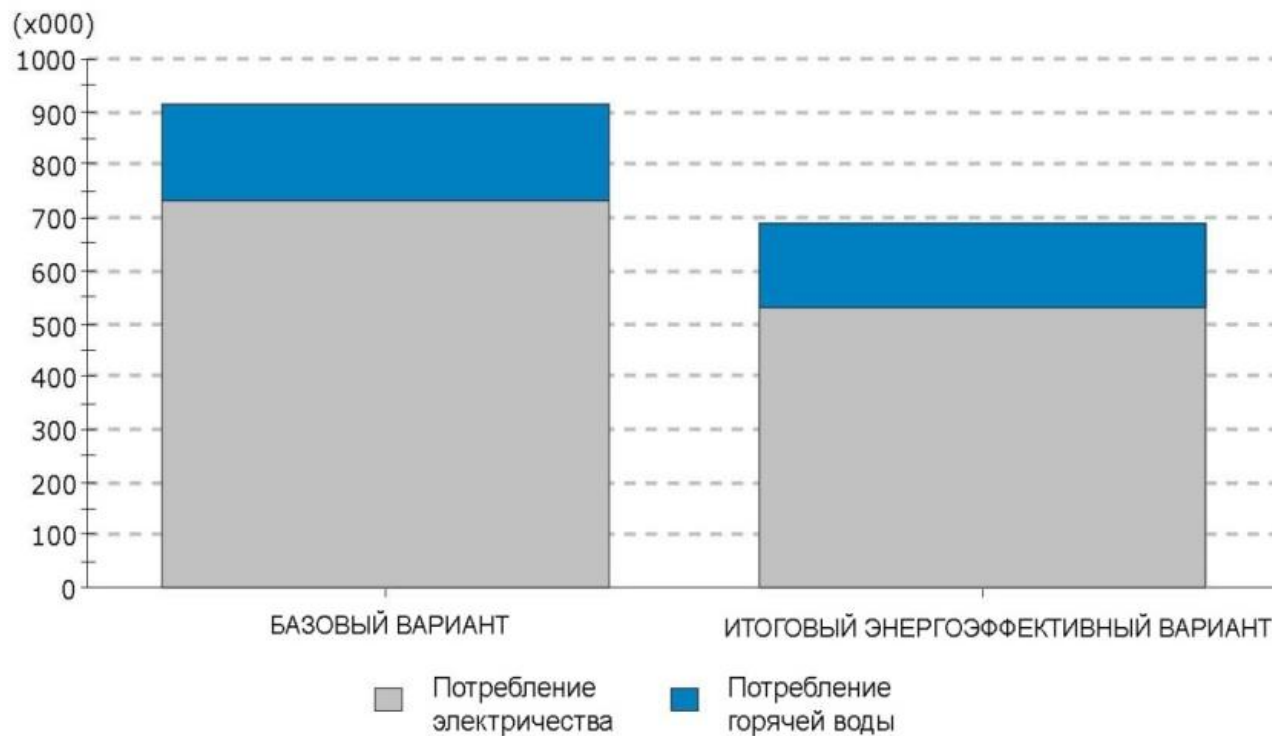


Базовый вариант



Энергоэффективный вариант



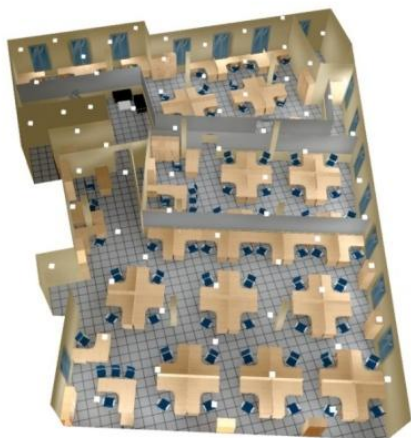


	Эксплуатационные затраты, \$/год	Изменение стоимости по сравнению с базовым вариантом	
<b>Базовый вариант</b>	<b>912 800</b>	-	-
<b>Энергоэффективный вариант</b>	<b>687 818</b>	<b>224 982</b>	<b>24%</b>

Офисный центр на обводном канале первый в Санкт-Петербурге и в России проект здания, где применяются инновационные технологии и требования системы LEED v3 по экологии и энергоэффективности.

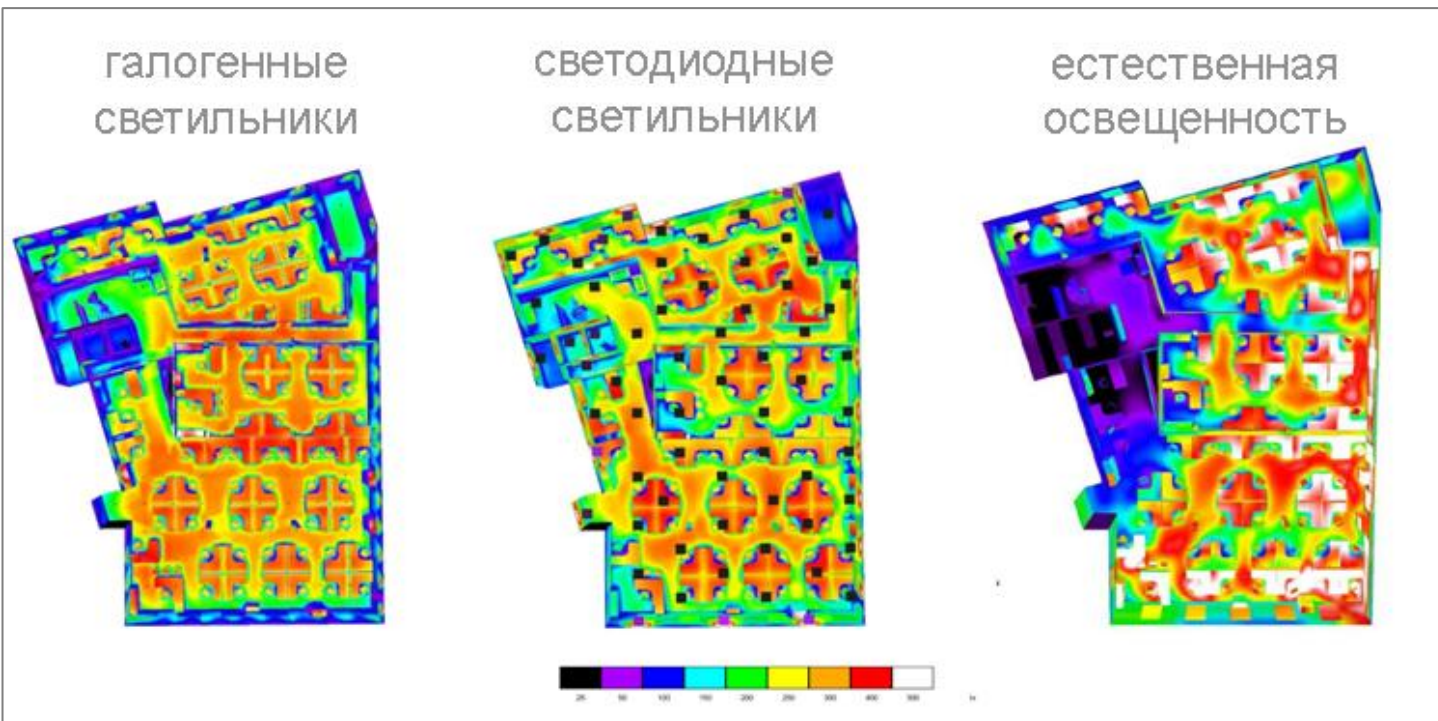






**ЗАДАЧА**

На всех рабочих местах в соответствии с требованиями LEED v3 должны быть предусмотрены индивидуальные приборы освещения. Необходимо подобрать оптимальное расположение светильников различных типов в соответствии с установленными санитарными нормами для комфортной работы сотрудников.



**ВЫПОЛНЕНИЕ**

Моделирование освещенности выполнено в программе DIALUX. Проект освещения разработан с учетом обеспечения на рабочих местах освещенности не менее 300 люкс

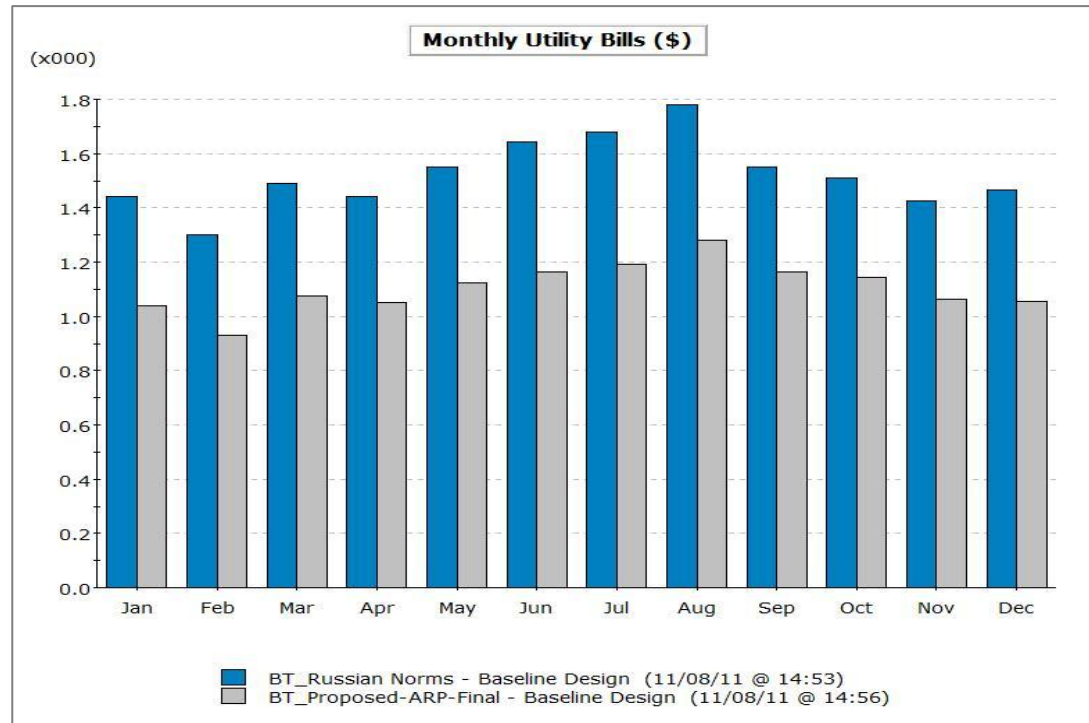
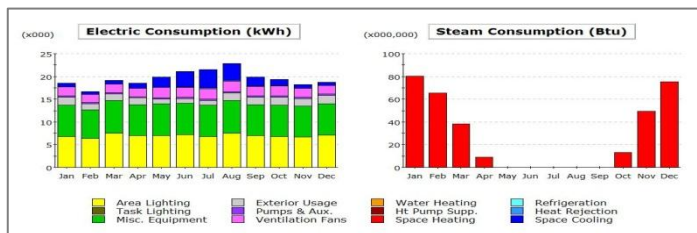
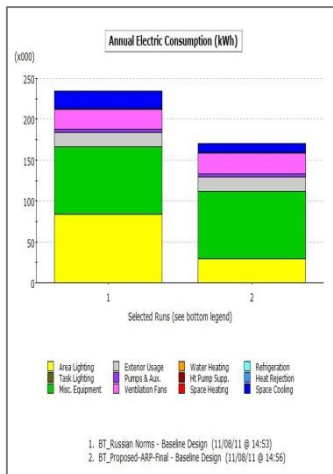
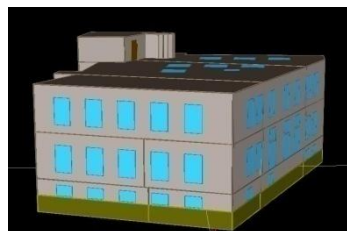
**РЕЗУЛЬТАТ**

Для обеспечения требуемой освещенности затрачивается :  
 на светодиодные светильники – 8 775 Вт - 195 светильника.  
 на галогенные светильники – 21 330 Вт - 472 светильника.

**РЕКОМЕНДАЦИИ**

Новое здание, проектируемое на Золотой Сертификат LEED USGBC, должно быть оснащено светодиодными приборами общего (и индивидуального) освещения.

Новый офис БЮРО ТЕХНИКИ на Обводном канале.  
 Санкт-Петербург  
 Площадь 1700 м<sup>2</sup>



**ЗАДАЧА**

С помощью ряда специальных программ проводится анализ потребности здания в электричестве с целью получения наиболее энергоэффективного решения.

**ВЫПОЛНЕНИЕ**

Оценивается вклад каждого из потребителей энергии. Сравняются несколько вариантов проектного решения с точки зрения энергопотребления.

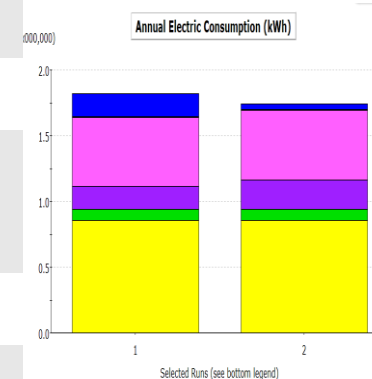
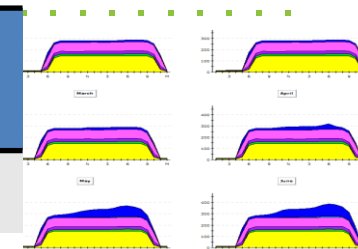
**РЕЗУЛЬТАТ**

Получены диаграммы энергопотребления для разных вариантов проектного решения. Выбрано наиболее энергоэффективное решение.

Достоверно определена итоговая энергоэффективность.

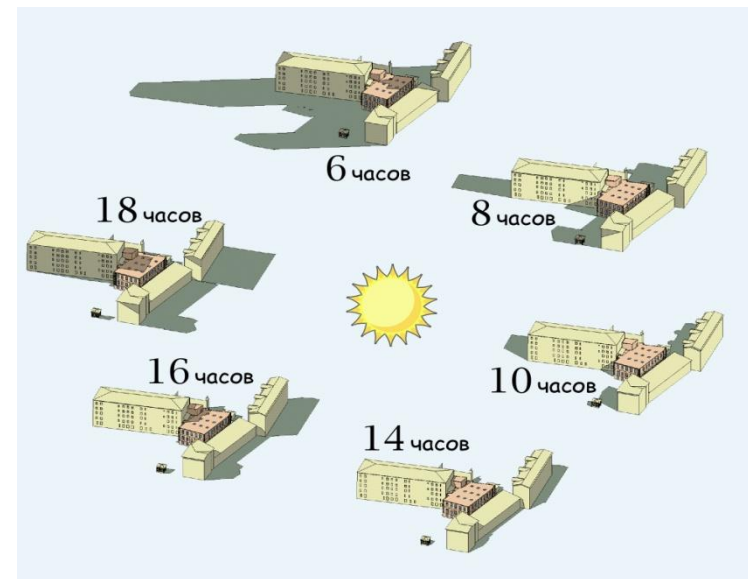
Новый офис  
БЮРО ТЕХНИКИ  
на Обводном канале.  
Санкт-Петербург  
Площадь 1700 м<sup>2</sup>

	ASHRAE 90.1	Российские нормы и стандарты	Предложенные решения	Потребление энергии по ASHRAE 90.1	Потребление энергии по Российским нормам
Отопление, кВт/ч в год	273	336	241	12%	28%
Холод, кВт/ч в год	11 690	21 862	10 201	13%	53%
Отклонение температур, кВт/ч в год	0	627	1 104	0%	-76%
Вентиляция, кВт/ч в год	48 789	18 042	20 124	59%	-12%
Насосы и вспомогательные средств, кВт/ч в год	8 311	3 152	4 276	49%	-36%
Освещение, кВт/ч в год	43 250	83 906	29 410	32%	65%
Оборудование, кВт/ч в год	82 340	82 340	82 340	0%	0%
Наружное освещение, кВт/ч в год	17 719	17 719	17 719	0%	0%
<b>Итого, кВт/ч в год</b>	<b>212 100</b>	<b>227 875</b>	<b>165 179</b>	<b>22%</b>	<b>28%</b>



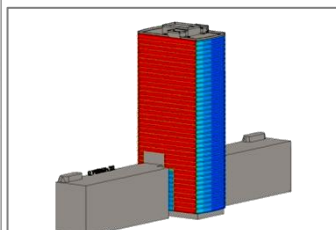
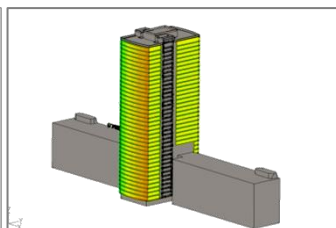
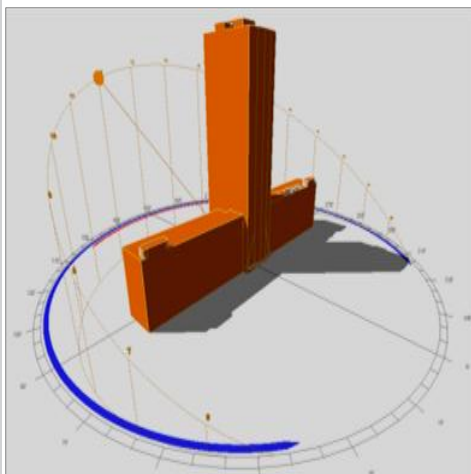
1. FDK\_36 - Baseline Design (07/06/11 @ 17:46)  
 2. FDK\_36 - Chiller Plant EEM (07/06/11 @ 17:46)

## 2.3 Моделирование теплопритоков



г. Санкт-Петербург,  
пл. Конституции  
Общая площадь: 50 000м<sup>2</sup>





**ЗАДАЧА**

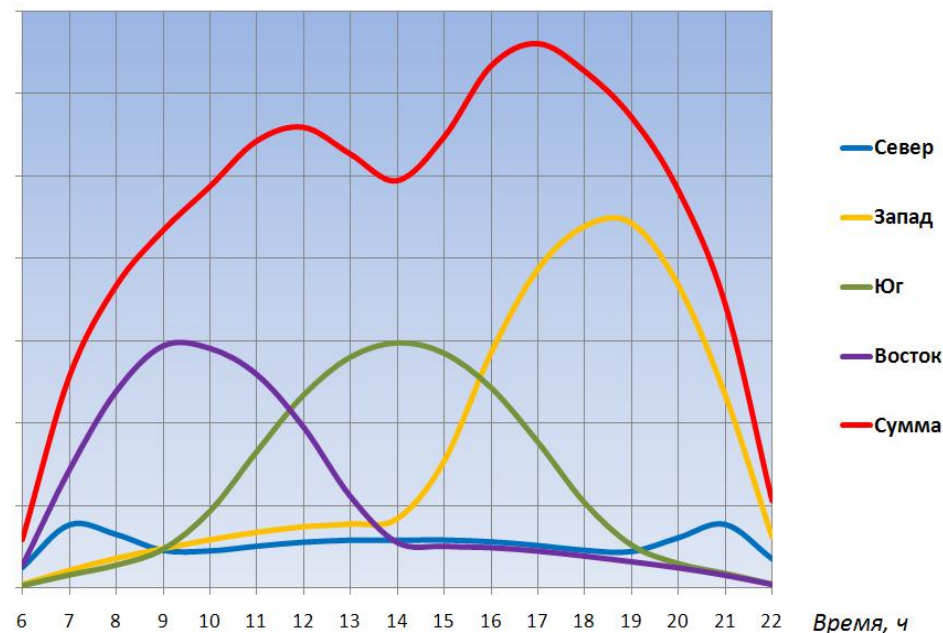
Теплопоступления от солнечной радиации в течении дня могут внести существенный вклад в тепловые нагрузки на здание. Особенно на высотное здание с большой площадью остекления.

Необходимо провести моделирование солнечного излучения для уникального для Санкт-Петербурга современного высотного здания бизнес центра.

**ВЫПОЛНЕНИЕ**

На этапе проектирования было проведено математическое моделирование потоков тепла от солнечного излучения.

**Теплопоступления от солнечной радиации, кВт**



**РЕЗУЛЬТАТЫ**

С учетом географического положения и времени года получены достоверные значения тепловых нагрузок на все фасады здания в течение суток.

Обосновано снижены затраты на хладоцентр и системы кондиционирования (на 37%).

Бизнес-центр «Лидер». Санкт-Петербург. Площадь 51 000 м<sup>2</sup>

# Green Building

1. «Олимпиада 2014» - Breeam
2. Спортивные объекты – FIFA, LEED
3. Инновационные центры, «Сколково», LEED
4. Инвесторы коммерческой и жилой недвижимости класса «Комфорт»: Breeam, LEED
5. Иностранные компании. Коммерческая, промышленная и складская недвижимость. Breeam, LEED
6. Застройщики, эксплуатирующие здание Breeam, LEED



БЮРО ТЕХНИКИ:

Россия, 191002, Санкт-Петербург  
ул. Ломоносова, д.9, л.А, оф.2101

тел.: (812) 336-38-17/18/19  
тел.: (812) 572-21-53/54/57  
факс: (812) 315-26-79

