

Андрей Можаяев

Разработка метода построения упрощенной динамической модели для задачи оптимального управления микроклиматом помещения

Выпускная квалификационная работа

Научный руководитель: Дмитрий Сергеевич Шалымов



Факультет математики и компьютерных наук СПбГУ
Программа «Современное программирование»

Введение в предметную область

- На управление микроклиматом (системы отопления, вентиляции и кондиционирования) в зданиях общего пользования уходит до 70% всей потребляемой энергии.
- Для повышения качества регулирования необходимы модели предсказания температуры воздуха в помещениях



Метод вычислительной гидродинамики

- Задается геометрия помещения и граничные условия
- Уравнения Навье-Стокса
- Высокая точность
- Большие временные затраты



Метод сетевых воздушных потоков

- Здание задается в виде графа
- Уравнения сохранения энергии и массы
- Быстрый счет, годовой горизонт планирования
- Отсутствие детализации



Цель работы

- Одним из факторов, влияющих на предсказания, является расположение датчика температуры
- Цель найти оптимальное расположение, при котором предсказания будут наиболее точными
- Будем решать эту задачу численно



Постановка задачи

1. Построить модель помещения методами вычислительной гидродинамики, промоделировать некоторый промежуток времени с хорошей точностью
2. Анализируя накопленный массив данных, найти оптимальную точку для размещения датчика



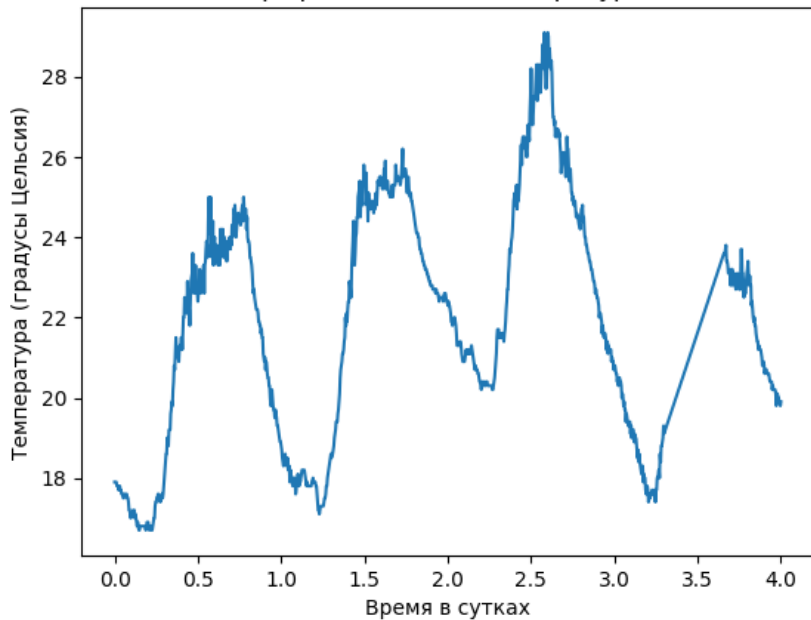
Моделирование помещения

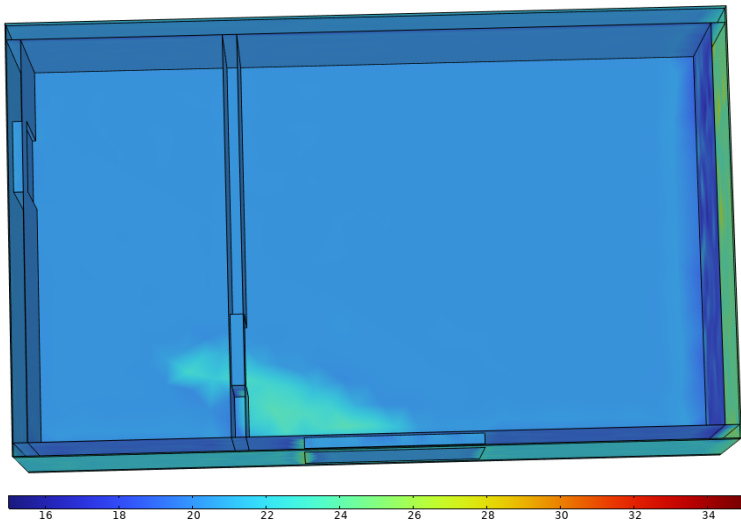
- ПО для моделирования - COMSOL Multiphysics
- Помещение для моделирования - "проект демонстрационного стенда Умного дома"(комната 10x6x3 с окном и внутренней стеной)
- Температура окружающей среды и скорость ветра взята из датасета с реальными температурами в августе 2020 года
- Также промоделирована солнечная радиация

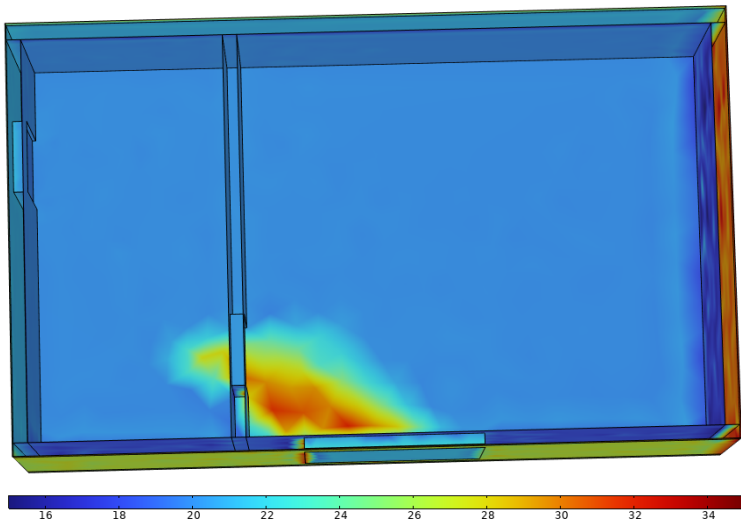
COMSOL
MULTIPHYSICS®

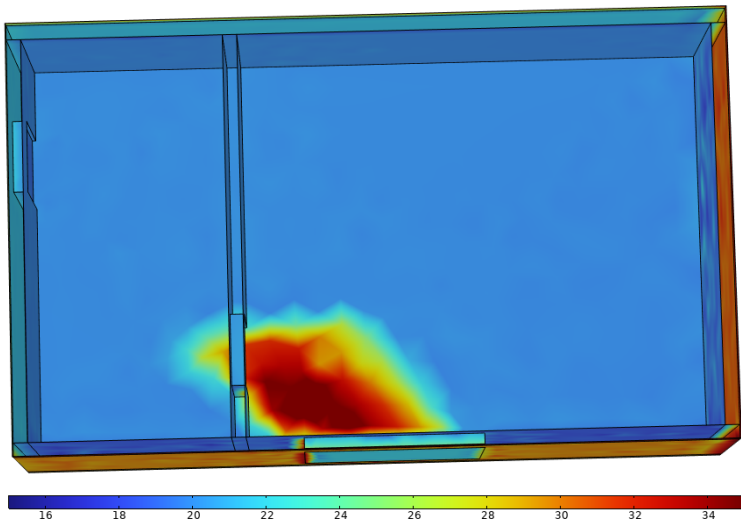


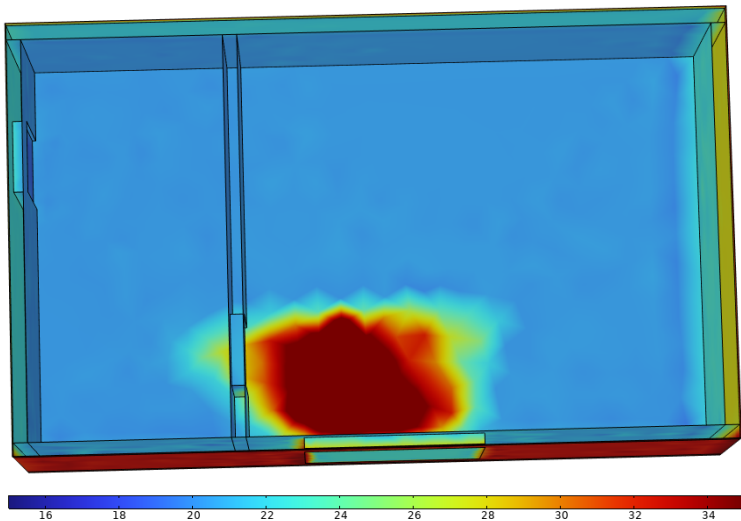
График внешней температуры

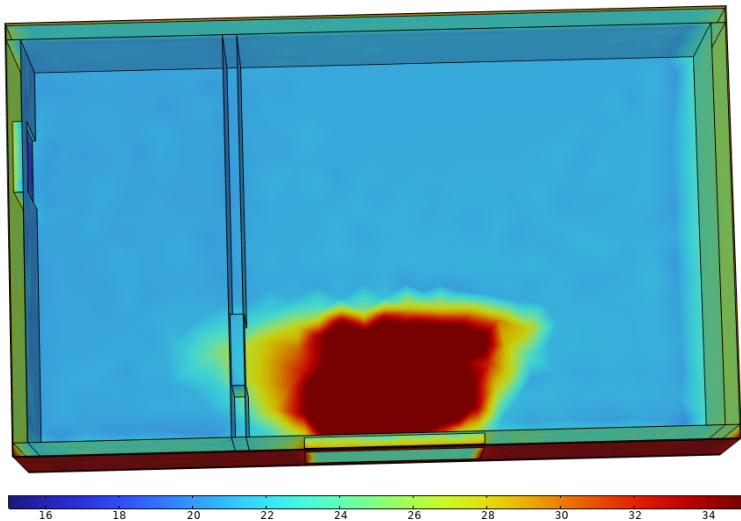


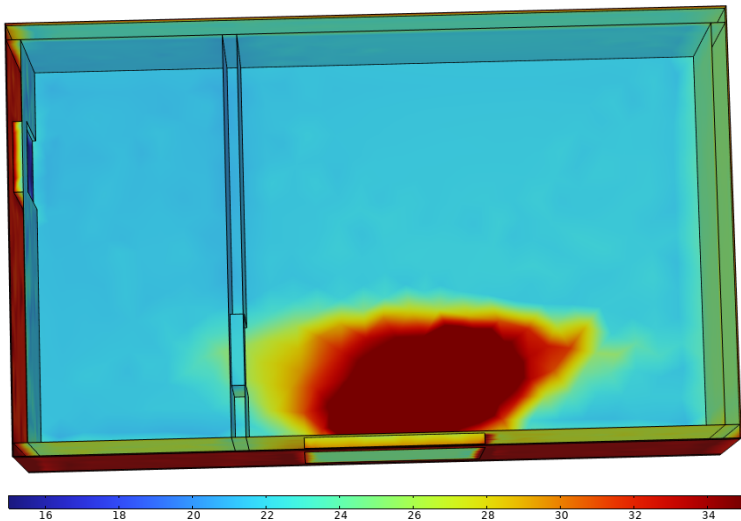


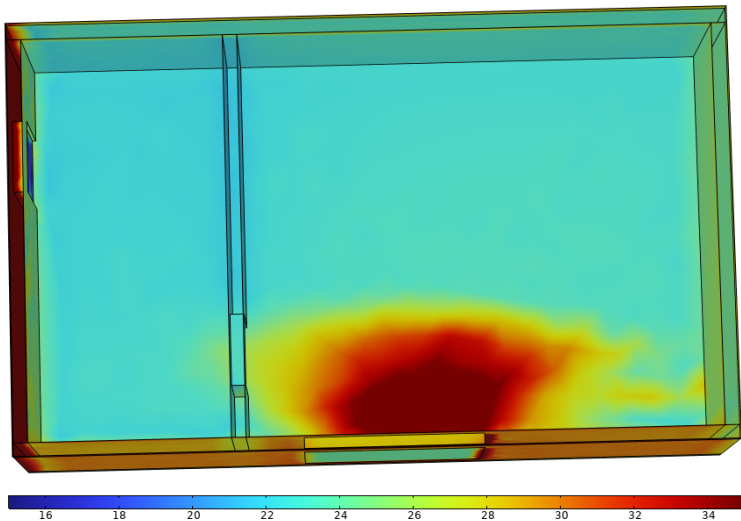


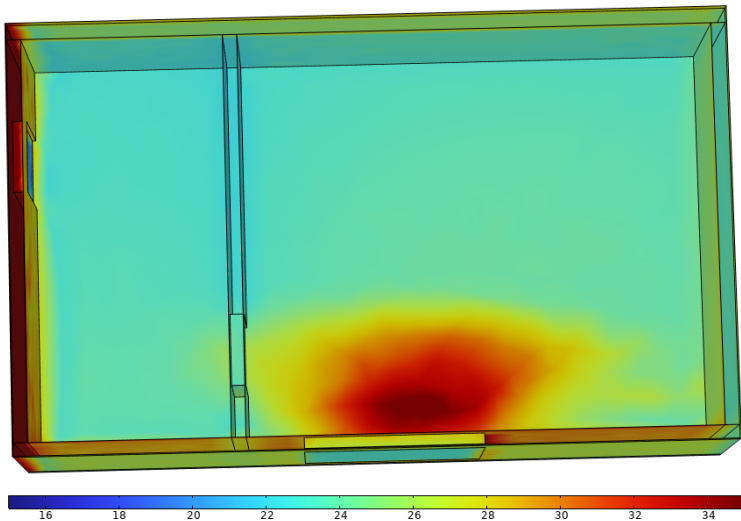








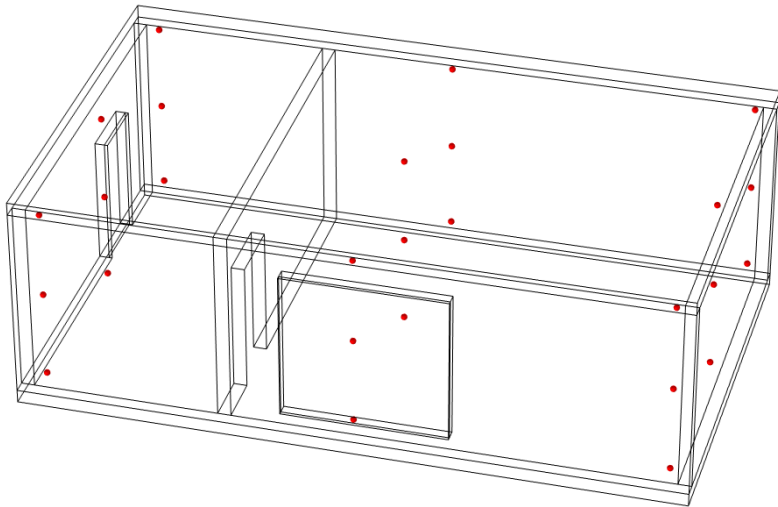




Аналитическая часть

- Выбираем потенциальные точки размещения датчика температуры
- Разрабатываем критерий сравнения расположений
- Находим оптимальные точки



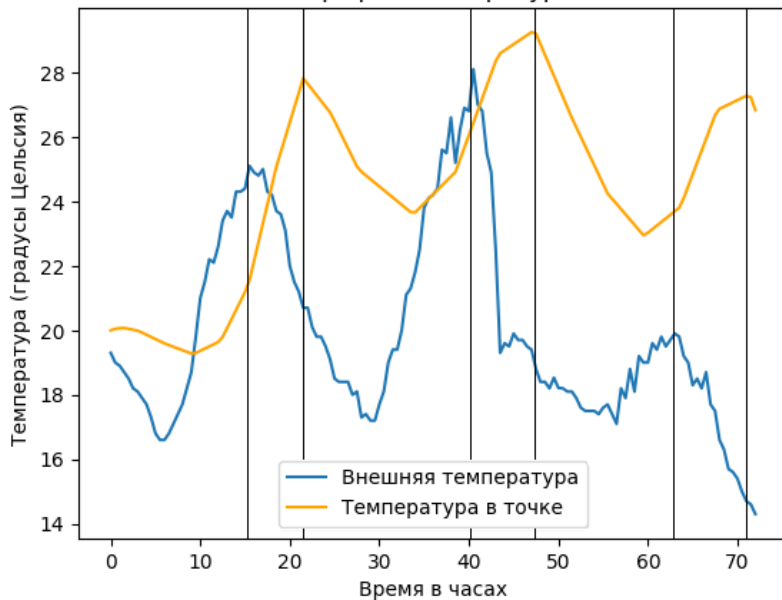


Результат моделирования

| Time (s) | Point 1 | Point 2 | ... | Point 27 | Ambient |
|----------|---------|---------|-----|----------|---------|
| 0 | 20.0 | 19.4 | | 20.8 | 17.9 |
| 300 | 19.9 | 19.4 | | 20.7 | 17.9 |
| 600 | 19.9 | 19.4 | | 20.6 | 17.9 |
| ... | | | | | |
| 345600 | 21.2 | 21.5 | | 20.8 | 19.9 |



График температур



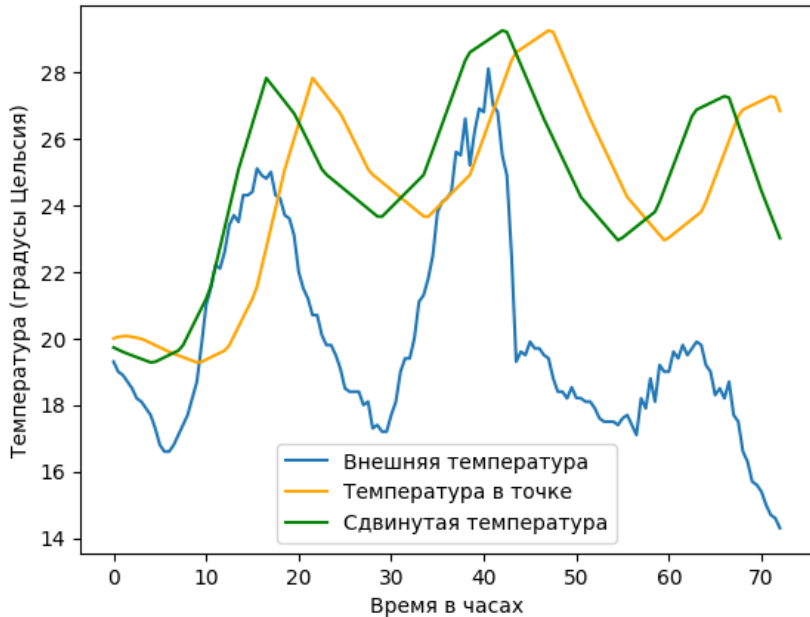
Сдвиг температур

- Частоты колебаний внешней и внутренней температур совпадают, но существует сдвиг по фазе ¹

¹Пашенко А.Ф., Рассадин Ю.М. Оценка взаимосвязи параметров микроклимата с учетом тепловой инерции внешних стен здания / Труды 15-й Международной конференции "Управление развитием крупномасштабных систем"(MLSD'2022). М.: ИПУ РАН, 2022. С. 1216-1224.



График температур

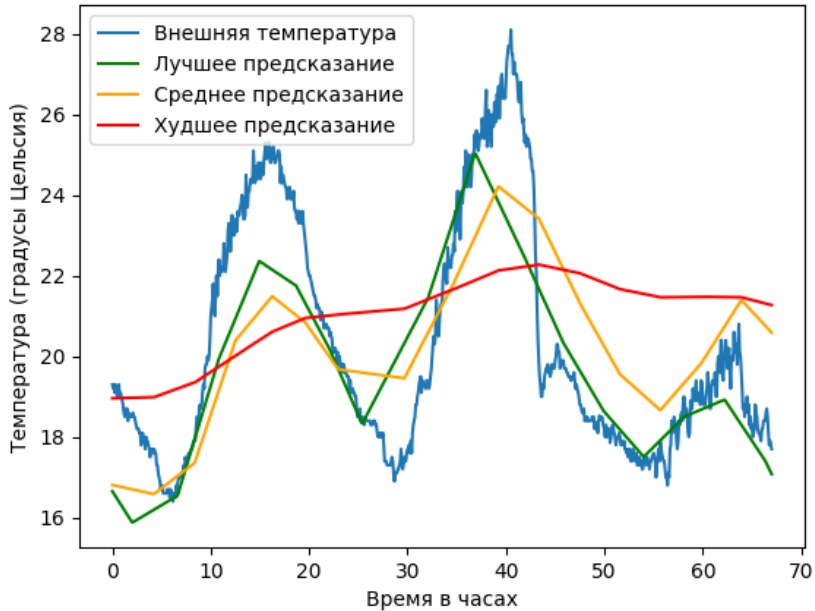


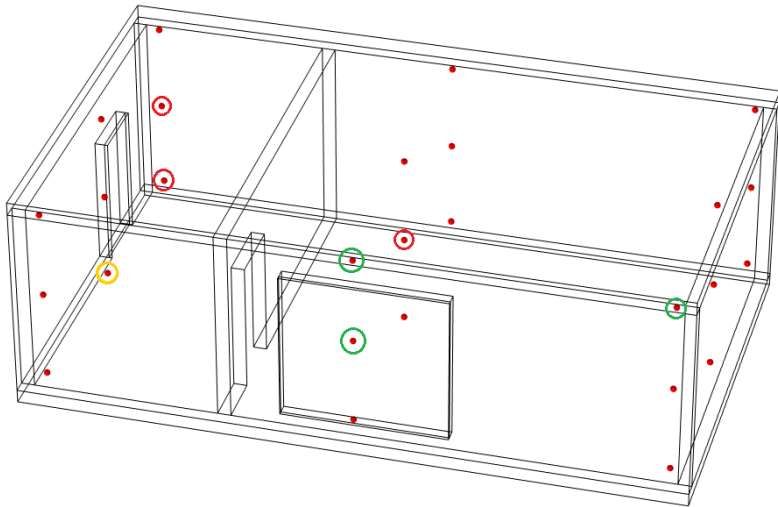
Критерий оптимальности

- Размер сдвига находим с помощью критерия корреляции Пирсона для временных рядов. Для каждой пространственной точки этот сдвиг может быть разным
- Затем для сдвинутого ряда температур считаем коэффициенты линейной регрессии
- Точки сравниваем по коэффициенту детерминации R^2



График температур





Дальнейшая работа

- Градиентный поиск
- Учет разных времен года



Результаты работы

1. Промоделировано помещение с реальной внешней температурой и солнечной радиацией
 2. Разработан алгоритм нахождения оптимальной точки расположения датчика
-

Андрей Можаяев, email: mozhay2000@gmail.com
<https://github.com/mozhayka/microclimate>

