



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Инженерно-строительный институт

Кафедра «Строительство уникальных зданий и сооружений»



**ПОЛИТЕХ**  
Инженерно-строительный  
институт

---

## Организация ремонта исторических зданий с помощью систем автоматизированного мониторинга

---

Выполнил:

Тихонович Н.А.

Научный руководитель:

к.т.н. Терех М.Д.

Санкт-Петербург

2019

# Объект исследования – автоматизированный способ мониторинга конструкций зданий

Основная проблема –

**Непрерывный цикл капитальных ремонтов** на поздних стадиях поврежденности

Риск аварийности

Увеличение стоимости

**Неизбежная утрата исторических объектов**

Мониторинг отклонений от нормы

Основные виды повреждений

Связь с BIM-моделью здания

Рационализация текущего ремонта

Отсутствие необходимости капитального ремонта

Предмет исследования - организационные схемы ремонта конструкций исторических зданий, основанные на автоматизированном мониторинге

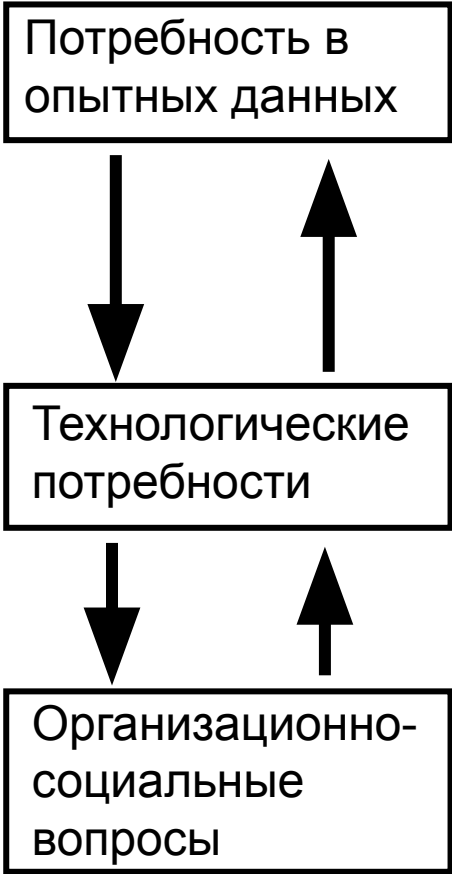


- Основные компоненты и проблемы систем мониторинга конструкций



- Исторические здания

1. Определение показателей производительности и состояния конструкций
2. Датчики и сеть сбора данных
3. Сбор данных, анализ и управление информацией
4. Инструмент данных в реальном времени для ручной, полу- или полностью автоматической оценки
5. Принятие решений
6. Критерии результативности



## Сферы применения



- Сейсмика
- Высотные конструкции
- Большепролетные конструкции



- Исторические здания
- Эксплуатационные воздействия и повреждения





- Цель работы                      Разработка организационных принципов применения системы автоматизированного мониторинга конструкций исторических зданий
  
- Задачи
  1. Определить оптимальную конфигурацию системы автоматизированного мониторинга с учетом текущей производственной практики;

---

  2. Выполнить технико-экономические расчеты ключевых показателей, оценить сроки окупаемости внедрения систем автоматизированного мониторинга;

---

  3. Дать рекомендации к применению систем и организации ремонта исторических зданий, определить направления дальнейших научно-практических исследований в области совершенствования таких систем

# Анализ поврежденности фасадов

Материалы  
обследований 70  
жилых домов  
исторического  
центра Санкт-  
Петербурга

5 наиболее часто  
встречающихся  
дефектов:

- Трещины;
- Деструкция штукатурки;
- Увлажнение и биопоражение;
- Загрязнения, вандализм, заплатки,
- Оголение и эрозия кладки



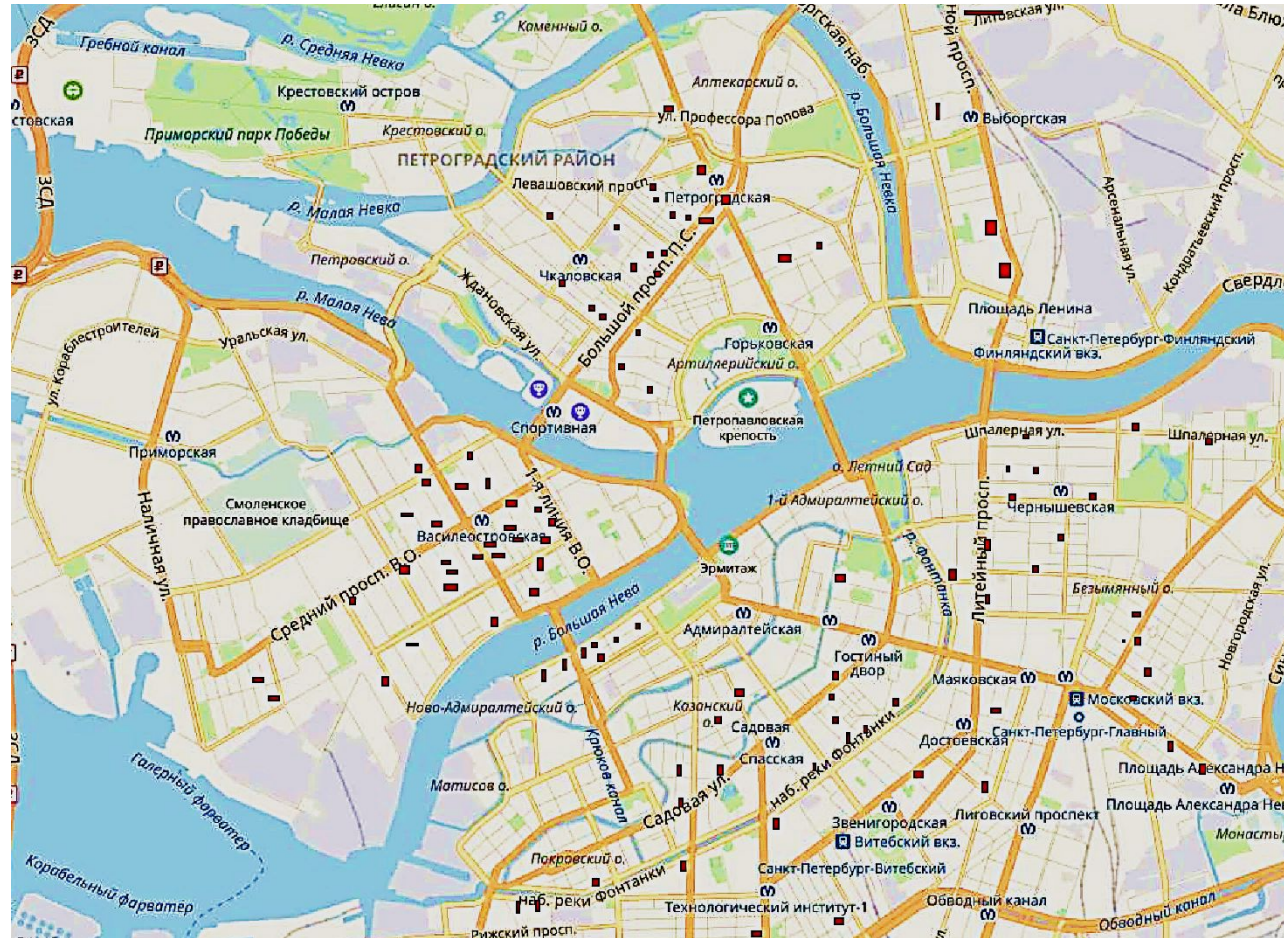
# Анализ поврежденности фасадов



Материалы обследований 70 жилых домов исторического центра Санкт-Петербурга

5 наиболее часто встречающихся дефектов:

- Трещины;
- Деструкция штукатурки;
- Увлажнение и биопоражение;
- Загрязнения, вандализм, заплатки,
- Оголение и эрозия кладки



# Анализ поврежденности фасадов



Материалы  
обследований 70  
жилых домов  
исторического  
центра Санкт-  
Петербурга

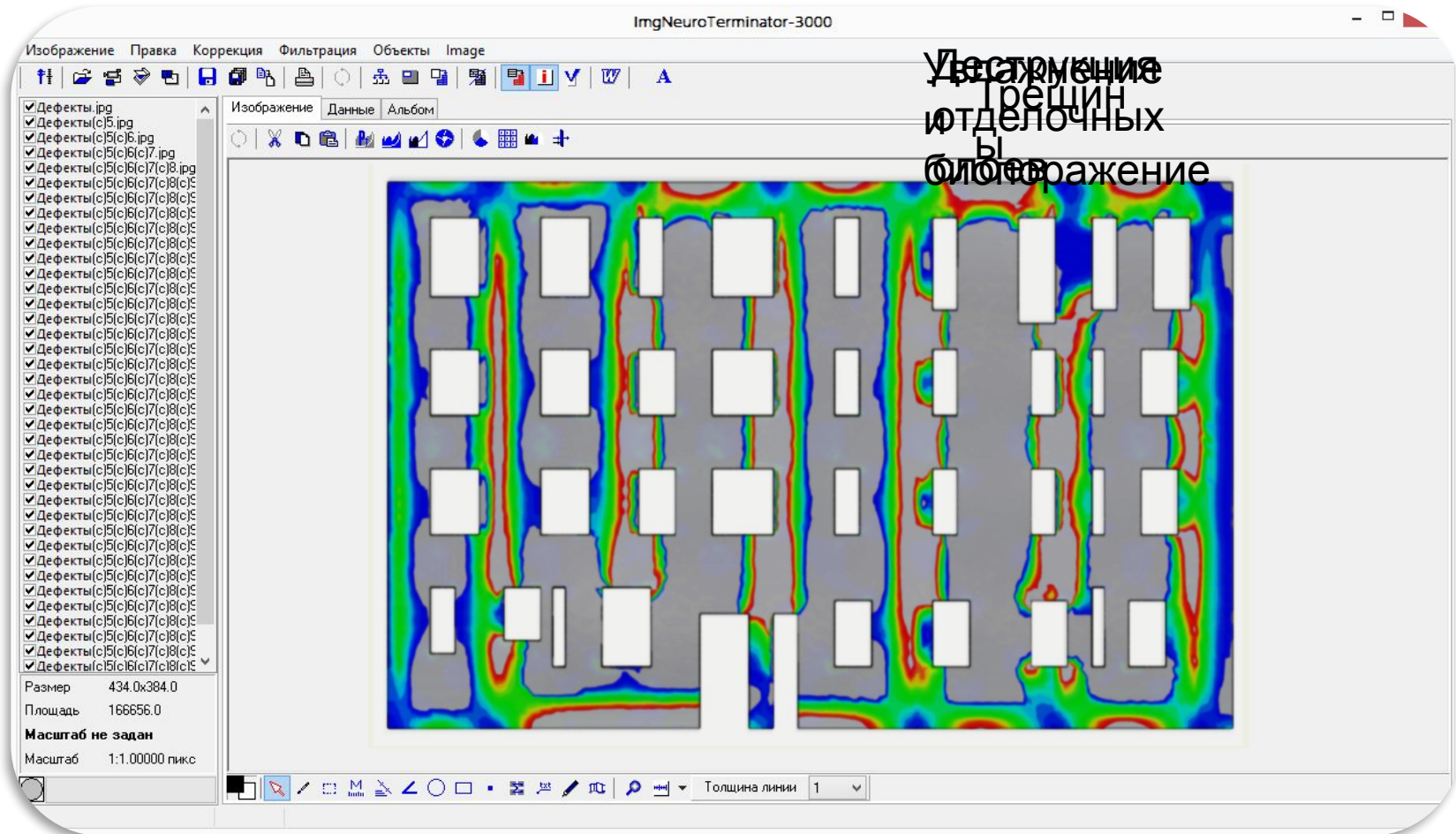
5 наиболее часто  
встречающихся  
дефектов:

- Трещины;
- Деструкция  
штукатурки;
- Увлажнение и  
биопоражение;
- Загрязнения,  
вандализм,  
заплаты,
- Оголение и эрозия  
кладки



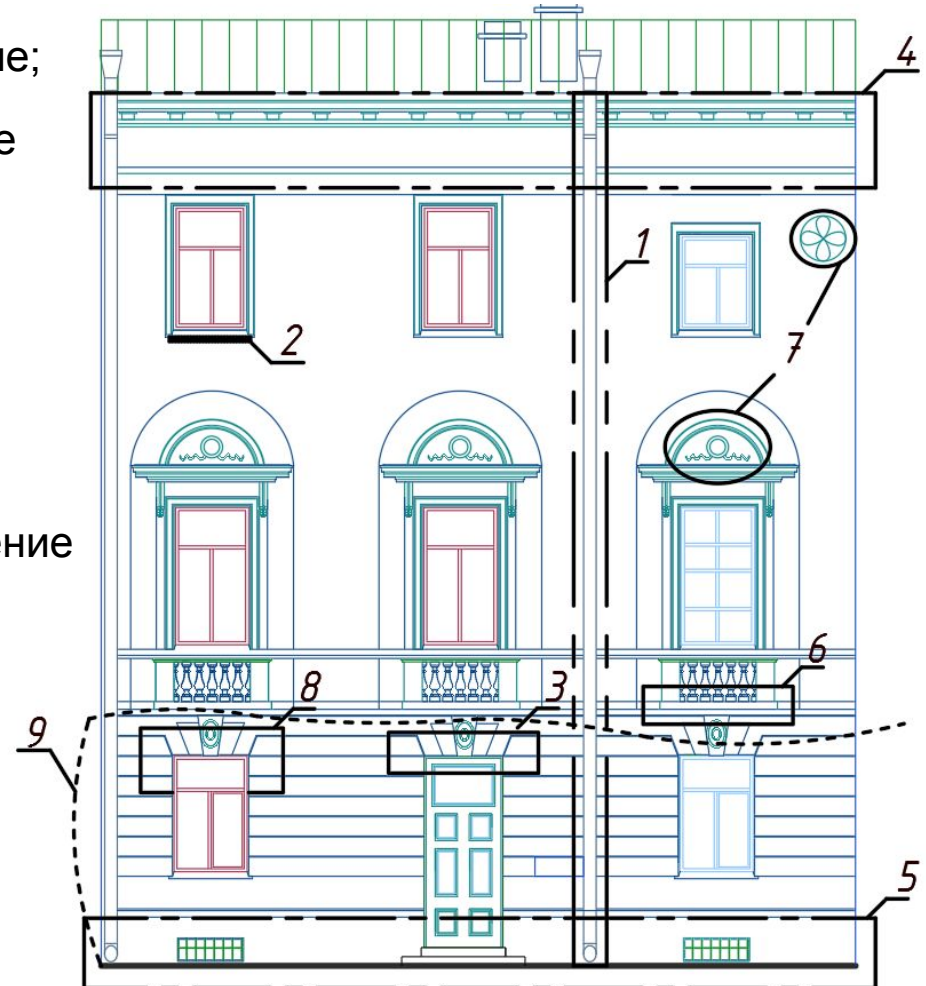


# Анализ поврежденности фасадов



# Анализ поврежденности фасадов

- 1 – увлажнение, биопоражение;
- 2 – замачивание, загрязнение, биопоражение;
- 3 – появление деформаций, трещин, а также биопоражения;
- 4 – увлажнение, биопоражение, деструкция отделки;
- 5 – деформации основания, биопоражение, отлуп и сколы отдельных плиток облицовки;
- 6 – несущие конструкции балконов – появление деформаций, трещин, биопоражение;
- 7 – декоративные элементы: потеря целостности, увлажнение, загрязнение;
- 8 – деформации и трещины;
- 9 – вандализм, загрязнение, увлажнение.

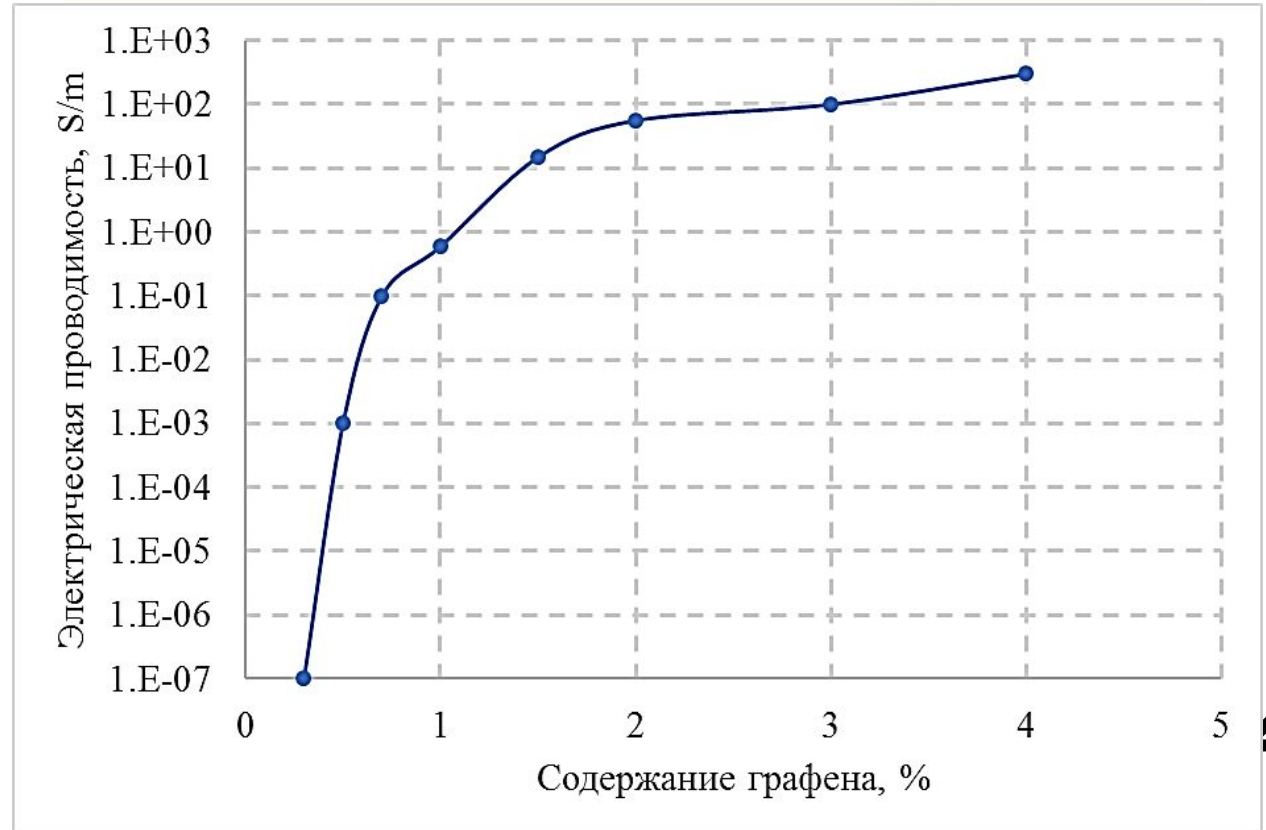


Общий принцип работы системы – каждый сенсор независимо от других фиксирует состояние, затем передает данные в BIM-модель

## Конфигурация системы

Предоставительно  
необходима эффективна  
система сенсорами и  
селективнейшей  
графеновыми  
волокон

Стоимость системы  
мониторинга участков  
давлениям дефектов  
была назначена исходя  
из стоимости графена и  
разрешения  
участках наименее  
вероятного появления  
дефектов



Сервер с открытой платформой



Сценарий	Влияние на модель внедрения
Сохранение периодических капитальных ремонтов. Отказ от текущих ремонтов	Фиксированные затраты на капитальный ремонт, единовременные затраты раз в 1 цикл
Отказ от капитального ремонта. Регулярный текущий ремонт	Увеличенные затраты на текущий ремонт, равномерно распределенные затраты с увеличением их стоимости с течением времени
Отказ от текущего ремонта. Предупреждение появления дефектов и повреждений	Малые равномерно распределенные затраты фиксированной стоимости, дополнительные единовременные затраты на 1/5 величины затрат стандартного капитального ремонта. Большая стоимость системы
Отказ от текущего и капитального ремонта. Предупреждение появления дефектов и повреждений, увеличение затрат	Увеличенные равномерно распределенные затраты фиксированной стоимости, увеличенная стоимость системы



Сценарий	Влияние на модель внедрения
Независимое обслуживание каждого здания	Увеличенные затраты на предупреждение появления дефектов и на текущий ремонт
Систематизированное обслуживание группы зданий	Сильно уменьшенные затраты на текущий ремонт, уменьшенные затраты на капитальный ремонт, уменьшение стоимости систем мониторинга
Систематизированное обслуживание с принятием системных решений	Дополнительные разовые затраты на устранение причин появления повреждений, значительное уменьшение затрат на текущие и капитальные ремонты с каждым новым системным решением, уменьшение затрат на предупреждение дефектов, уменьшение стоимости систем

Данные о стоимости капитального и текущих ремонтов основаны на усредненной стоимости на 1 м<sup>2</sup> по сметным расчетам проектов ОКН

# Экономический анализ

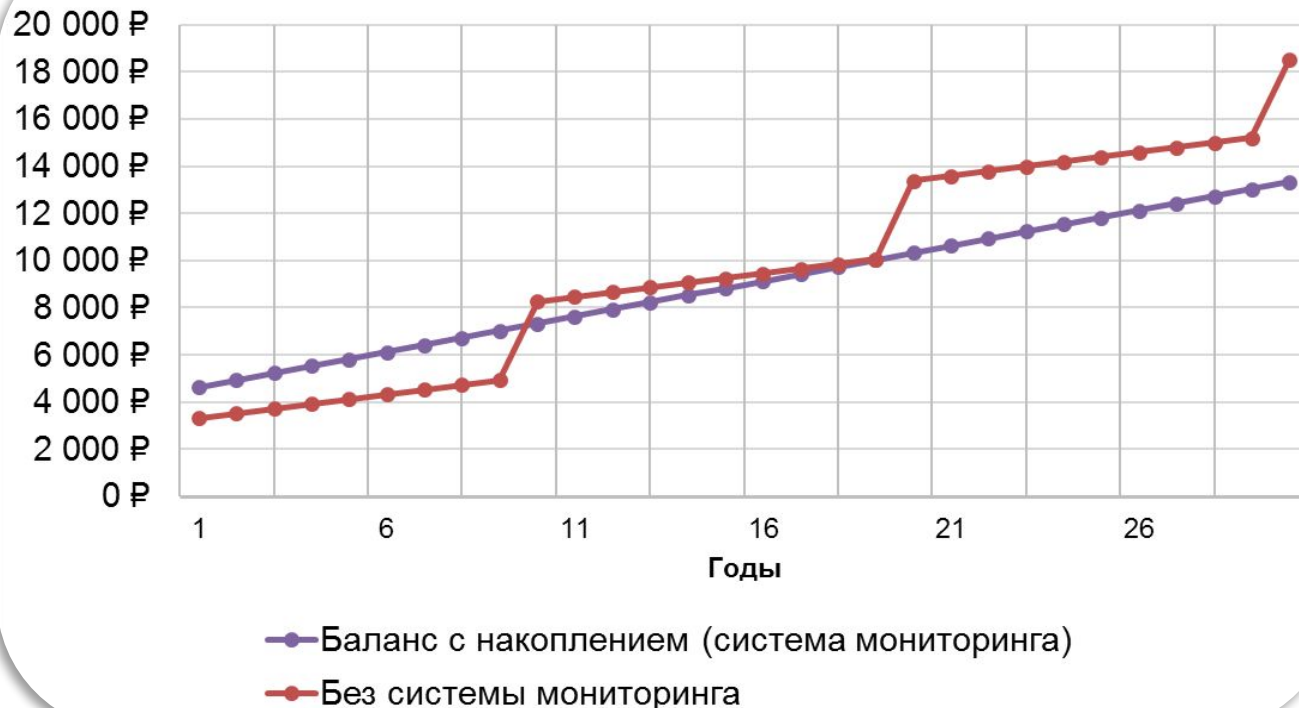
## I. Предварительный расчет



Относительная окупаемость уже после 1 цикла капитального ремонта фасадов

Есть возможность дополнительного снижения затрат за счет оптимизации расположения сенсоров

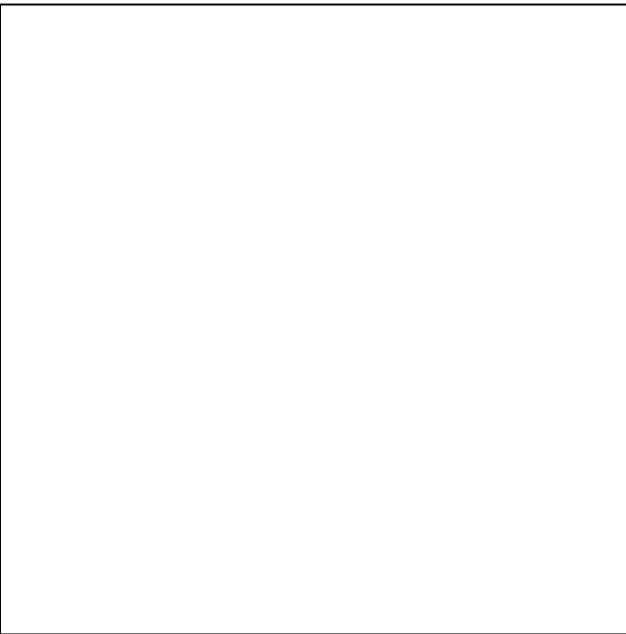
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, РУБ



Данные о стоимости капитального и текущих ремонтов основаны на усредненной стоимости на 1 м<sup>2</sup> по сметным расчетам проектов ОКН

# Экономический анализ

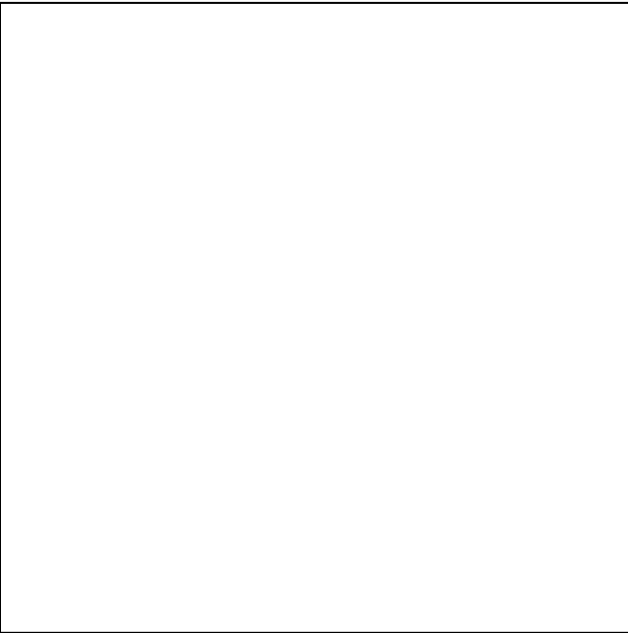
II. Локальный сценарий с капитальным ремонтом



Данные о стоимости капитального и текущих ремонтов основаны на усредненной стоимости на 1 м<sup>2</sup> по сметным расчетам проектов ОКН

# Экономический анализ

III. Локальный сценарий с текущими ремонтами

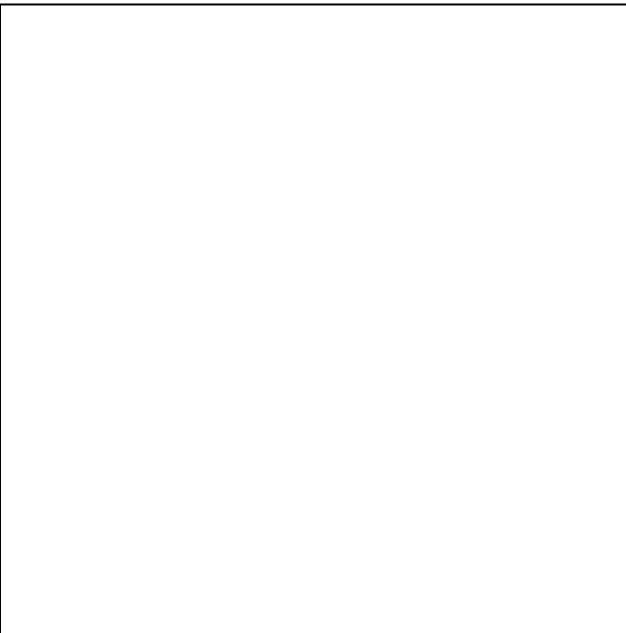




# Экономический анализ

## IV. Локальный сценарий с предупреждением повреждений и капитальным ремонтом

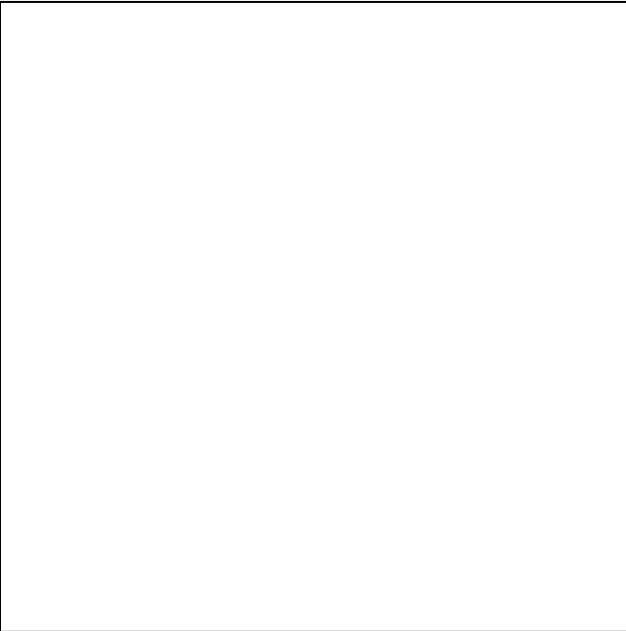
Данные о стоимости капитального и текущих ремонтов основаны на усредненной стоимости на 1 м<sup>2</sup> по сметным расчетам проектов ОКН

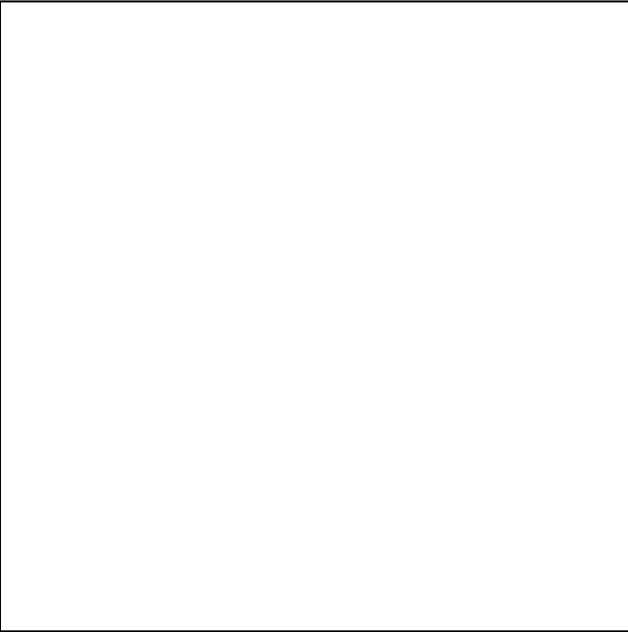


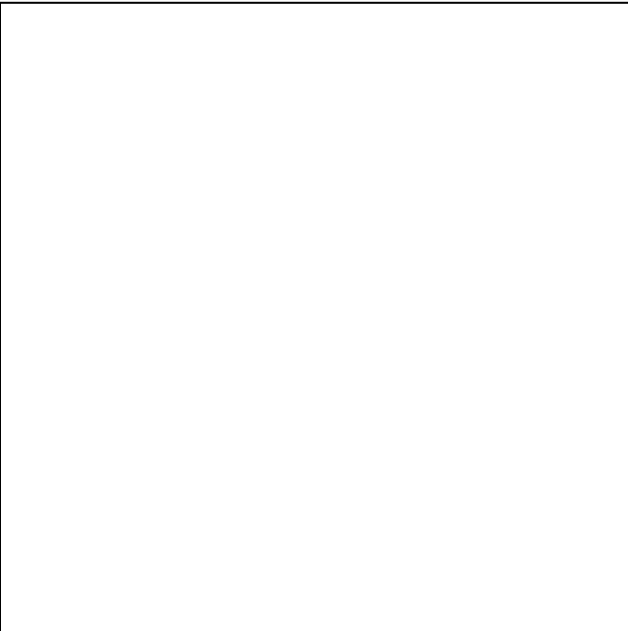
# Экономический анализ

V. Локальный сценарий с предупреждением повреждений и отсутствием любого ремонта

Данные о стоимости капитального и текущих ремонтов основаны на усредненной стоимости на 1 м<sup>2</sup> по сметным расчетам проектов ОКН

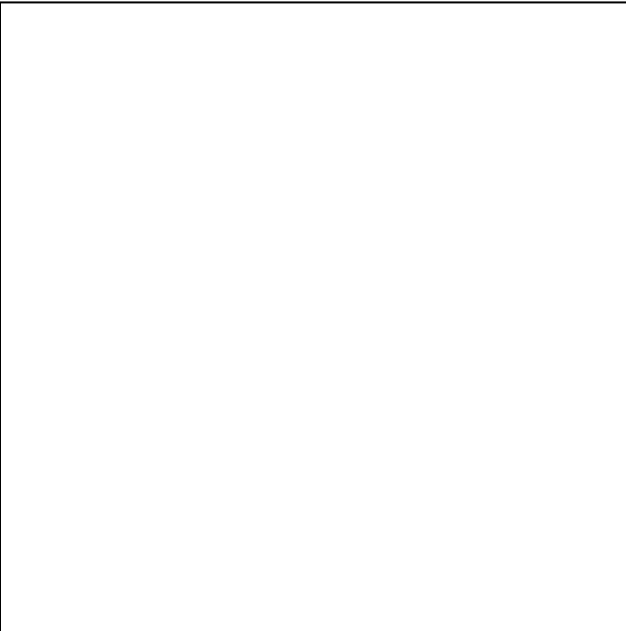






VIII. Глобальный сценарий  
организованного обслуживания группы  
зданий с принятием системных решений

# Экономический анализ





1. Оптимальная конфигурация системы автоматизированного мониторинга – сеть датчиков на основе графена, связанная с BIM-моделью здания и работающая по заданным сценариям, с расположением сенсоров в ожидаемых местах появления повреждений
2. Относительная окупаемость – 1 цикл капитального ремонта, 10-15 лет, в зависимости от выбранной схемы обслуживания здания
3. Рекомендуется при применении системы автоматизированного мониторинга:
  - Для многоквартирных жилых домов – сценарий с полным предупреждением повреждений;
  - Для коммерческих объектов и для общественных зданий – сценарий предупреждения повреждений с капитальным ремонтом по необходимости;
  - Для административных и государственных объектов – сценарий плановых капитальных ремонтов



## Публикации

Тихонович Н.А. Терех М.Д. Анализ повреждений фасадов и их дальнейший мониторинг // Сборник докладов конференции ВИТУ. 2019. С. 66-71.

Мохирева А.О., Глебова Е.А., Логинова П.В., Назинян Л.Г., Беспалов В.В., Тихонович Н.А. Повреждаемость фасадов исторических зданий Санкт-Петербурга // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2019. В стадии рецензирования

## Апробация

Конференция «Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства». Санкт-Петербург, 2019.

## Внедрение

Предложено к внедрению в программу капитального ремонта многоквартирных домов на 2020-2024 г. в Санкт-Петербурге Фондом капитального ремонта;

В рамках продолжения исследований проект по теме автоматизированного мониторинга совместно со студентами и аспирантами ИСИ направлен в «меню проектов» СПбПУ