



## **Отчет о проведенном эскизном моделировании в КЭМ «АКИМ»**

**Моделирование периметра АО «Автотор»**

**О постановке задачи:**

В основу задачи о разработке цифрового двойника периметра АО «АВТОТОР» были приняты:

- Данные об объекте, полученные от сотрудников «АВТОТОР» и «ПЕНТАКОН»
- Открытые источники данных: спутниковые снимки, панорамные сцены улиц и т.д.

Используя исходный данные, полученные в ходе изучения информации в рамках Запроса предложений № 1465984 «Поставка оборудования и монтаж интегрированного комплекса безопасности для внешнего периметра производственной площадки» создан цифровой двойник объекта с помощью комплекса экспертного моделирования «АКИМ». Кроме того, для формирования цифрового двойника объекта, использовались данные на основе спутниковых снимков.

Для проведения исследования с помощью компьютерных экспериментов, в модель цифрового двойника объекта были добавлены математические модели: погодных условий, нарушителя (Дилетант), службы безопасности (охранники и операторы), а так же случайная модель цели проникновения (расположена в топологическом центре объекта).

С помощью комплекса экспертного моделирования «АКИМ» была исследована модель цифрового двойника объекта (охраняемой территории) предприятия «АВТОТОР» (г. Калининград).

### Объект «АВТОТОР»:

Охраняемая территория «АВТОТОР» представлена внешним периметром из различных видов ограждений (бетонный, профлист, кирпичный, сварная решетка, ССЦП и т.д.), поверх которых, согласно проекту, предусмотрена установка активные двухпозиционные оптико-электронных извещателей и системы видеонаблюдения, построенной на базе стационарных TVI видеокамер уличного исполнения с вариофокальным объективом со встроенной ИК-подсветкой Hikvision DS-2CE16D8T-IT3ZE .

Спутниковые снимки объекта и картографическое представление Google/Wikimapia:



*Карты Google-maps и Wikimapia*

В ходе осмотра объекта были определены гражданские зоны, граничащие с периметром. Примеры ниже:



*Участок ЖД-въезда (ул. Магнитогорская)*



*Вышка с охранниками на ЖД-въезде, разные типы ограждения*



*Троллейбусная станция на границе периметра*



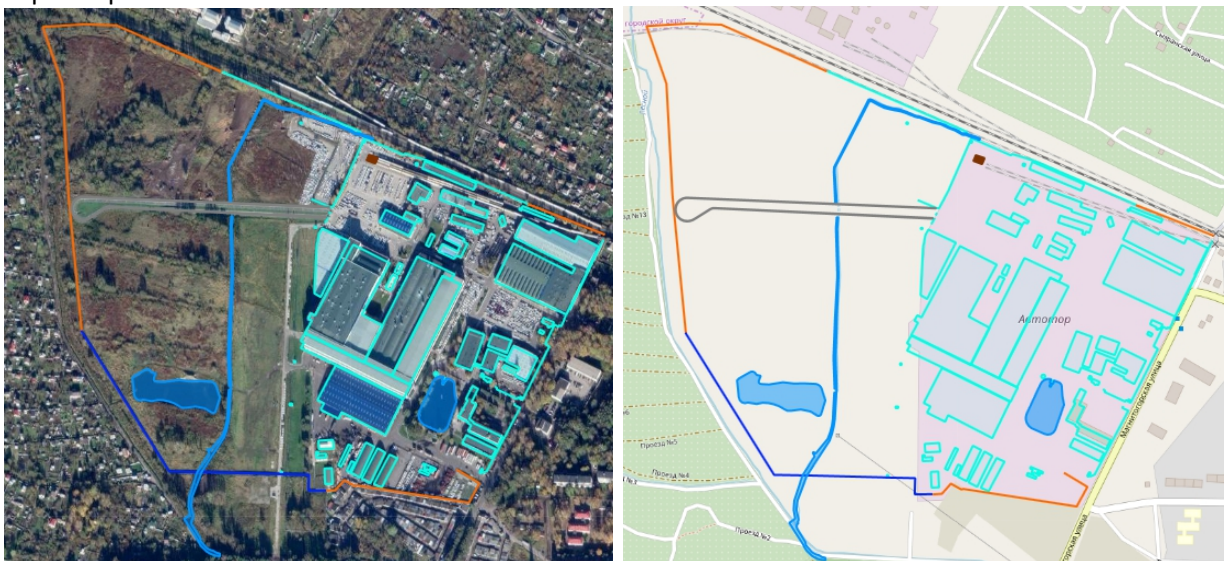
*КПП «Магнитогорская 4», различные типы ограждений и контролируемый проезд*



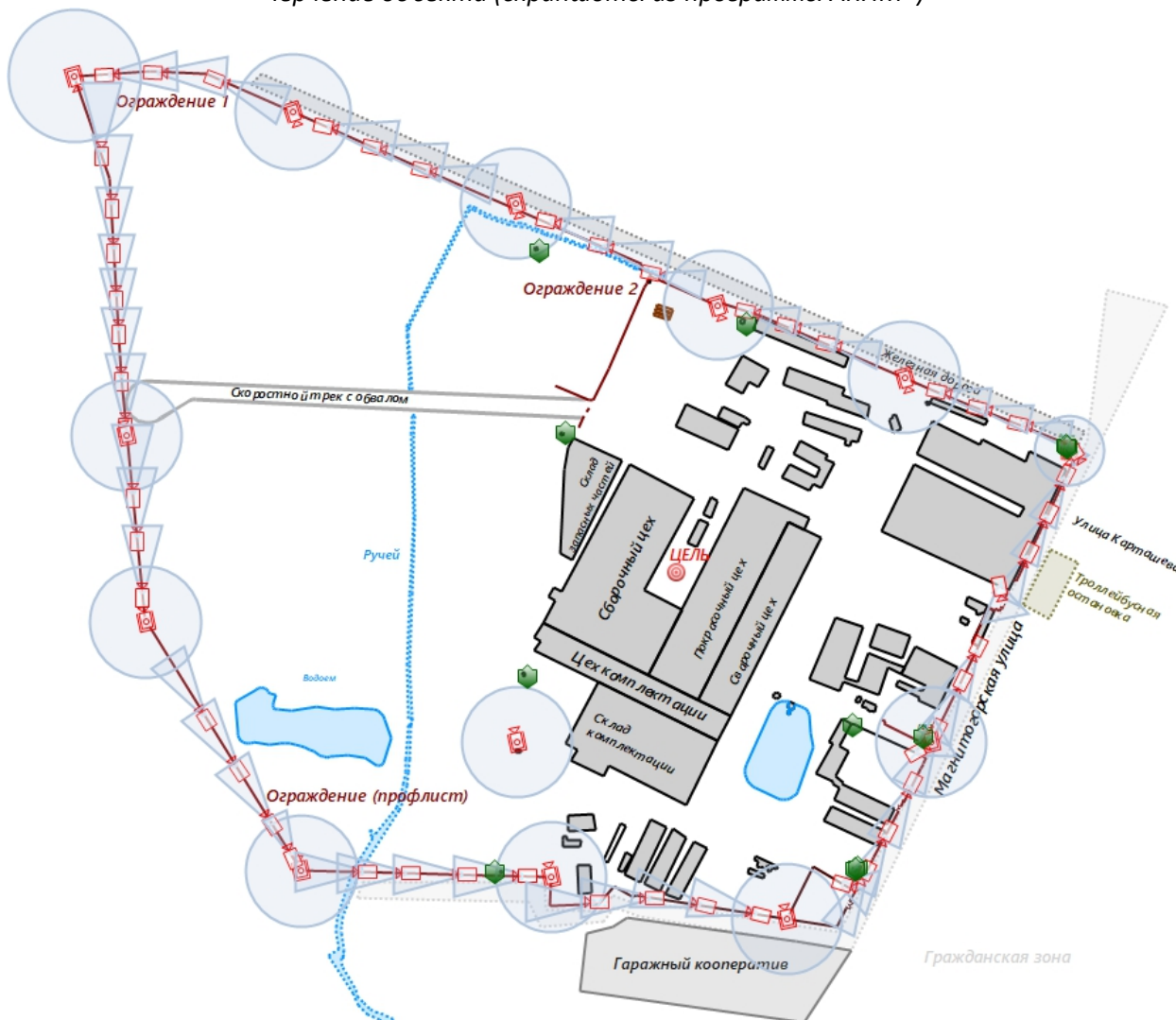
*Пример КПП и открытых ворот*

## Цифровой двойник объекта и как он работает:

На основе полученных данных был создан вероятный цифровой двойник охраняемого периметра объекта «АВТОТОР»:



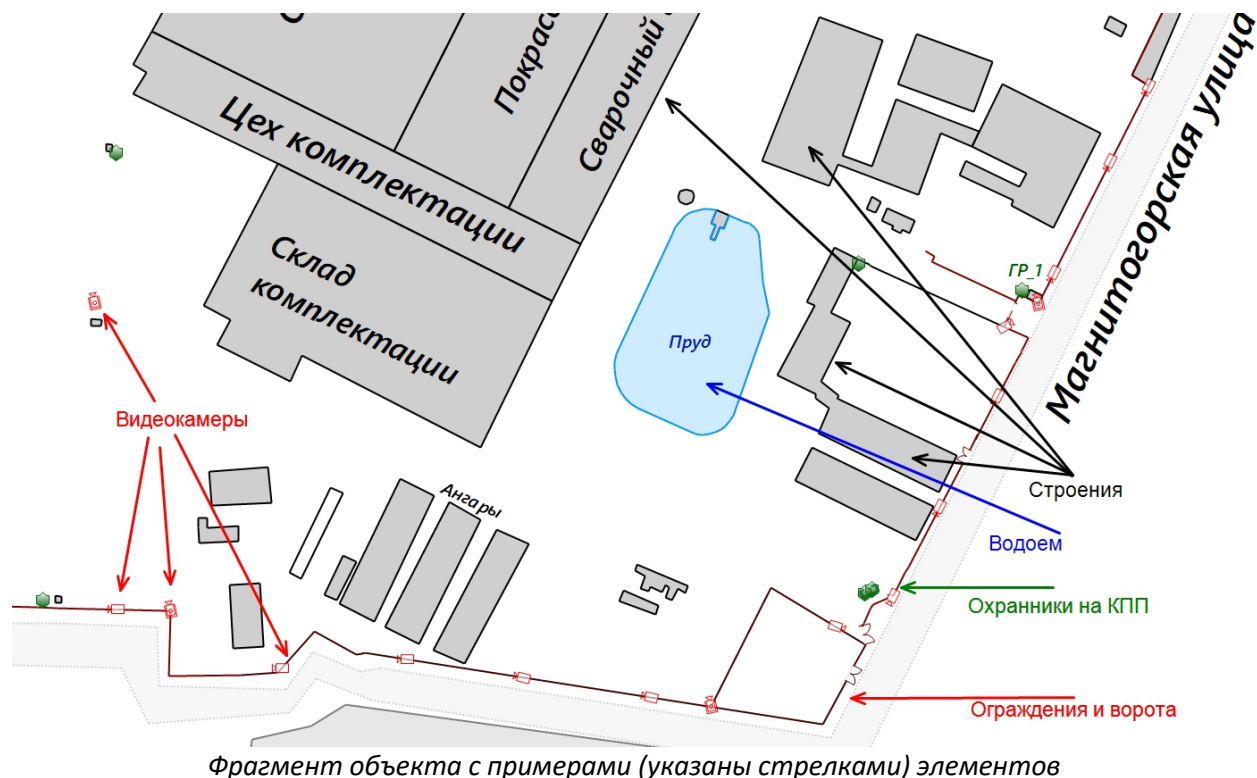
Черчение объекта (скриншоты из программы АКИМ+)



Внешний вид цифрового двойника объекта охраняемого периметра и инфраструктуры «АВТОТОР» (скриншот из моделирующей программы «АКИМ»)

На иллюстрации выше мы видим приближенное повторение инфраструктуры и топологии объекта «АВТОТОР». На этой иллюстрации видно следующие элементы:

- Здания (строения цехов, КПП, административные здания и т.п.),
- Топографические элементы (водоемы),
- Охранные телекамеры (поворотные и стационарные видеокамеры),
- Инженерные средства охраны (ограждения).



Важно различать, что оценка качества работы системы физической защиты на объекте определяется двумя основными характеристиками:

- I. Вероятность обнаружения нарушителя ( $P_{Обн}$ ) – численная характеристика, описывающая обнаруживающую способность системы.
- II. Вероятность нейтрализации нарушителя ( $P_{Нейтр}$ ) – численная характеристика, описывающая способности поймать (обезвредить) проникающего нарушителя.

Обе характеристики являются последовательно взаимосвязанными, но следует понимать, что даже если вероятность обнаружения близка к 100%, то это не гарантирует качественную защиту объекта. По ряду различных причин, сотрудники охранного предприятия могут не успеть во время перехватить злоумышленника, могут потерять его из виду, а сам нарушитель может успешно спрятаться (затаиться).

По этой причине следует в качестве конечной характеристики качества охраны объекта рассматривать оценку вероятности нейтрализации нарушителя.

Для оценки качества работы системы охранной сигнализации периметра и Интегрированного комплекса безопасности в целом было произведено исследование цифрового двойника на предмет проникновения нарушителя на территорию объекта. Для этого было:

- Выбрана случайная цель ближе к центру объекта;
- Выбрана модель нарушителя – Дилетант (смелый), обладающего достаточной мотивацией для проникновения на объект по кратчайшим траекториям до цели;
- Сформирована структура Службы Безопасности Объекта из сотрудников на постах охраны и операторов системы видеонаблюдения:
  - Сотрудники охраны были расставлены на постах КПП;

- Операторы системы видеонаблюдения в кол-ве четырех в штате для мониторинга всех видеокамер (по периметру).

Случайной целью проникновения для потенциального нарушителя было выбрано пространство между покрасочным и сборочным цехом (инфраструктурный центр объекта):



«Цель» проникновения для потенциального нарушителя

Модель нарушителя «Дилетант (смелый)» описывает непрофессионального злоумышленника, задавшегося проникнуть на территорию объекта для (например) материального хищения идвигающегося по кратчайшим путям до выбранной цели.

Для моделей сотрудника охраны выбрана тактика поведения «перехват», когда сотрудник по сигналу тревоги или при визуальном контакте начинает движение в сторону места, где произошел сигнал тревоги или был обнаружен нарушитель.

Была создана модель системы охранного теленаблюдения, которая не позволяет использование компьютерной видеоаналитики. По этой причине были созданы четыре модели операторов системы видеонаблюдения, которые циклично просматривают наборы видеокамер на территории всего объекта. В случае обнаружения нарушителя – они подают сигнал тревоги (если смогут его распознать).

## Исследование цифрового двойника объекта с различными системами охранной сигнализации периметра:

Цифровой двойник охраняемого периметра «АВТОТОР» был исследован в трех вариантах (без Системы охранной сигнализации периметра, с ИК-датчиком и с виброчувствительным датчиком), общими для которых являются внешний периметр ограждения (четыре типа ограждений), структура служба безопасности и система видеонаблюдения.

Все три варианта цифровых двойников периметра различаются по принципу обнаружения нарушителя и способу реакции на проникающее воздействие. Особенности монтажа и конструкционные особенности различных структур СПС влияют на качество работы охраны.

Для обнаружения проникающего воздействия важны тип извещателя, зона его чувствительности и расположение в пространстве – все это влияет на обнаруживающую способность ( $P_{обн}$ ). Паспортные характеристики извещателя способны обозначить его функциональные возможности и вероятность обнаружения строго в зоне его чувствительности.

Варианты:

### 1. Вариант без извещателей Системы охранной сигнализации периметра:

Охрана объекта обеспечивается только за счет визуального мониторинга через видеокамеры и прямой видимостью охранниками.

### 2. Вариант с активными двухпозиционными оптико-электронными извещателями поверх ограждения):

Оптико-электронные линейные извещатели устанавливаются на кронштейнах по верху ограждения, что делает невозможным обнаружение нарушителя, проникающего путём нарушения целостности полотна ограждения или с помощью подкопа под ограждение. Кроме того, блоки извещателя видны сразу и угадать зону чувствительности не представляется сложным, что даёт возможность преодолеть ограждение, не попадая в зону чувствительности. В связи с этим вероятность обнаружения датчиком будет крайне мала. Для цифрового двойника варианта с ИК-извещателям на ограждениях с учетом расположения извещателя и его функциональных ограничений в различных климатических условиях была выбрана вероятность 50/50 ( $P_{обн}=0.5$ ) без способа проникновения с помощью подкопа.

### 3. Вариант с виброчувствительным извещателем СТРАТУМ на ограждениях:

Виброчувствительный кабель СТРАТУМ способен обнаруживать воздействие на полотно ограждения. При наличии противоподкопного ограждения будут обнаруживаться и факторы подкопа. Так как подкоп не рассматривается, то вероятность для СТРАТУМа составляет 99.7% ( $P_{обн}=0.997$ ). Параметр обнаружения был получен на основе натурных испытаний данной системы.



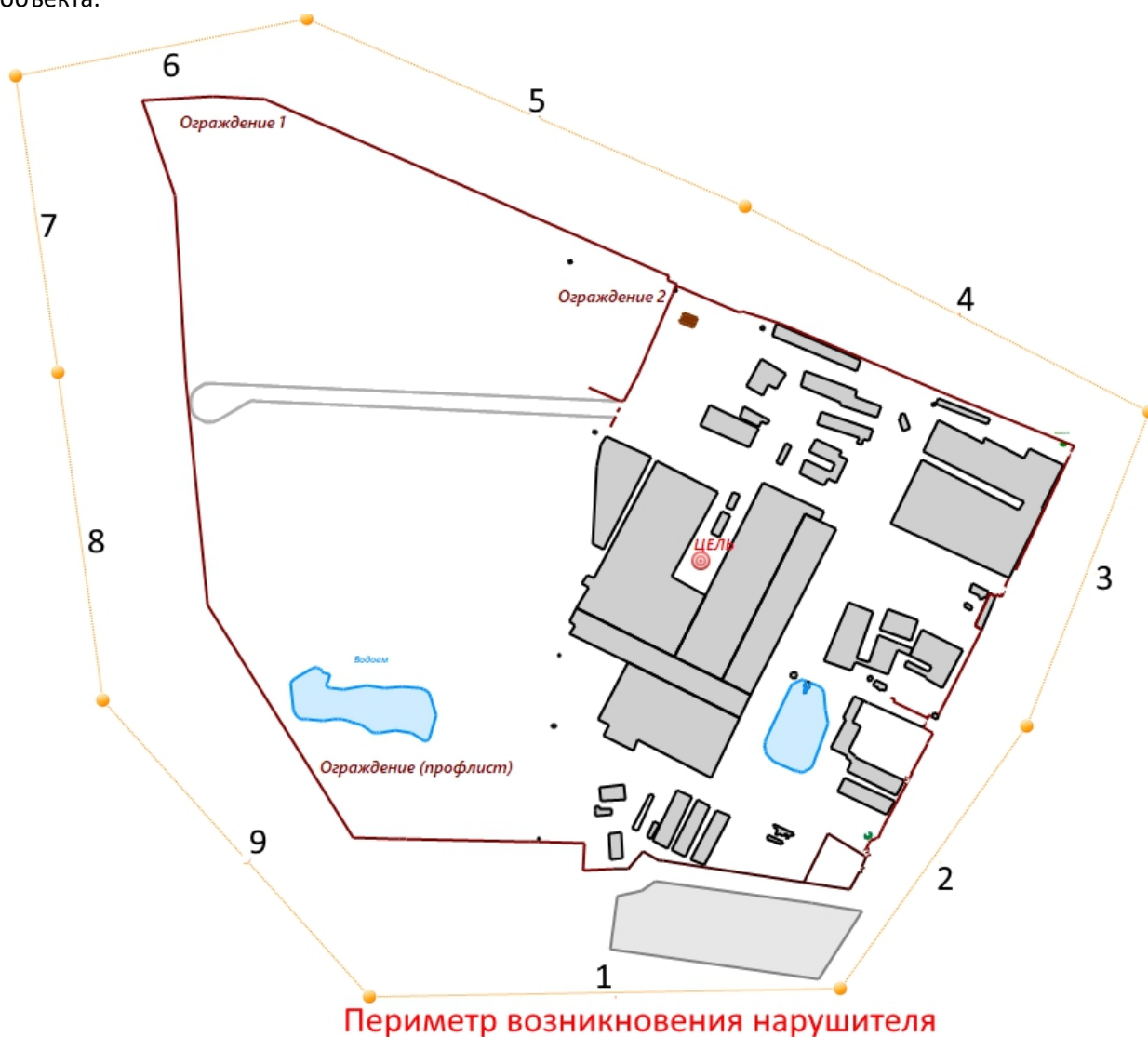




Виброчувствительный извещатель СТРАТУМ на том же фрагменте ограждения

**Результаты моделирования проникновения нарушителя к предполагаемой цели для трех вариантов цифровых двойников охраняемого периметра «АВТОТОР»:**

Во всех трех вариантах использовалась одинаковая модель нарушителя (дилетант «Смелый»), а так же одинаковый периметр возникновения нарушителя, состоящий из 9 участков вокруг объекта:



Периметр возникновения нарушителя вокруг объекта

На основе этих участков периметра была произведена оценка вероятности нейтрализации нарушителя для трех вариантов цифровых двойников периметра. Для каждого варианта было проведено 5 000 экспериментов (примерно по 555 на каждый участок).

## 1. Вариант периметра без извещателей:

Проникновение нарушителя обнаруживалось только визуально через камеры и/или при визуальном контакте с охранником. Диаграмма траекторий проникновений выглядит следующим образом (красные – нарушитель не был остановлен, зеленые – нарушителя остановили):

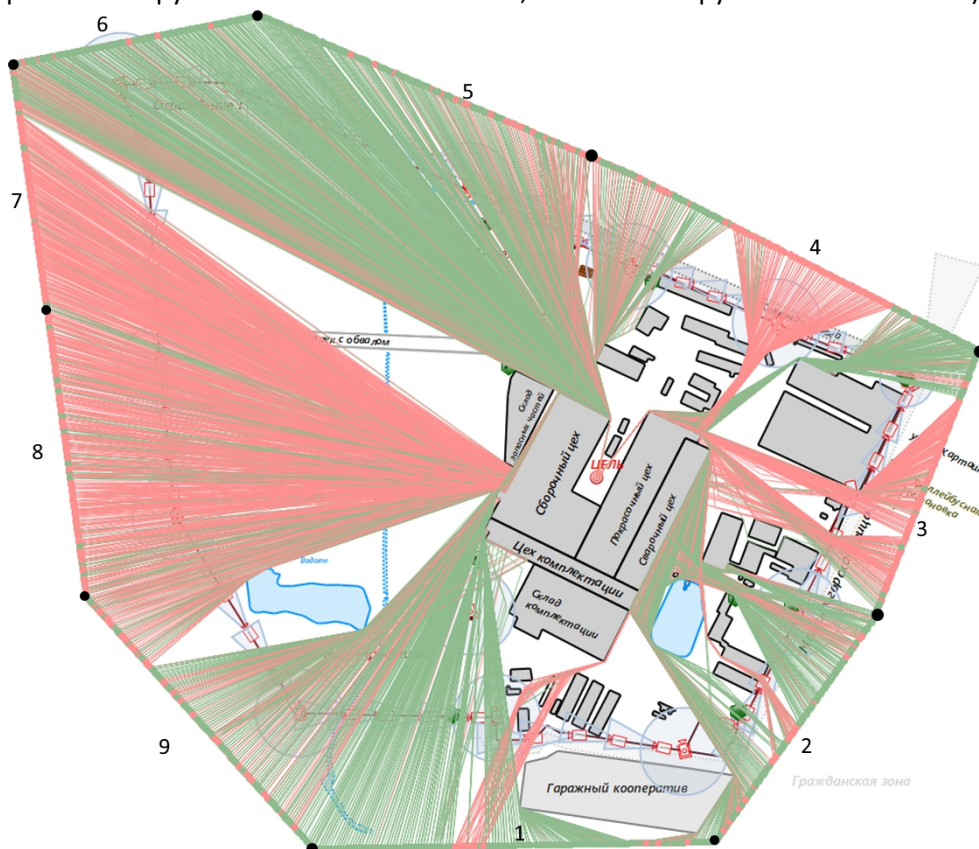


Диаграмма траекторий проникновения (красные траектории – нарушитель не был остановлен)

Каждый участок периметра оценен по вероятности нейтрализации нарушителя:

Гистограмма вероятности обезвреживания



Гистограмма вероятности обезвреживания нарушителя на каждом участке

Худший участок – восьмой (18%), лучший – шестой (88%). Такие результаты были обеспечены за счет существования системы видеонаблюдения и прямого столкновения с охранниками.

Средняя вероятность обезвреживания нарушителя по периметру составила -  $P_{\text{Нейтр}} = 51,4\%$

2. Вариант периметра с установкой активных двухпозиционных оптико-электронных извещателей поверх ограждения :

Проникновение нарушителя обнаруживалось с помощью извещателей, визуально через камеры и/или при визуальном контакте с охранником. Диаграмма траекторий проникновений выглядит следующим образом (красные – нарушитель не был остановлен, зеленые – нарушителя остановили):

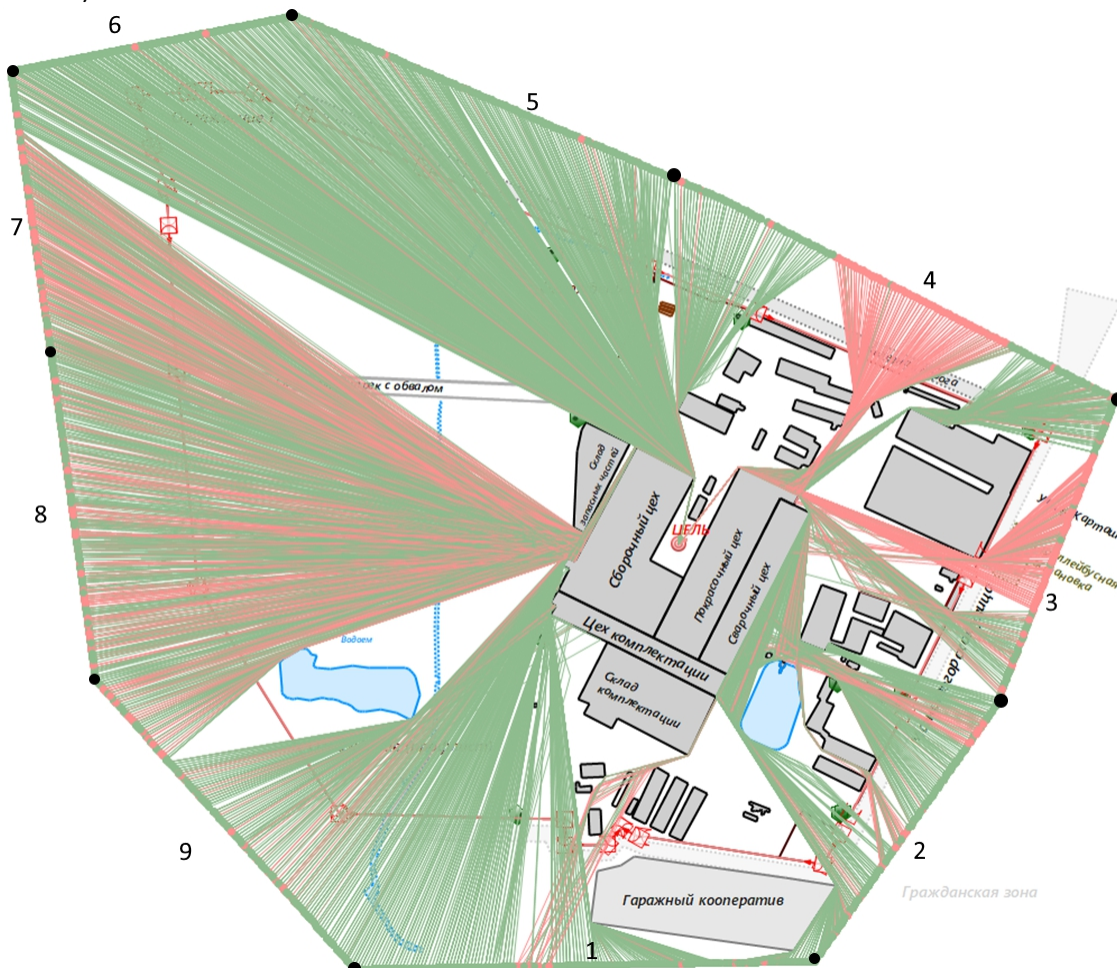
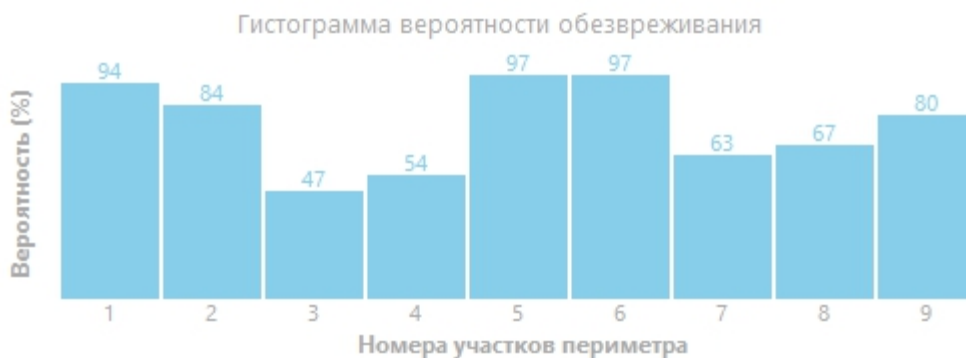


Диаграмма траекторий проникновения (красные траектории – нарушитель не был остановлен)

Каждый участок периметра был оценен по вероятности нейтрализации нарушителя:



Гистограмма вероятности обезвреживания нарушителя на каждом участке

Худший участок – третий (47%), лучшие – пятый и шестой (97%).

Средняя вероятность обезвреживания нарушителя по периметру составила -  $P_{\text{Нейтр}} = 75,8\%$

### 3. Вариант периметра с виброчувствительным извещателем (СТРАТУМ):

Проникновение нарушителя обнаруживалось с помощью виброчувствительного элемента, визуально через камеры и/или при визуальном контакте с охранником. Диаграмма траекторий проникновений выглядит следующим образом (красные – нарушитель не был остановлен, зеленые – нарушителя остановили):

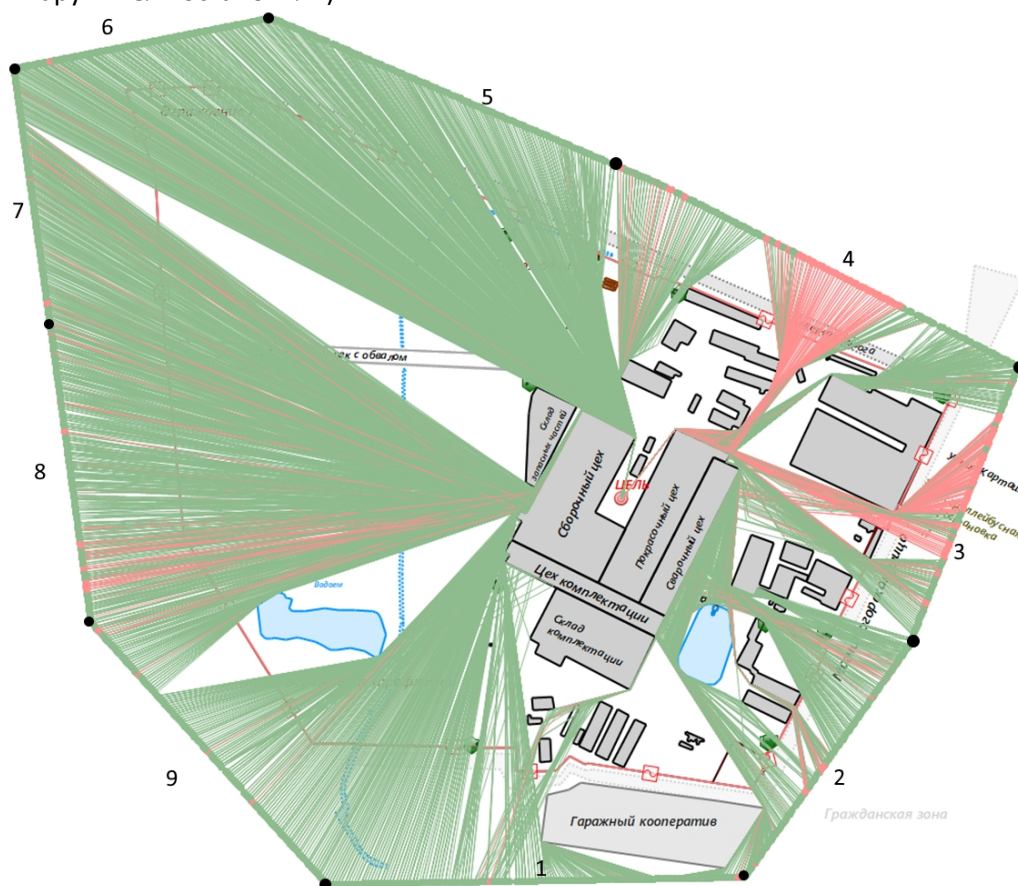
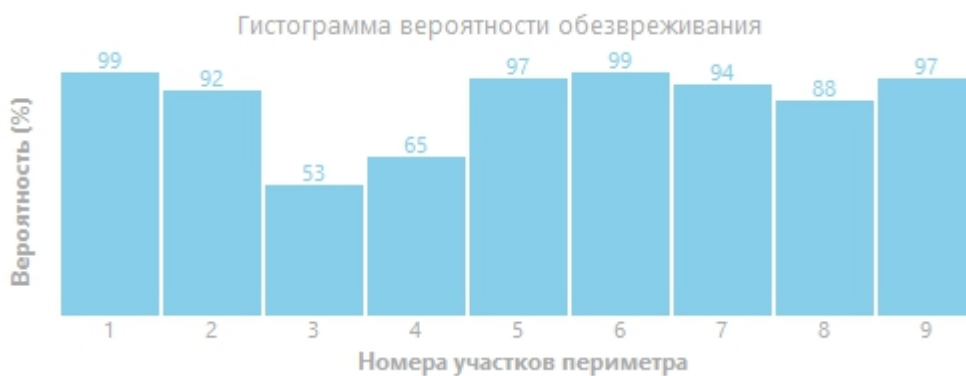


Диаграмма траекторий проникновения (красные траектории – нарушитель не был остановлен)

Каждый участок периметра был оценен по вероятности нейтрализации нарушителя:



Гистограмма вероятности обезвреживания нарушителя на каждом участке

Худший участок – третий (53%), лучшие – первый и шестой (99%).

Средняя вероятность обезвреживания нарушителя по периметру составила -  $P_{\text{Нейтр}} = 87,1\%$

## Итог:

Все варианты цифровых двойников объектов были составлены на основе не полных данных, . Реальные результаты должны опираться на модели, составленные по проектной документации. С учетом данной информации можно было бы получить наиболее объективную оценку.

Данное моделирование демонстрирует факт значительного преимущества системы СТРАТУМ над вариантами периметра без извещателей и с применением оптико-электронных лучевых извещателей, установленных поверх ограждения. Таким образом, данное преимущество является не только очевидным для человеческой оценки, но и обосновывается результатами компьютерного моделирования идентичных цифровых двойников объектов, составленных на основе существующей информации о периметре.

Результаты оценки качества нейтрализации нарушителя силами службы безопасности объекта для созданных моделей цифровых двойников составила:

- Периметр только с камерами и охранниками:  $P_{\text{Нейтр}} = 51,4\%$
- Периметр с использованием оптико-электронных линейных извещателей на ограждении:  $P_{\text{Нейтр}} = 75,8\%$
- Периметр с использованием виброчувствительного извещателя:  $P_{\text{Нейтр}} = 87,1\%$ .

При предоставлении проектной документации будет возможно более точно оценить качество работы СПС объекта «АТОТОР» и предложить варианты модификации или модернизации с помощью других технических и инженерных средств охраны. При этом оценки качества будут опираться на документированные факты и паспорта технических средств.