



Отчет о проведенном исследовании в САПР «АКИМ»



Отчет о результатах оценки обнаруживающей способности цифровых двойников периметра СТТ аэропорта «Пашковский» с помощью имитационного моделирования в комплексе «АКИМ»

Оглавление

Введение	3
Постановка задачи	3
Существующая система.....	4
Модификация периметра.....	5
Цифровые двойники СПС объекта	6
Инженерные средства охраны	6
Технические средства охраны.....	6
Нарушитель	9
Служба безопасности объекта	9
Периметр возникновения нарушителя	10
Примечания:	10
Результаты моделирования	11
Обнаруживающая способность первого участка СТТ	11
Обнаруживающая способность второго участка СТТ	12
Выводы	12

Введение

Участки периметра служебно-технической территории аэропорта Пашковский требуют модификации для систем обнаружения нарушителей. Для качественной и объективной оценки вероятности обнаружения нарушителя системой периметральной сигнализации (далее СПС) не достаточно знать только паспортные характеристики применимых устройств, но необходим учет многих параметров, влияющих на качество работы системы. Дело в том, что технические устройства на периметре испытывают на себе множество сторонних факторов воздействия и ограничения воздействия на них. Испытания устройства на лабораторном столе сильно отличается от полевых исследований, на которые влияют как погодные условия и способ монтажа, так и модели проникающих нарушителей и способы их преодоления периметра.

Для оценки качества планируемого проекта было проведено имитационное моделирование цифрового двойника объекта с целью изучения обнаружения проникающего нарушителя. Данный отчет является аналитическим обзором для:

- поставленной задачи об оценке качества обнаруживающей способности системы периметральной сигнализации (далее СПС) на двух участках служебно-технической территории периметра аэропорта Пашковский,
- способа реализации цифровых двойников объекта,
- условий проведения имитационных экспериментов над цифровыми двойниками для определения обнаруживающей способности,
- полученных результатов моделирования.

В данном отчете будет описана поставленная задача для оценки обнаруживающей способности двух участков периметра СТТ аэропорта Пашковский до и после модификации с применением системы СТРАТУМ, т.е. будут описаны все вводные данные, необходимые для построения цифрового двойника объекта. Так же будут описаны сами цифровые двойники периметров, созданные в специализированном программном комплексе «АКИМ» компании «ПЕНТАКОН», условия моделирования и количественные результаты этого моделирования в виде понятных оценок и графиков.

Постановка задачи

Была поставлена задача об оценке обнаруживающей способности двух участков периметра аэропорта Пашковский до и после модификации с применением системы СТРАТУМ. Оба участка периметра уже частично оснащены извещателем «ТОПОЛЬ-3», проложенным по полотну ограждения, но не включающим некоторые области, такие как защитные козырьки над стенами прилегающих к периметру зданий и т.д.

Примерная схема СПС представлена на рисунках 1 и 2 со спутниковыми снимками участков для двух участков аэропорта периметра соответственно. Так же данные об участках периметра представлены в документах с предварительным техническим решением от ООО «ПЕНТАКОН».

воздействию на секцию ограждения (перелаз без подручных средств), но уже не срабатывает на менее интенсивное воздействие (приставление лестницы к ограждению и т.п.). Данные о средней вероятности обнаружения для извещателя ТОПОЛЬ-3 были приняты как входные для модели извещателя в программном комплексе «АКИМ».

Модификация периметра

Предполагается внести в существующую систему ряд дополняющих модификаций, связанных с инженерно-техническим оснащением периметра (далее ИСО):

- Верхнее ограждение «Егоза» на эстакадах, пересекающихся с ограждением (сквозь или над);
- Верхнее ограждение на участках периметра, состоящих из стен прилегающих зданий внутри или снаружи периметра;
- Специальные элементы ИСО для участков с надземными коммуникациями (трубы).

Так же предлагается добавить вдоль всего периметра на верхнее ограждение систему извещения «СТРАТУМ» (Стратум-ограда), состоящую из армированного виброчувствительного кабеля и блока обработки (далее БО). Особенность системы «СТРАТУМ» дает возможность создать на данном периметре СТТ непрерывную линию СПС вдоль всех верхних элементов ИСО. Вероятность обнаружения для данного извещателя составляет 0.997 при физическом воздействии на элемент ИСО, где смонтирована система. При этом обеспечивается низкий уровень ложных тревог для данного элемента СПС.

Цифровые двойники СПС объекта

На основе предложенных данных о двух участках СТТ аэропорта Пашковский были созданы два цифровых двойника, включающих в себя часть инфраструктуры объекта и внешние элементы ИСО на периметре (внутренние ограждения на территории СТТ не учитывались, так как не влияют на обнаруживающую способность СПС). Вся остальная охраняемая территория объекта и внешняя инфраструктура, не прилегающая к периметру, не вносилась в модель цифровых двойников, так как не оказывает влияния на обнаруживающую способность.

Для моделирования цифровых двойников до и после модификации было установлено проведение по 9 500 экспериментов. Всего было осуществлено 4 серии экспериментов (два участка по два варианта исполнения).

Для формирования вероятностных оценок была выбрана доверительная вероятность $Q=95\%$ с доверительным интервалом $\epsilon=0.1$.

Инженерные средства охраны

Для моделей цифровых двойников объектов было выбрано ограждение ССЦП (сетка сварная оцинкованная) с верхним дополнительным ограждением («Егоза» и иные элементы верхних ИСО). Общая средняя высота ограждения составила 3 метра при верхнем элементе ИСО около 1 метра.

Технические средства охраны

Оба цифровых двойника объекта были представлены в виде системы до и после модификации (без и с добавлением системы СТРАТУМ).

В варианте без модификации существует только извещатель «ТОПОЛЬ-3», проложенный вдоль ограждения, исключая участки прилегающих зданий (формирующих часть периметра своей стеной), эстакад и мест пересечения с надземными трубопроводами и т.д. Таким образом, СПС только с извещателем «ТОПОЛЬ-3» не является сплошной. Пример таких участков смотри на рисунках 4 и 5 со спутниковыми снимками объекта. Обследование данных участков проводилось сотрудниками ООО «ПЕНТАКОН» на территории объекта.

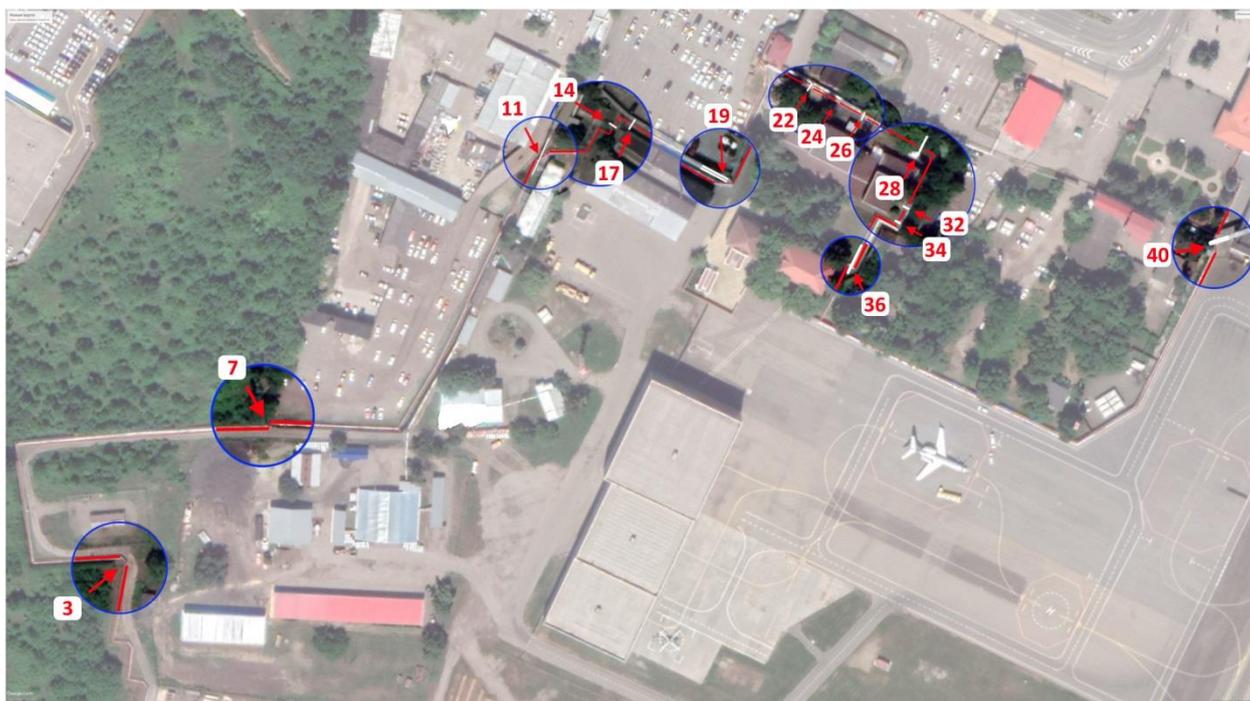


Рис. 3 – Слабые участки СПС первого участка СТТ с «ТОПОЛЬ-3», которые снижают чувствительность извещателя или позволяют нарушителю преодолеть ограждение без взаимодействия с извещателем (по трубам или эстакадам)

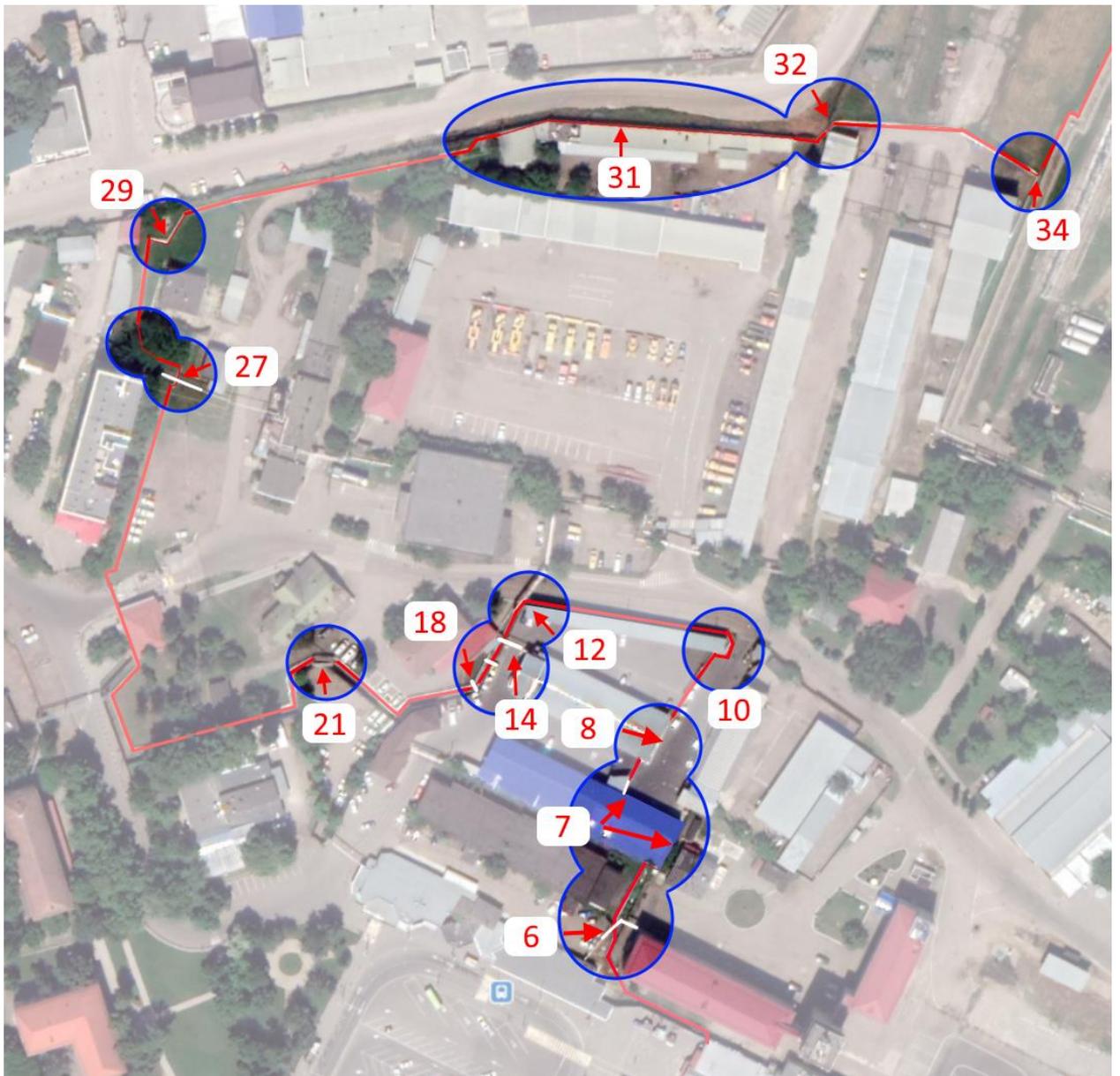


Рис. 4 – Слабые участки СПС первого участка СТТ с «ТОПОЛЬ-3», которые снижают чувствительность извещателя, не содержат его (по зданиям) или позволяют нарушителю преодолеть ограждение без взаимодействия с извещателем (по трубам или эстакадам)

В варианте с модификацией система «СТРАТУМ» находится на том же периметре СТТ, однако включает в себя участки периметра, состоящие из стен прилегающих зданий, структуры ИСО вокруг эстакад и надземных труб, пересекающих ограждение, и в зонах ограждения со сложной формой.

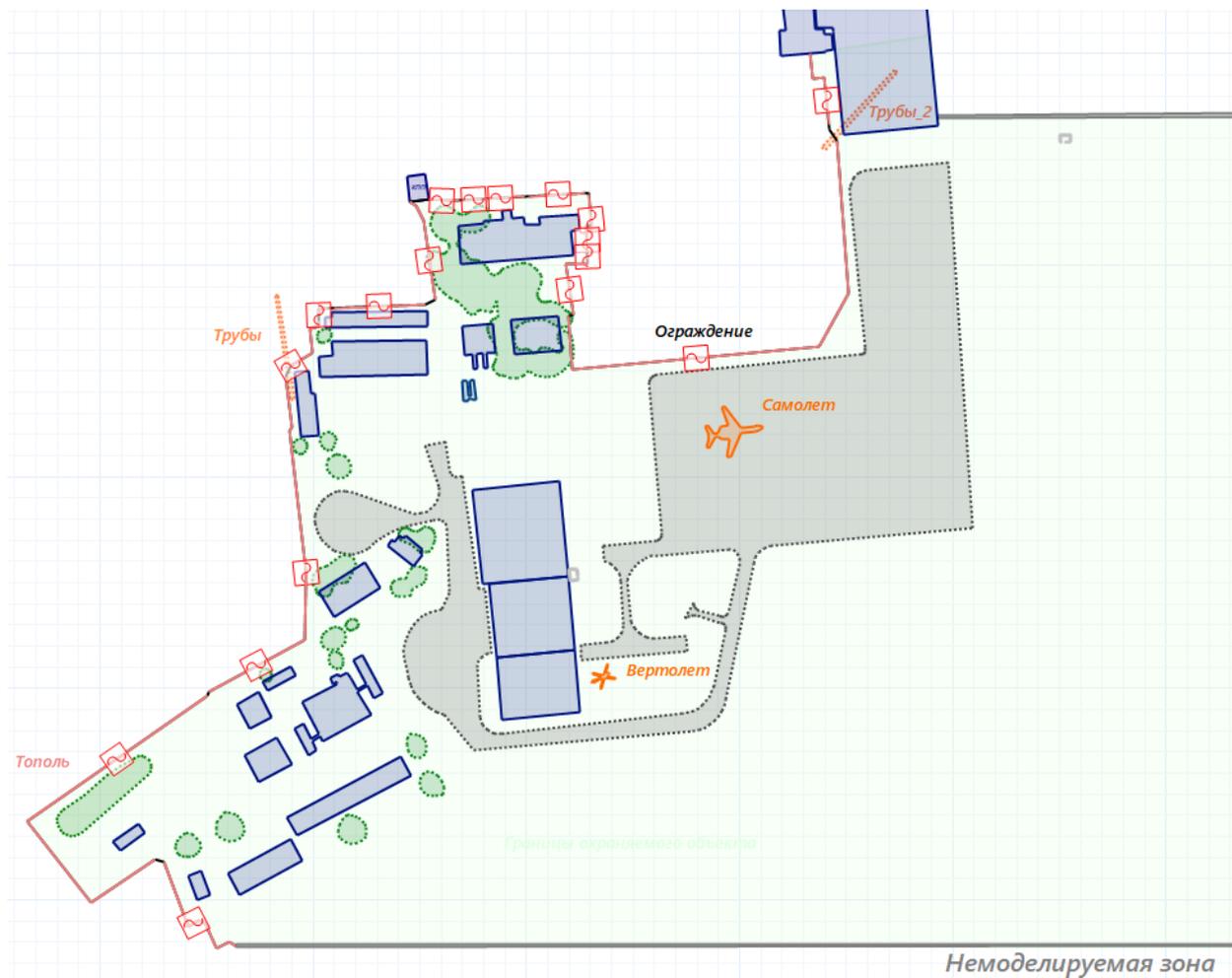


Рис. 5 – Схема цифрового двойника первого участка СТТ аэропорта Пашковский

Приблизительная длина моделируемого цифрового двойника первого участка СТТ составила 1 055 метров. Для нужд моделирования, периметр разбит на 41 пронумерованный подучасток, часть из которых находятся на слабых местах периметра. Номера слабых участков можно увидеть на рис. 3.

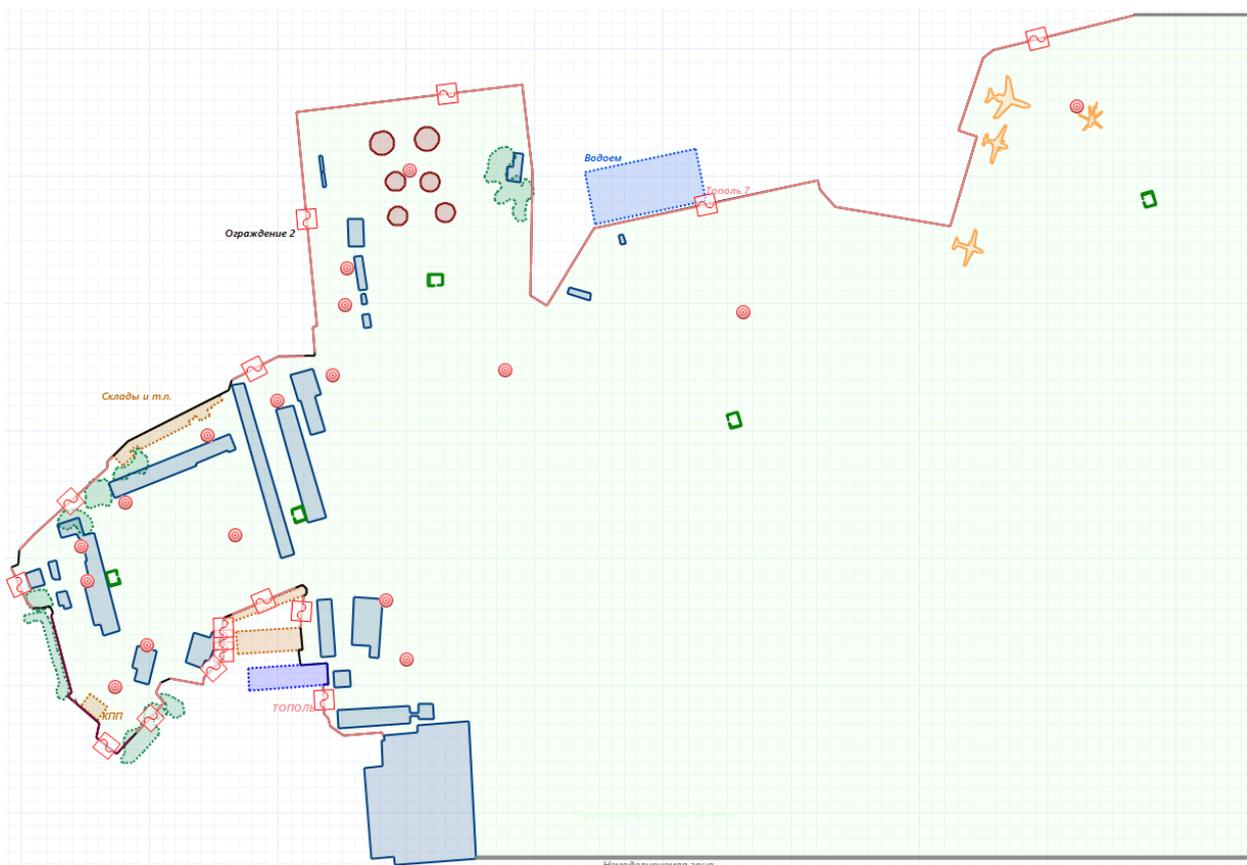


Рис. 6 – Схема цифрового двойника второго участка СТТ аэропорта Пашковский

Приблизительная длина моделируемого цифрового двойника второго участка СТТ составила 2 110 метров. Для нужд моделирования, периметр был так же разбит на 41 пронумерованный подучасток (для удобства выбрано равное число участков), часть из которых находятся на слабых местах периметра. Номера слабых участков можно увидеть на рис. 4.

Нарушитель

Для моделирования проникновения во всех случаях использовалась модель нарушителя-дилетанта без параметра возможности отказаться от проникновения (лишний для поставленной задачи). Модель нарушителя преодолевала ограждения различными способами без применения специализированных инструментов проникновения. В местах пересечения ограждения и эстакад или стен зданий, нарушитель пользовался наиболее выгодным способом проникновения (по эстакадам или через крыши зданий).

Служба безопасности объекта

Служба безопасности объекта для цифровых двойников была представлена только из операторов службы безопасности на посту охраны, принимающих и обрабатывающих сигналы тревоги с заданной вероятностью правильного решения. Оператор представляет собой конечное звено в обработке сигналов тревоги.

В вариантах цифровых двойников периметра СТТ использовался оператор с вероятностью принятия правильного решения 1 (100%), что соответствует идеальному значению, так как поставленная задача требует оценку обнаруживающей способности технических средств охраны (ТСО) на периметре, а не всей комплексной системы безопасности (КСБ).

Периметр возникновения нарушителя

Ввиду того, что периметр СТТ составляет из себя ограждение сложной формы, а территория охраняемой зоны обладает сложной инфраструктурой, для нужд моделирования были сформированы участки возникновения нарушителя, соответствующие геометрической форме первой и второй части периметра СТТ. Под участками возникновения нарушителя подразумевается внешний фронт, где может появиться гипотетический нарушитель. В обоих случаях периметр возникновения примерно повторяет форму ограждения периметра и разбит на 41 отдельный оцениваемый участок, часть из которых находится напротив уязвимых мест (см. рис. 3 и 4).

Для моделирования проникновения нарушителя на территорию объекта были сформированы условные цели, удаленные от всех 19 участков на примерно одинаковое расстояние вглубь периметра. Настройки цели и места их расположения не оказывают влияния на оценку вероятности обнаружения СПС.

Примечания:

В проекте цифровых двойников двух участков СТТ не учитывались: структурные особенности охранного периметра, расположения сил службы безопасности, патрули, наличие дополнительных элементов ИСО, системы видеонаблюдения, иные системы обнаружения внутри периметра и т.п. Данные системы не оказывают влияния на обнаруживающую способность СПС, но при этом усложняют модель цифрового двойника и добавляют вычислительные операции для получения оценок, не требуемых для данного проекта.

Результаты моделирования

В результате моделирования проникновения нарушителя на территорию охраняемого объекта через цифровые двойники двух участков периметра СТТ аэропорта были получены результаты:

- Первый участок СТТ:
 - Обнаруживающая способность участка оснащенного извещателем «ТОПОЛЬ-3» (без модификации)
 - Обнаруживающая способность участка оснащенного извещателем «ТОПОЛЬ-3» и «СТРАТУМ» (после модификации)
- Второй участок СТТ:
 - Обнаруживающая способность участка оснащенного извещателем «ТОПОЛЬ-3» (без модификации)
 - Обнаруживающая способность участка оснащенного извещателем «ТОПОЛЬ-3» и «СТРАТУМ» (после модификации)

Результаты для обоих участков СТТ представлены в виде оценок вероятности обнаружения и гистограмм по участкам периметра проникновения нарушителя.

Обнаруживающая способность первого участка СТТ

До модификации (ТОПОЛЬ-3):

Общая средняя обнаруживающая способность системы ТСО для всех 9 500 экспериментов составила примерно **0.33 (33%)**.

Результат по всем участкам проникновения нарушителя:

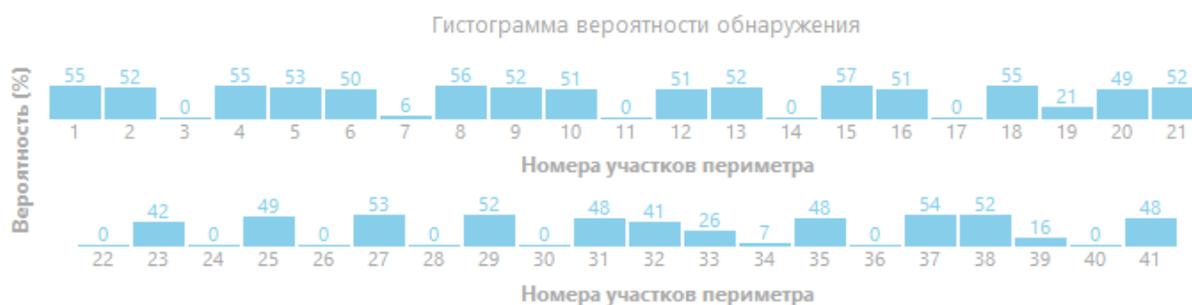


Рис. 7 – Гистограмма вероятности обнаружения системой ТОПОЛЬ-3 на первом участке периметра СТТ

На гистограмме видно, что уязвимые участки соответствуют таковым на схеме рисунка 3.

После модификации (ТОПОЛЬ-3 и СТРАТУМ):

Общая средняя обнаруживающая способность системы ТСО для всех 9 500 экспериментов составила примерно **0.981 (98.1%)**.

Результат по всем участкам проникновения нарушителя:

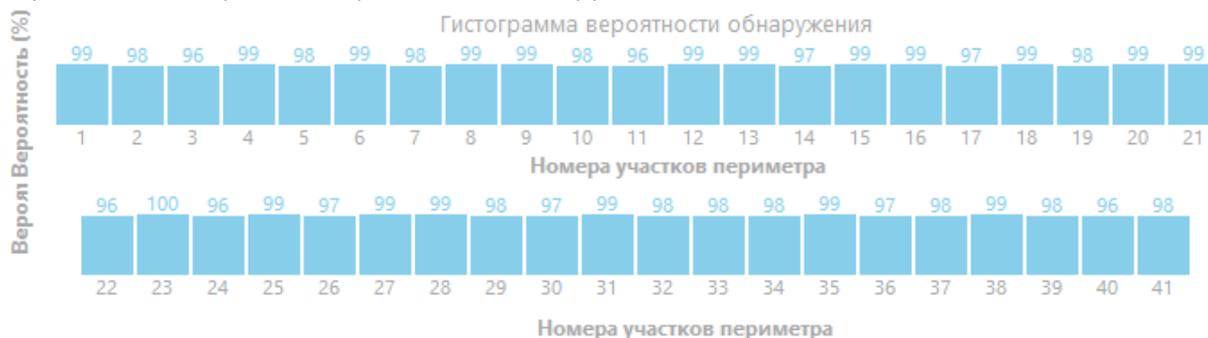


Рис. 8 – Гистограмма вероятности обнаружения системой «ТОПОЛЬ-3» и «СТРАТУМ» на первом участке периметра СТТ

Обнаруживающая способность второго участка СТТ

До модификации (ТОПОЛЬ-3):

Общая средняя обнаруживающая способность системы ТСО для всех 9 500 экспериментов составила примерно **0.357 (35.7%)**.

Результат по всем участкам проникновения нарушителя:



Рис. 9 – Гистограмма вероятности обнаружения системой «ТОПОЛЬ-3» на втором участке периметра СТТ

На гистограмме видно, что уязвимые участки примерно соответствуют таковым на схеме рисунка 4.

После модификации (ТОПОЛЬ-3 и СТРАТУМ):

Общая средняя обнаруживающая способность системы ТСО для всех 9 500 экспериментов составила примерно **0.98 (98%)**.

Результат по всем участкам проникновения нарушителя:

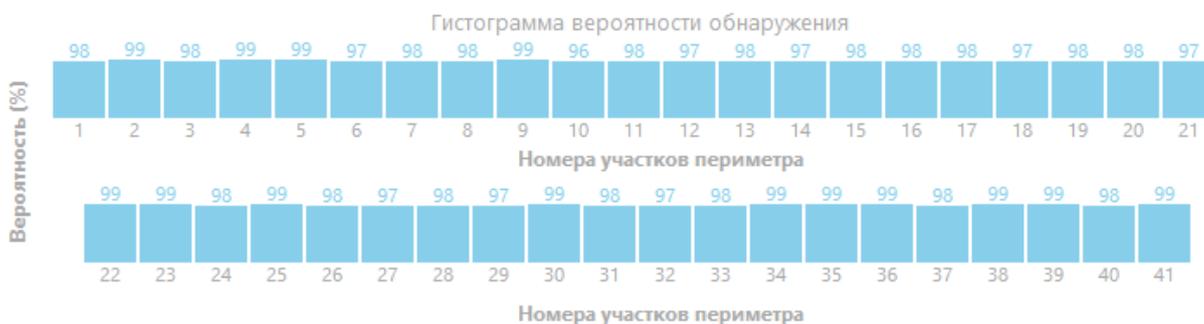


Рис. 10 – Гистограмма вероятности обнаружения системой ТОПОЛЬ-3 и СТРАТУМ на втором участке периметра СТТ

Выводы

В ходе работы было осуществлено моделирование проникновения нарушителя-дилетанта, системы извещателя «ТОПОЛЬ-3» с $P_{\text{Обн}}=0.53$ (53%), системы извещателя «СТРАТУМ» с $P_{\text{Обн}}=0.997$ (97%) и работы оператора поста охраны с вероятностью правильной обработки сигнала $P=1$ (100%) в программном комплексе «АКИМ». Моделирование проводилось без учета влияния воздействия погодных условий, мобильных сил службы безопасности объекта, целей на территории объекта, инфраструктуры и других систем безопасности на территории объекта.

Результаты моделирования представлены в виде оценок вероятности обнаружения СПС цифровых двойников для двух участков:

- Первый участок СТТ: **0.33 (33%)** до модификации и **0.981 (98.1%)** после;
- Второй участок СТТ: **0.357 (35.7%)** до модификации и **0.98 (98%)** после.

Ввиду полученных результатов экспериментов с цифровыми двойниками двух участков периметра СТТ аэропорта Пашковский видится целесообразным принятие комплекса мер по модификации СПС в виде:

- Модификации ИСО вдоль всего периметра в местах пересечения эстакадами, сопряжением со стенами строений или иными инфраструктурными особенностями на территории и за её пределами охраняемого объекта;
- Добавления ещё одной системы обнаружения в виде системы «СТРАТУМ» на верхнем ограждении вдоль всего периметра в виде непрерывной системы.
- Создание непрерывного верхнего ограждения необходимо для обеспечения безопасности вокруг низко нависающих элементов инфраструктуры объекта, крыш прилегающих зданий и строений.