

ВЫБОР СИСТЕМЫ ПЕРИМЕТРАЛЬНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ:

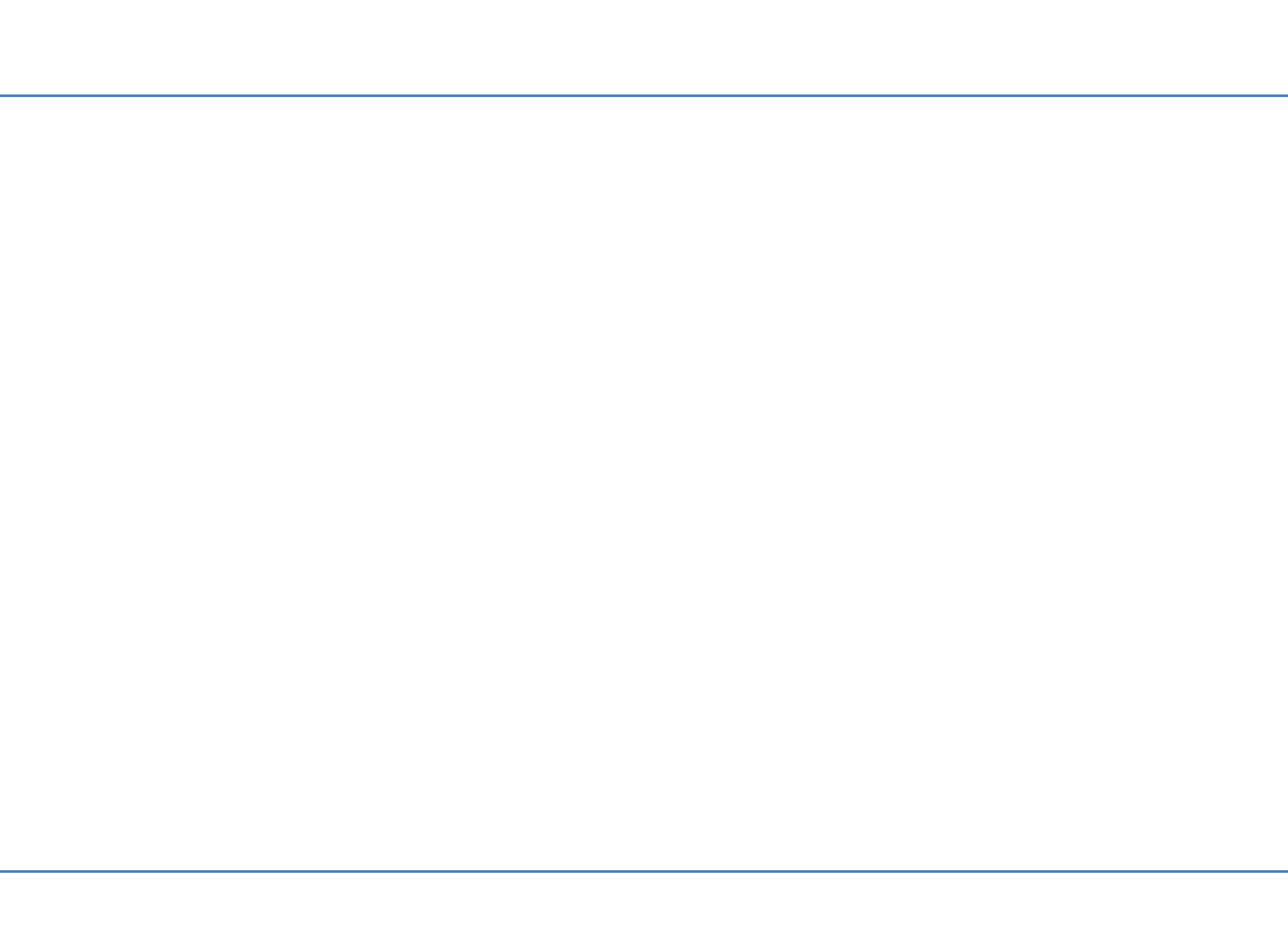
НУЖЕН ЛИ ДЛЯ ЭТОГО ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ПОЛИГОН?

Крылов Виктор Михайлович

к.т.н., доцент,

Президент компании «ПЕНТАКОН»





В последнее время все чаще мы сталкиваемся с пожеланием (иногда с требованием) Заказчика: создайте на объекте демонстрационный (испытательный) полигон системы периметральной сигнализации (СПС). На вопрос к Заказчику: «Ты скажи, ты скажи, чё те надо, чё надо», тот отвечает уклончиво: «Хочу, мол, посмотреть, как работает ваша система».

Попробуем разобраться, что и почему желает узнать Заказчик и что из своих туманных ожиданий он реально может получить.

Начнем с обсуждения требований технического задания (ТЗ).

О какой системе ведет речь заказчик? Поскольку перед ним стоит задача защитить периметр объекта, то очевидно, он намерен сформировать ТЗ на систему защиты периметра (СЗП), которая состоит из трех подсистем: инженерно-технические сооружения (ИТС), системы обнаружения (СО) и задержания нарушителя (патруль).

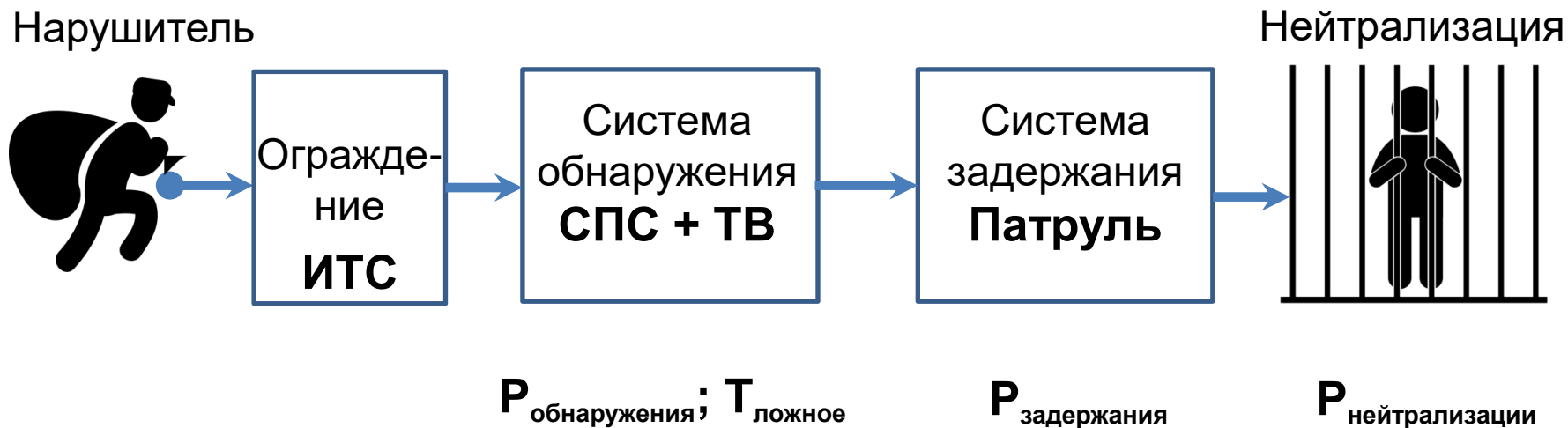
Однако, практика сегодняшнего дня такова, что заказчик вместо одного ТЗ на всю систему защиты периметра обычно формирует три ТЗ на три подсистемы: ИТС, СПС, патрульно-охранная служба. Затем эти подсистемы проектируются и реализуются как независимо функционирующие, что в корне неправильно.

СПС является только частью, хотя и важнейшей СЗП. Задача СЗП – нейтрализовать нарушителя. Задача СПС - обеспечить обнаружение нарушителя. Качество работы системы обнаружения (СО) определяется тем, что система обнаружения (СПС+ТВ) своевременно и достоверно (т.е. без пропусков и без ошибок) обнаруживает и саму угрозу и её координаты. Главными тактико-техническими характеристиками (ТТХ) СО являются $P_{\text{обн.}}$, $T_{\text{ложн.}}$.

Все понимают, что какими бы замечательными эти характеристики не были, произойдет задержание нарушителя или нет определяется эффективной работой всего комплекса СЗП, всех трех его подсистем. Следовательно, как требования к СПС, так и сам процесс проектирования СПС неправильно рассматривать в отрыве от ТТХ всей СЗП в целом.



Система защиты периметра (СЗП)



$$P_{\text{нейтрализации}} = P_{\text{обнаружения}} * P_{\text{задержания}}$$

Поясню сказанное на примере другой системы защиты объекта – ЗРК С-400.

Обратите внимание, что ТТХ изображенных систем даже называются практически одинаково. Совершенно очевидно, что было бы глупо задавать для ЗРК и рассматривать как независимые три его главные ТТХ: $P_{\text{обн.}}$, $T_{\text{ложн.}}$, $P_{\text{поражен.}}$. Например, если $P_{\text{обн.}}$ мала, то даже самые замечательные ракеты не обеспечат поражение цели. И наоборот, если $P_{\text{обн.}} \sim 100\%$, а средства поражения слабы, то какой тогда смысл в 100% обнаружении цели?

Совершенно аналогично обстоят дела и в СЗП. Если, например, рассматривать независимо от работы системы обнаружения тактику работы и расположение постов охраны, то несмотря на замечательную работу СПС, даже при 100% обнаружении, главная задача по нейтрализации нарушителя может оказаться невыполненной. Необходим комплексный анализ СЗП для формирования ТТХ на СО.



Системы защиты объекта

Система ПВО (ЗРК)



ТТХ:

$P_{\text{обнаружения}}$ нарушителя

$P_{\text{ложного}}$ пуска (ложной тревоги)

$P_{\text{поражения}}$ нарушителя

Система защиты периметра



ТТХ:

$P_{\text{обнаружения}}$ нарушителя

$P_{\text{ложной}}$ тревоги ($T_{\text{ложн.}}$)

$P_{\text{задержания}}$ нарушителя

Обязательно задание всех трех ТТХ

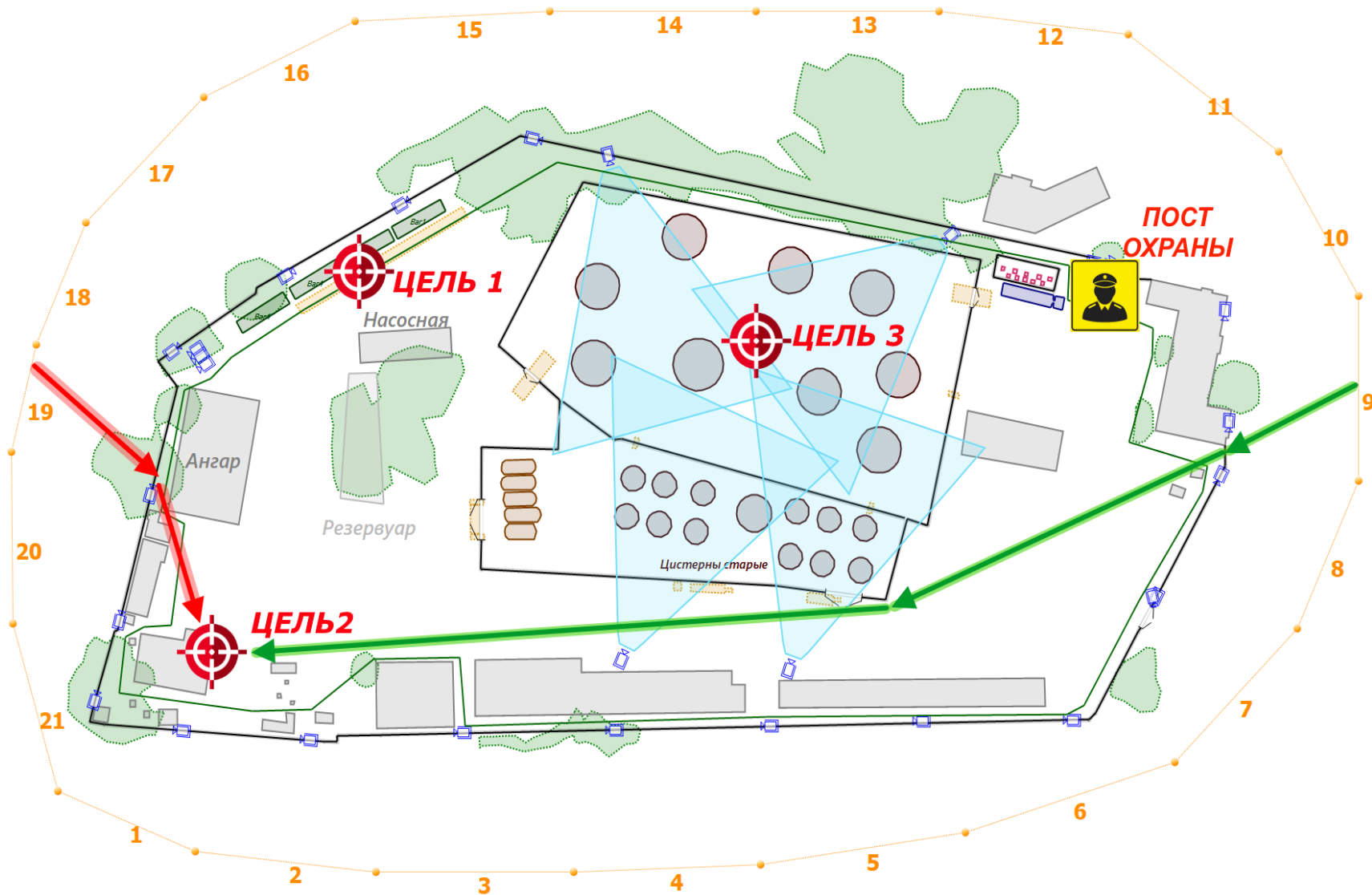
Рассмотрим сформулированную проблему на примере некой нефтебазы.

Очевидно, что анализ нарушения надо производить не вообще относительно преодоления охраняемого периметра, а производить относительно цели внутри периметра, к которой движется нарушитель. В данном примере это цель № 2. Кстати кто-то сегодня учитывает при проектировании такие подробности, как разные цели нарушителя? Важно заметить, что успех/неуспех действий нарушителя и его нейтрализация зависит и от того, каким путем движется нарушитель, и от расположения службы охраны, и от тактики ее действий.

На следующем слайде приведены результаты одного из вариантов моделирования работы СЗП этого объекта (цель № 2).



Пример моделирования: план объекта



Обратите внимание, что при почти 100% обнаружении нарушителя на всех участках периметра вероятность его нейтрализации на некоторых участках всего 2-3%. Выявленный в процессе моделирования недостаток удалось заблаговременно кардинально исправить в процессе проектирования, добавив еще один пост охраны, что привело к увеличению стоимости системы всего на 1%.



Пример моделирования: результаты 10^4 попыток

Гистограмма вероятности обнаружения



Вероятность обнаружения нарушителя на участках периметра

$$P_{\text{обн.средн.}} = 93.8\%$$

Гистограмма вероятности нейтрализации ДО корректировки СЗП



Вероятность нейтрализации нарушителя

$$P_{\text{нейтр.средн.}} = 44.3\%$$

Гистограмма вероятности нейтрализации ПОСЛЕ корректировки СЗП



Вероятность нейтрализации нарушителя

$$P_{\text{нейтр.средн.}} = 90.62\%$$

Увеличение стоимости системы до 1%

Моделирование осуществлено с помощью автоматизированного комплекса имитационного моделирования «АКИМ», разработки компании «ПЕНТАКОН».

Оценка качества системы безопасности в комплексе «АКИМ» проводится путем проведения многочисленных ($10^3 - 10^4$) вычислительных экспериментов, имитирующих процесс реально возможного сценария проникновения нарушителя на территорию объекта, на цифровом двойнике объекта.

Назначение комплекса «АКИМ»:

1. Обоснование требований технического задания.
2. Экспертиза проектов.
3. Обоснование затрат (необходимые и достаточные).
4. Количественная оценка уязвимостей.
5. Разработка оптимальной тактики действий охраны.
6. Сертификация готовых систем.

Комплекс «АКИМ» имеет патенты Российской Федерации и Израиля, а также свидетельства о государственной регистрации.



Моделирование систем защиты периметра



АКИМ

ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

для проектирования, моделирования и анализа систем безопасности

Патент РФ RU 2755775 C1

Патент Израиля № 262628

Свидетельство № 2019665127

О регистрации программы для ЭВМ «Программный комплекс АКИМ-Онлайн»

Запись на вебинар:

<https://www.cctv.ru/obuchenie-i-treningi/>

Как сегодня выглядит типовое ТЗ на проектирование СЗП? Из представленной таблицы достаточно понятно, что три обязательных ТТХ задаются неполно и в дальнейшем не реализуются.



Требования к системе защиты периметра (СЗП)

Типовое ТЗ	Реально
1. $P_{\text{задерж.}} = 1$ (по умолчанию) ($P_{\text{нейтр.}} = P_{\text{обн.}}$)	1. $P_{\text{задерж.}}$ — не задается ($P_{\text{нейтр.}} = P_{\text{обн.}} * P_{\text{задерж.}} - ?$)
2. $P_{\text{обн.}} > 0.95$	2. $P_{\text{обн.}}$ — неизвестна
3. $T_{\text{ложн.}} > 1/\text{мес.} \dots 1/\text{год}$	3. $T_{\text{ложн.}} \sim 1/\text{сут.} \dots 1/\text{мес.}$

На основании представленных выше данных очевидны следующие выводы



Требования ТЗ к системе защиты периметра (СЗП)

1. Обязательны требования к трем ТТХ: $P_{\text{обн.}}$, $T_{\text{ложн.}}$, $P_{\text{задерж.}}$
2. ТЗ на СПС должно являться частью общего ТЗ на СЗП.
3. Проектироваться должен единый комплекс
СЗП = ИТС + СПС + служба охраны.
4. Одно лишь только высокое значение $P_{\text{обн.}}$ не может обеспечить качество защиты периметра.
5. Система моделирования «АКИМ»:
обоснование требований ТЗ и структуры СЗП.

Перейдем к рассмотрению требований ТЗ, относящихся именно к системе периметральной сигнализации. Это требования к двум из трех основных тактико-технических характеристик ($P_{обн.}$, $T_{ложн.}$) системы защиты периметра. В дальнейшем будем рассматривать СПС вибрационного типа, и потому что этот тип систем составляет 70-80% всех СПС, и потому, что именно системы этого типа хочет испытывать заказчик. Значения $P_{обн.}$, $T_{ложн.}$ задаются в большинстве ТЗ именно на том уровне, который указан в таблице, т. е. $P_{обн.} > 0.95$.

Никому неизвестно, из каких соображений следует считать достаточным (причем, считать повсеместно) требование $P_{обн.} > 0.95$. Исходя из чего, заказчик считает допустимым не обнаруживать 5% попыток проникновения, т. е. каждую двадцатую? Для сравнения: типовое ТЗ на СКД допускает не обнаруживать лишь 0.0001% несанкционированных попыток, т. е. не более, чем одну из миллиона. Почему ТЗ требует, чтобы на участках периметра, защищаемых сигнализацией, несанкционированно проникнуть на территорию было бы в 50 000 раз легче, чем через КПП? Кто в состоянии объяснить, о чем думал и думал ли вообще тот, кто это писал?

Вернемся к обсуждаемому вопросу. Какое практическое влияние и на что оказывает конкретная величина $P_{обн.}$, задаваемая в ТЗ, например, если это 0.95 или 0.99; 0.5 или 0.9999? Прозвучит дико, но сегодня в практическом плане конкретное значение этой величины практически ни на что не влияет! В сложившейся сегодня практике указываемое в ТЗ значение $P_{обн.}$ оказывается на поверку декларативным и пустой формальностью.



Требования к системе периметральной сигнализации (СПС)

Типовое ТЗ	Реально
1. $P_{\text{задерж.}} = 1$ (по умолчанию) ($P_{\text{нейтр.}} = P_{\text{обн.}}$)	1. $P_{\text{задерж.}}$ — не задается ($P_{\text{нейтр.}} = P_{\text{обн.}} * P_{\text{задерж.}} - ?$)
2. $P_{\text{обн.}} > 0.95$	2. $P_{\text{обн.}}$ — неизвестна
3. $T_{\text{ложн.}} > 1/\text{мес.} \dots 1/\text{год}$	3. $T_{\text{ложн.}} \sim 1/\text{сут.} \dots 1/\text{мес.}$

То, что в реальной практике сегодняшнего дня указываемое в ТЗ значение $P_{\text{обн}}$ не оказывает влияние на результат, подтверждается, во-первых, практическими примерами бессмысленных реализаций СПС, где $P_{\text{обн}} = 0$! Обращаю внимание, что стоимость этого имитатора, этой бессмысленной «системы» такая же, как и стоимость работоспособной системы, которая могла бы быть на ее месте.

Но. Оборудование было размещено формально правильно, согласно документации. Проект прошел экспертизу. Установленное оборудование исправно функционирует. Нет формальных оснований предъявлять претензии кому-либо.



Пример: Аэропорт Минеральные воды

Проект СПС
(на базе «СТРАТУМ»)



Стоимость системы (100%):
70.0 — 90.0 млн. руб

Имитация СПС
(на базе системы «С1»)



Проверки функционирования – «**ДА**»
ПСИ – «**НЕТ**»

Стоимость имитатора системы (100%):
70.0 — 90.0 млн. руб

Во-вторых, то, что указываемое в ТЗ значение $P_{обн.}$ на поверку оказывается неподтверждаемой декларацией доказывают и проведенные нами статистические испытания различных реальных систем, тех которые оказались нам доступны.

Приведенные в таблице данные показывают, что реальная $P_{обн.}$ в разы и даже на порядок хуже заявленных в документации и в ТЗ значений 0.95.



Результаты испытаний вибрационных СПС

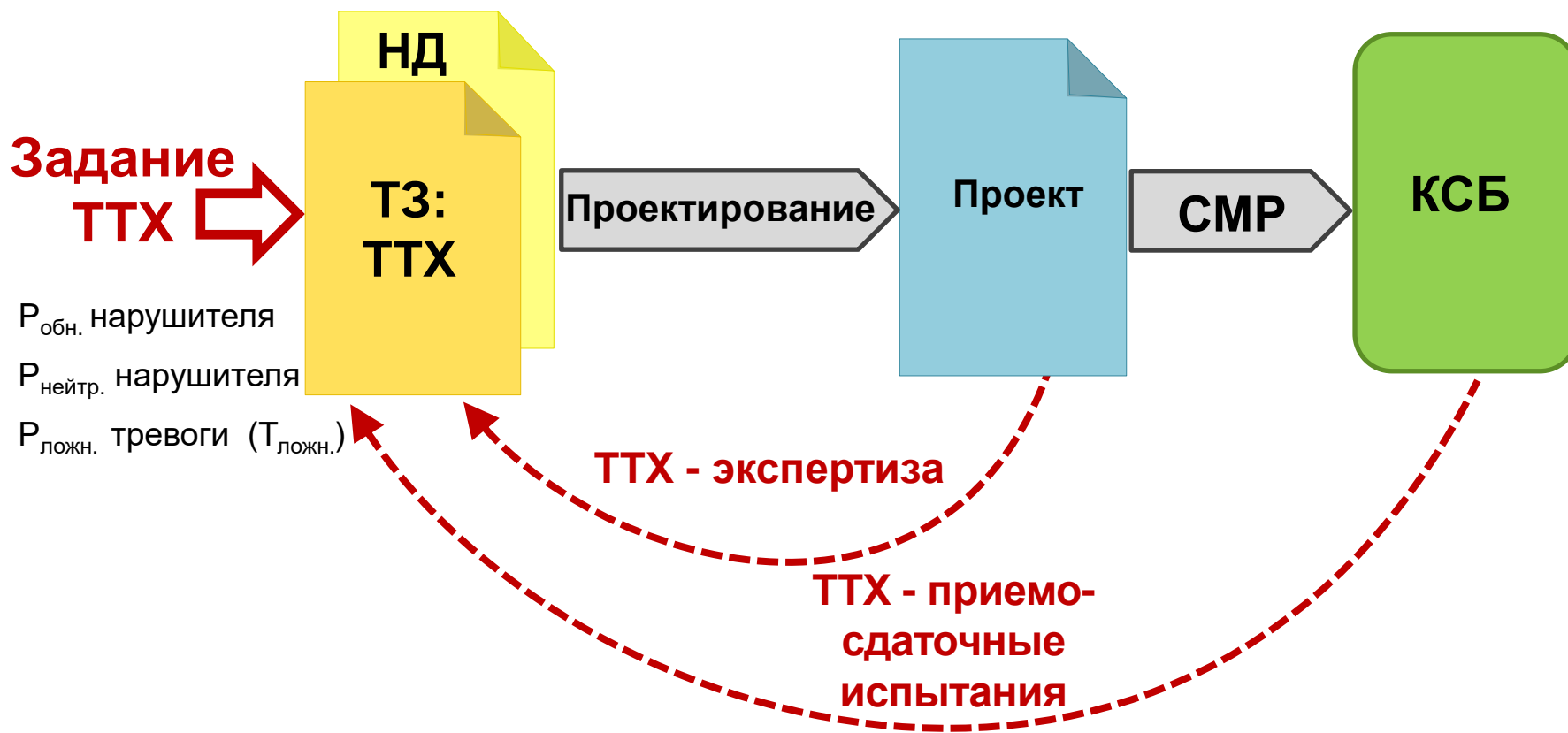
Система	Тип	В документации		Результаты испытаний	
		$P_{\text{обнаружения}}$	$P_{\text{необнаружения}}$	$P_{\text{обнаружения}}$	$P_{\text{необнаружения}}$
С1	трибо	-	-	0.24	76%
С2 (3 испытания)	трибо	0.95	5%	0.62	38%
С3	вибро датчики	> 0.99	< 1%	0.20	80%
С4	трибо	0.98	2%	0.53	47%
С5	трибо	0.98	2%	> 0.85 (2 канала)	< 15%
С6	трибо	1.0	0%	-	-
СТРАТУМ (13 испытаний)	проводная РЛ	> 0.99	< 1%	> 0.997	< 0.3 %

Причина сложившегося недопустимого парадокса, в первую очередь в том, что повсеместно не проводятся статистические приемо-сдаточные испытания, которыми должно заканчиваться любое строительство.

Поэтому для заказчика остается неизвестным, каким реальным значением $P_{обн.}$ обладает система, которую он принимает в эксплуатацию. В силу этого в практической деятельности вместо неизвестных фактических значений $P_{обн.}$ указывается, в зависимости от того, кто спрашивает, либо значение, записанное из документации, либо в своем кругу используется оценка качества СПС по шкале «хорошо/плохо», поскольку доверять записанным в документации значениям $P_{обн.}$ не приходится.



Этапы создания системы защиты периметра



А ведь статистические приемо-сдаточные испытания (ПСИ) вибрационных систем надо обязательно проводить ещё и по той причине, что значения $P_{обн.}$, $T_{ложн.}$ для СПС этого типа в принципе не могут быть заранее указаны в заводской документации. Именно на объекте в процессе пуско-наладки устанавливается уровень чувствительности, который и определяет в первую очередь значения $P_{обн.}$, $T_{ложн.}$

Потому что сама система создается не на заводе, а на объекте, и включает в себя не только оборудование, но и само ограждение (мембрану). Однако, сегодня практически в любой заводской документации на выпускаемое оборудование значения ТТХ еще не созданной системы. Есть производители, которые указывают даже $P_{обн.} = 100\%$.



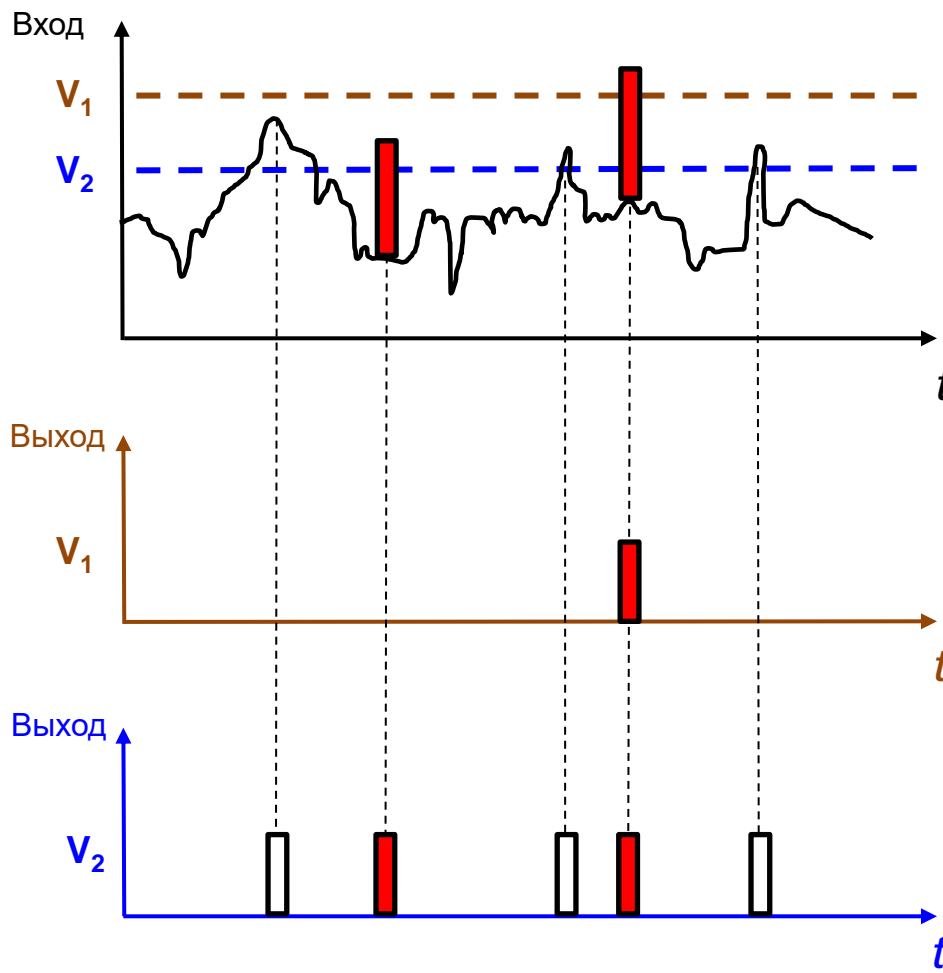
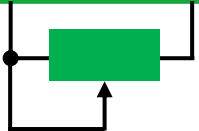
Р_{обнаружения} задают на объекте

80% СПС – вибрационного типа:

Ограждение + сенсор + БО



Чувствительность



Такое печальное на сегодня положение дел и является главной причиной интереса заказчика-профессионала к испытательному полигону СПС на его объекте. Для уважающего себя профессионала, вежливо говоря, некомфортно допускать создание на своем объекте вместо системы безопасности её дорогостоящую имитацию. Поэтому он не видит иного выхода, кроме как взять дело в свои руки, создать испытательный полигон и посмотреть, как это работает.

Что может увидеть, в чем может убедиться заказчик на полигоне?

Во-первых, своими глазами увидеть, работает ли на его объекте (на его ограждении) система, построенная на выбранном оборудовании.

Во-вторых, самостоятельно, на своих опыте и ощущениях составить оценку качества этой работы по шкале «хорошо/плохо».

Что это может дать? В принципе, любые проведенные на полигоне испытания несомненно будут полезны и дадут заказчику дополнительные аргументы и уверенность при выборе оборудования.

Таким образом, основные объективные предпосылки создания испытательного полигона таковы:



Предпосылки к созданию полигона СПС

1. Задаваемые в ТЗ значения $P_{обн.}$ (0.95; 0.98; 0.99) являются неподтверждаемой декларацией.
2. Заявляемые в документации производителей значения $P_{обн.}$ не обоснованы.
3. Статистические приемо-сдаточные испытания повсеместно не проводятся.
4. Реальные значения $P_{обн.}$ работающих СПС оказываются в разы (на порядок) хуже заявленных в документации и ТЗ.

Однако, без проведения статистических испытаний системы с целью достоверной количественной оценки её обнаруживающей способности ($P_{обн.}$) эти испытания будут лишь «показательным выступлением» и не заслуживают ни серьезного обсуждения, ни собственно создания испытательного полигона.

Теперь на основе проведенного рассмотрения проблемы можно сформулировать за заказчика его главный ответ, который он должен дать на заданный ему в начале вопрос «Чё те надо?»

Внятная формулировка задачи заказчика будет такой: испытательный полигон создается для того, чтобы на основании статистических испытаний СПС, построенной (а) на изучаемом оборудовании и (б) в условиях максимально приближенным к условиям последующей эксплуатации:

1. Получить достоверные оценки главных характеристик $P_{обн.}$, $T_{ложн.}$ для всех вариаций условий эксплуатации.

2. При положительном исходе испытаний необходимо оценить обоснованность переноса полученных результатов на вновь проектируемую систему. Иными словами оценить, насколько будет обосновано принимаемое заказчиком решение о том, что достигнутые на полигоне в ходе испытаний значения $P_{обн.}$, $T_{ложн.}$ будут повторены (будут не хуже) у вновь создаваемой системы. Необходимо оценить вероятность такого успеха.

3. Сравнить испытываемые системы (если их не одна)



Главные задачи испытательного полигона СПС

1. Получить достоверные оценки $P_{\text{обн.}}$, $T_{\text{ложн.}}$.
2. Оценить обоснованность возможности переносить на новую систему полученные на полигоне значения $P_{\text{обн.}}$, $T_{\text{ложн.}}$.
Оценить вероятность ошибки подобного переноса
3. Сравнить испытываемые системы

Для корректного решения этих задач необходимы научно-обоснованные методики испытаний. Компания «ПЕНТАКОН» разработала и предлагает такие Методики «КИПС».

Методики основаны на действующих ГОСТах и запатентованы. Они определяют порядок проведения статистических испытаний сложных систем по методу контрольных испытаний.

По сравнению с методикой доверительных интервалов объем и продолжительность необходимых экспериментов сокращается в разы и даже на порядок. При этом параллельно также вычисляются и точечные оценки параметров и их доверительные интервалы.



Проведение статистических приемо-сдаточных испытаний (ПСИ)



МЕТОДИКИ КИПС

На базе ГОСТ Р 27.403-2009 ГОСТ 27.402-95

Основные этапы

1. Обоснование выбора участка для ПСИ
2. Обоснование выбора способа преодоления
3. Составление плана контрольных испытаний
4. Проведение испытаний

Патент РФ RU 2 768 859 C1

Свидетельство № 2020618224

О регистрации программы для ЭВМ «Программный комплекс АКИМ-КИПС»

Ниже представлен пример применения Методик КИПС на реальном объекте.

На первом этапе испытаний была обоснована статистическая однородность результатов работы СПС «СТРАТУМ - Ограда» на всех трех используемых типах ограждений и для всех изучаемых четырех способов преодоления. Поэтому для дальнейших экспериментов были участки периметра и тип преодоления, помеченные рамками.



Пример: аэропорт Красноярск, 20-23 мая 2019 г.

СПС «СТРАТУМ-Ограда», 14.9 км

Ограждения:

1. Бетонное + колючая проволока
2. Профлист + АКЛ-600
3. ССЦП + АКЛ-600

Сенсорный
кабель

Тип преодоления:

1. Перекус
2. Перепиливание
3. Перелаз без подручных средств
4. Перелаз с помощью лестницы

Результат:

1. $P_{\text{обн.}} > 0.997$ с вероятностью 90%
2. 10% риск того, что $P_{\text{обн.}} < 0.95$
3. Число экспериментов — 47

Методики «КИПС» позволят заказчику решить на полигоне первую из двух сформулированных им задач: оценить $P_{\text{обн.}}$, $T_{\text{ложн.}}$. Правда сделать это следует с одной оговоркой. Ложные срабатывания СПС ($T_{\text{ложн.}}$) зависят и пропорциональны длине периметра. Поэтому распространение получаемой на полигоне оценки $T_{\text{ложн.}}$ на всю будущую систему, строго говоря, не совсем обосновано. Для более точного представления о $T_{\text{ложн.}}$ было бы более информативно иметь статистику эксплуатации подобных систем схожей длины периметра в схожих условиях. Т. е. для оценки $T_{\text{ложн.}}$ заказчику было бы правильнее иметь статистику, полученную не на полигоне, а на других схожих реальных объектах.

Что касается в целом возможности переноса на другую систему получаемых на полигоне или реальном объекте оценок $P_{\text{обн.}}$: чем больше будет статистика подобных оценок, полученных как на данном полигоне, так и в других подобных условиях, тем более высокую обоснованность выводов (более высокую вероятность их правильности) мы можем получить. Опираясь на методику дисперсионного анализа результатов, полученных в разных испытаниях, можно количественно оценить степень такой обоснованности. Воспользуемся методом дисперсионного анализа для оценки представленной статистики



Результаты испытаний вибрационных СПС

Система	Тип	В документации		Результаты испытаний	
		$P_{\text{обнаружения}}$	$P_{\text{необнаружения}}$	$P_{\text{обнаружения}}$	$P_{\text{необнаружения}}$
C1	трибо	-	-	0.24	76%
C2 (3 испытания)	трибо	0.95	5%	0.62	38%
C3	вибро датчики	> 0.99	< 1%	0.20	80%
C4	трибо	0.98	2%	0.53	47%
C5	трибо	0.98	2%	> 0.85 (2 канала)	< 15%
СТРАТУМ (13 испытаний)	проводная РЛ	> 0.99	< 1%	> 0.997	< 0.3 %

7 испытаний

13 испытаний

Относительно данной статистики могут быть сделаны следующие заключения:

1. Значимо, с вероятностью 90% различаются и выделяются две группы экспериментов: системы С1-С5 и система СТРАТУМ.

2. Вероятность того, что очередная аналогичная инсталляция системы СТРАТУМ покажет при схожих условиях такое же значение $P_{\text{обн.}} > 0.997$ составляет 90%.

Как видите, если располагаешь в достаточном количестве статистикой испытаний на других объектах, можно не создавать испытательный полигон. Более того, статистика испытаний интересующей системы на других объектах в сопоставимых условиях дает больше информации и обоснованности решений, чем результаты, получаемые на испытательном полигоне. Правда, при правильном проведении статистических испытаний.



Результаты дисперсионного анализа статистики испытаний вибрационных СПС

1. Проведение испытаний СПС на реальных объектах более информативно по сравнению с испытаниями на полигоне
2. С вероятностью 90% система «СТРАТУМ» превосходит другие испытываемые СПС.
3. С вероятностью 90% оборудование «СТРАТУМ» позволит создать новую СПС с $R_{обн.} \geq 0.997$.

Хочется надеяться, уважаемые заказчики, что теперь, если вы замыслите испытательный полигон, то вы знаете правильный ответ на вопрос исполнителя «Чё те надо?»

И обязательно привлеките к работе только такие компании, которые не на словах, а на деле смогут вам ответить: «Я те дам, я те дам, чё ты хошь!»

Компания «ПЕНТАКОН» сумеет дать правильный ответ.

Всем успехов.

.



Заключение

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



*Президент компании «ПЕНТАКОН»
к.т.н., доцент,
Крылов Виктор Михайлович*

Krylov@cctv.ru



WWW.CCTV.RU

OFFICE@CCTV.RU

+7 (812) 401-41-33

197198, г. Санкт-Петербург,
ул. Красного Курсанта, дом 25, литер «Д»