

*А. А. Литвяков<sup>1\*</sup>, И. Н. Карманов<sup>1</sup>*

## **Расчет углов наводки лазерной системы разведки**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\* e-mail: mr.go\_old@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена анализу методов защиты конфиденциальной информации от утечки через акустооптический канал, вызванной использованием лазерных систем разведки. В ходе исследования рассматриваются принципы определения углов наводки лазерных установок с целью обеспечения эффективной защиты от возможных утечек данных. Рассмотрены ситуации, когда целевое окно находится как выше, так и ниже по высоте относительно лазерной установки, и предложены методы моделирования данных сценариев для определения оптимальных углов наводки. Представленный анализ имеет важное значение для разработки мер по обеспечению информационной безопасности и защите от утечек через акустооптический канал при использовании лазерных систем разведки. В результате исследования были выявлены наиболее эффективные углы наводки лазерной системы разведки с целью обеспечения противодействия направленному лазерному излучению. Были рассчитаны максимальные и минимальные углы наводки на теоретическом примере двух противоположных зданий.

**Ключевые слова:** лазерные системы разведки, угрозы, уязвимости, конфиденциальная информация, информационная безопасность

*A. A. Litvyakov<sup>1\*</sup>, I. N. Karmanov<sup>1</sup>*

## **Calculation of the Aiming Angles of the Laser Reconnaissance System**

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: mr.go\_old@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of methods for protecting confidential information from leakage through an acousto-optic channel caused by the use of laser reconnaissance systems. The study examines the principles of determining laser point angles in order to provide effective protection against possible data leaks. Situations where the target window is located both higher and lower in height relative to the laser installation were considered, and methods for modeling these scenarios were proposed to determine optimal aiming angles. The presented analysis is important for the development of measures to ensure information security and protection against leaks through an acousto-optic channel when using laser reconnaissance systems. As a result of the study, the most effective aiming angles for a laser reconnaissance system were identified in order to counteract directed laser radiation. The maximum and minimum aiming angles calculated using a theoretical example of two opposite buildings.

**Keywords:** laser reconnaissance systems, threats, vulnerabilities, confidential information, information security

## *Введение*

С развитием технологий лазерные системы разведки становятся все более распространенным средством хищения конфиденциальной информации. Такие системы представляют шанс реализации потенциальных угроз и уязвимостей, связанных с нарушением конфиденциальности передачи данных, несанкционированным доступом и перехватом информации [1].

Лазерные системы разведки, хотя и предоставляют мощные инструменты для сбора информации, также представляют серьезную угрозу для конфиденциальности данных, особенно в контексте акустооптического канала. Этот канал становится важным объектом исследования в свете возрастающей сложности угроз кибербезопасности. Подобные системы могут перехватывать звуковую информацию, включая речевую, путем измерения вибраций на поверхностях, отражающих звуковые волны внутри помещений [2].

В данном контексте становится важным анализ оптимальных углов наводки лазерных установок, которые используются в таких системах разведки. Знание этих углов позволяет разработать эффективные методы защиты информации от утечек через акустооптический канал [2].

Целью данной работы является проведение анализа методов определения углов наводки лазерных систем разведки для разработки мер по обеспечению информационной безопасности и защите конфиденциальных данных от утечек через акустооптический канал. В ходе работы будет рассмотрено как теоретическое основание для определения оптимальных углов наводки, так и практическое моделирование различных сценариев с использованием тригонометрических соотношений.

Исследование этих вопросов представляет возможность оптимизировать обеспечение информационной безопасности и защитить конфиденциальные данные от современных угроз, связанных с использованием лазерных систем разведки.

## *Методы и модели*

Осуществить перехват речевой информации внутри помещений возможно с помощью лазерных средств акустической разведки, используя дистанционное лазерно-локационное зондирование объектов, обладающих свойствами, которые позволяют их использовать в качестве потенциальных источников закрытой речевой информации. Такими объектами могут быть, например, оконные стекла и другие виброотражающие поверхности [3,4].

Данный метод основывается на использовании лазерных лучей для измерения вибраций, возникающих на поверхности этих объектов в ответ на звуковые волны, создаваемые голосами людей внутри помещения. Измеренные вибрации преобразуются обратно в звуковые волны, что позволяет перехватывать и записывать речевую информацию [5].

Для определения наиболее оптимальных углов лазерной наводки были использованы геометрические вычисления, учитывающие расположение объекта

(предприятия) и соседнего здания. Допустим, что предприятие и соседнее здание находятся на плоскости  $XU$ . Пусть точка  $A$  представляет собой центр предприятия, а точка  $B$  – центр соседнего здания [1].

Оптимальный угол лазерной наводки – это угол, который обеспечивает максимальную эффективность считывания информации с целевого объекта. Такой угол должен обеспечивать максимально возможную точность и скорость обнаружения.

Оптимальный угол лазерной наводки будет зависеть от расстояния между точками  $A$  и  $B$ , а также от расположения лазерного модуля и его направления. Допустим, что лазерный модуль находится в точке  $A$ , чтобы определить углы наводки, при которых лазерное излучение будет направлено на соседнее здание с наибольшей эффективностью. На рис. 1 изображены примерные места нахождения лазера, целевого окна и детектора [1].

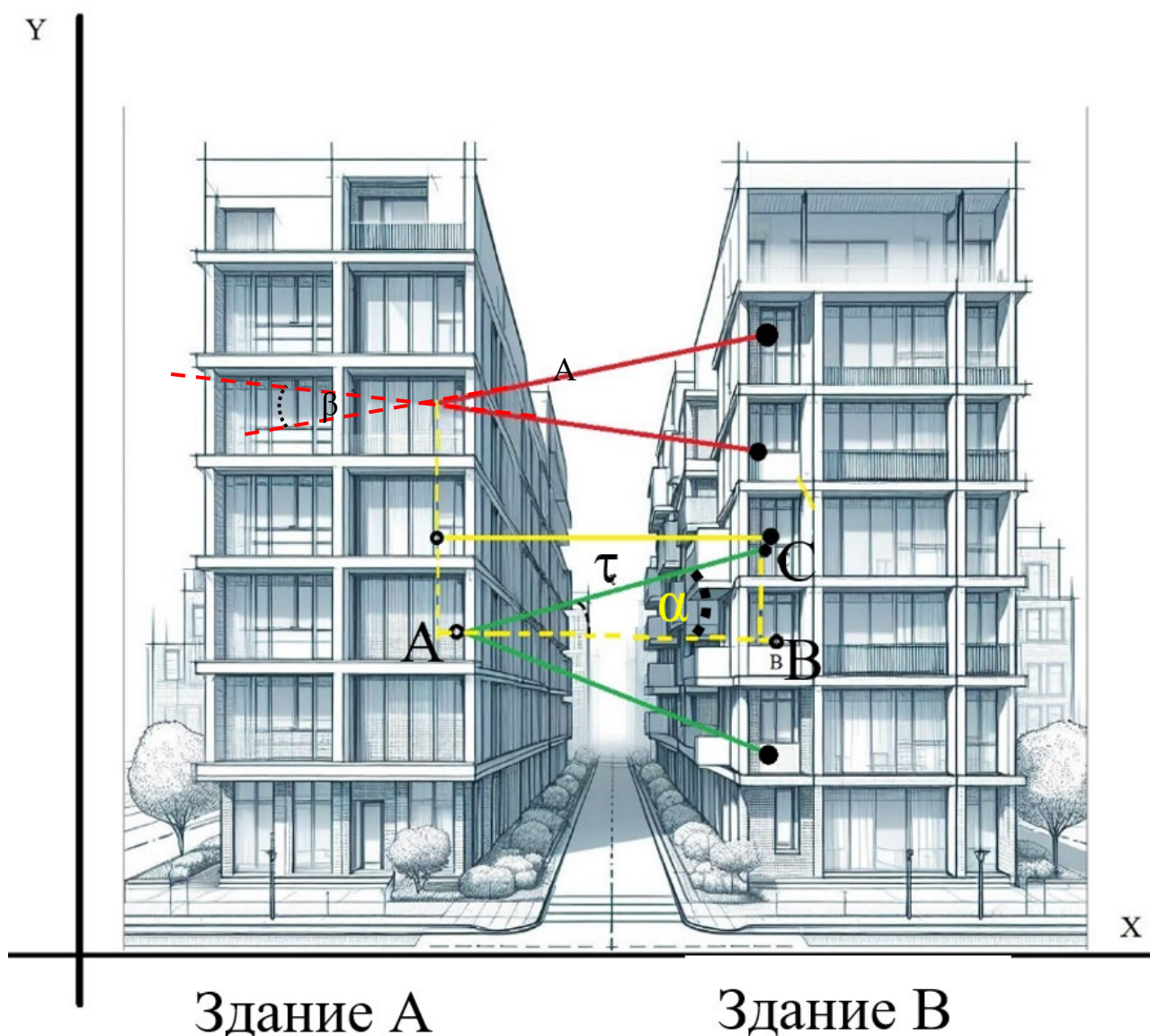


Рис. 1. Возможное расположение лазерной системы разведки

Рассчитаем угол наводки по вертикали. Пусть  $\alpha$  – угол между направлением на соседнее здание и направлением лазера по горизонтали. Тогда оптимальное значение  $\alpha$  можно рассчитать, используя теорему косинусов для треугольника  $ABC$ , где  $AB$  – расстояние между точками  $A$  и  $B$ ,  $\tau$  – гипотенуза прямоугольного треугольника:

$$\cos \alpha = \frac{AB}{\tau}. \quad (1)$$

Рассчитаем угол наводки по вертикали (вертикальный угол).

Пусть  $\beta$  – вертикальный угол между направлением на соседнее здание и направлением лазера по вертикали. Оптимальное значение  $\beta$  зависит от высоты расположения лазерного модуля и высоты соседнего здания. Допустим,  $H_1$  – высота расположения лазерного модуля, а  $H_2$  – высота соседнего здания. Тогда оптимальное значение  $\beta$  можно рассчитать, используя тригонометрическое соотношение:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{H_2 - H_1}{AB}. \quad (2)$$

Эти формулы позволят определить оптимальные углы наводки лазерного модуля для эффективного обнаружения лазерной системы разведки (ЛАСР) и защиты информации от утечки по оптическому каналу.

Для определения угла наводки лазерного модуля на соседнее здание можно использовать тригонометрические соотношения, учитывая горизонтальное расстояние  $AB$  между точками  $A$  (центр предприятия) и  $B$  (центр соседнего здания), а также вертикальную разницу высот  $(H_2 - H_1)$  между лазерным модулем и вершиной соседнего здания. Предполагается, что точки  $A$  и  $B$  находятся на одной горизонтальной плоскости.

Исходя из этого, угол наводки по вертикали  $\beta$  выражается, как арктангенс отношения вертикальной разницы высот к горизонтальному расстоянию между точками:

$$\beta = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_2 - H_1}{AB} \right). \quad (3)$$

Теперь проведем небольшое исследование, предполагая, что высота нашего предприятия ( $H_1$ ) составляет 10 м, высота соседнего здания ( $H_2$ ) равна 15 м, а расстояние между центрами зданий ( $AB$ ) равно 50 м.

Для проведения исследования представим значения  $H_1$ ,  $H_2$  и  $AB$  в табл. 1 и вычислим соответствующий угол наводки  $\beta$  с помощью формулы (3) получим  $6^\circ$ .

Предположим, что у нас есть две ситуации: когда целевое окно находится выше или ниже по высоте относительно лазерной установки. Рассмотрим их подробнее, используя те же принципы тригонометрии.

Рассмотрим ситуацию, когда целевое окно находится выше по высоте. Пусть  $H_3$  – высота целевого окна. Тогда угол наводки  $\beta_1$  определяется следующим образом:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{H_3 - H_1}{AB}, \quad (4)$$

где  $H_1$  – высота лазерной установки;  $AB$  – горизонтальное расстояние между лазерной установкой и целевым окном.

Рассмотрим ситуацию, когда целевое окно находится ниже по высоте. Пусть  $H_4$  – высота целевого окна ниже уровня лазерной установки. Тогда угол наводки  $\beta_2$  определяется так:

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{H_1 - H_4}{AB}. \quad (5)$$

Для определения максимально и минимально возможных углов наводки лазерной установки на целевое окно необходимо рассмотреть крайние случаи, когда расстояние между лазерной установкой и целевым окном минимально или максимально, а также когда вертикальная разница высот максимальна или минимальна.

Максимально возможный угол наводки в случае, когда целевое окно находится выше по высоте (максимальное значение  $H_3$ ):

$$\beta_{\max} = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_{3\max} - H_1}{AB_{\min}} \right). \quad (6)$$

Когда целевое окно находится ниже по высоте (минимальное значение  $H_4$ ):

$$\beta_{\max} = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_1 - H_{4\min}}{AB_{\min}} \right). \quad (7)$$

Минимально возможный угол наводки в случае, когда целевое окно находится выше по высоте (минимальное значение  $H_3$ ):

$$\beta_{\min} = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_{3\min} - H_1}{AB_{\max}} \right). \quad (8)$$

Когда целевое окно находится ниже по высоте (максимальное значение  $H_4$ ):

$$\beta_{\min} = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_1 - H_{4\max}}{AB_{\max}} \right). \quad (9)$$

При проведении расчетов для каждого из этих случаев, учитываются минимальные и максимальные значения высот и расстояний, а также следующие значения:

- минимальная высота целевого окна  $H_{3\min}=10$  м;
- максимальная высота целевого окна  $H_{3\max}=20$  м;
- минимальная высота лазерной установки  $H_{1\min}=5$  м;
- максимальная высота лазерной установки  $H_{1\max}=15$  м;
- минимальное расстояние  $AB_{\min}=40$  м;
- максимальное расстояние  $AB_{\max}=60$  м.

Вычисления максимально и минимально возможных углов наводки  $\beta_{\max}$  и  $\beta_{\min}$  для обеих ситуаций (когда целевое окно находится выше или ниже по высоте относительно лазерной установки) приведены в соотношениях (10) – (13).

Максимально возможный угол наводки, когда целевое окно находится выше по высоте (максимальное значение  $H_3$ ):

$$\beta_{\max} = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_{3\max} - H_{1\min}}{AB_{\min}} \right) = \operatorname{arctg} \left( \frac{20 - 5}{40} \right) \approx 21^\circ. \quad (10)$$

Когда целевое окно находится ниже по высоте (минимальное значение  $H_4$ ):

$$\beta_{\max} = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_{1\min} - H_{4\min}}{AB_{\min}} \right) = \operatorname{arctg} \left( \frac{5 - 10}{40} \right) \approx -7^\circ. \quad (11)$$

Максимально возможный угол наводки, когда целевое окно находится выше по высоте (минимальное значение  $H_3$ ):

$$\beta_{\min} = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_{3\min} - H_{1\max}}{AB_{\max}} \right) = \operatorname{arctg} \left( \frac{10 - 15}{60} \right) \approx -5^\circ. \quad (12)$$

Когда целевое окно находится ниже по высоте (максимальное значение  $H_4$ ):

$$\beta_{\min} = \operatorname{arctg} \left( \frac{H_{1\max} - H_{4\max}}{AB_{\max}} \right) = \operatorname{arctg} \left( \frac{15 - 5}{60} \right) \approx 10^\circ. \quad (13)$$

## Результаты

Результаты, представленные в табл. 1, демонстрируют оптимальные углы наводки лазерной системы разведки в различных сценариях исследования и в конкретном примере.

Таблица 1

Результаты вычислений углов наводки

Ситуация	$H_1$ , м	$H_3$ , м	$H_4$ , м	$AB$ , м	$\beta_1$ , градус
Целевое окно выше	10	15	-	50	6
Целевое окно ниже	10	-	5	50	6
Максимально возможный угол					
Целевое окно выше	5	20	-	40	21
Целевое окно ниже	5	-	10	40	-7
Минимально возможный угол					
Целевое окно выше	15	10	-	60	-5
Целевое окно ниже	15	-	5	60	10

В первой части таблицы рассматривается случай, когда целевое окно находится на разной высоте по отношению к лазерной системе. Угол наведения  $\beta_1$  составляет примерно  $6^\circ$ , когда целевое окно расположено выше, и  $6^\circ$ , когда целевое окно расположено ниже. На основе этих результатов можно определить оптимальный угол наведения для эффективного обнаружения ЛАСР, когда окно находится выше и ниже лазерной системы.

Далее описаны максимальный и минимальный углы наведения. Когда окно расположено вверху, максимальный угол наведения  $\beta_{\max}$  составляет примерно  $21^\circ$ , а минимальный угол наведения  $\beta_{\min}$  –  $5^\circ$ . Когда целевое окно находится внизу, максимально возможный угол наведения составляет около  $10^\circ$ , а минимально возможный угол наведения –  $7^\circ$ .

Полученные результаты играют важную роль в определении наиболее эффективного угла наведения лазерной разведывательной системы в конкретных условиях. Определение оптимального угла наведения позволяет повысить точность и надежность системы в данных примерах, минимизировать вероятность ошибки и повысить эффективность обнаружения шпионов. Это особенно важно для защиты информации от утечки по акустооптическому каналу, в котором точность и время отклика имеют решающее значение.

Эти расчеты помогают при разработке новых и модернизации существующих разведывательных систем, а также при планировании тактических операций в различных областях, таких как военное дело, безопасность и охрана объектов.

## Заключение

В данном исследовании определяется оптимальный угол наведения лазерной разведывательной системы для эффективного предотвращения утечки информации по акустооптическому каналу. Были использованы тригонометриче-

ские формулы для точного определения угла наведения в различных ситуациях с учетом горизонтальных и вертикальных параметров положения объекта. Полученные результаты позволили определить наиболее эффективный угол наведения, что обеспечивает оптимальную защиту от перехвата секретной информации при использовании лазерных разведывательных систем (ЛРС). Полученные результаты подтверждают важность выбора правильного угла наведения для повышения эффективности систем безопасности и снижения риска утечки конфиденциальной информации [6].

Дальнейшие исследования в этой области могут включать в себя совершенствование вычислительных методов и разработку более сложных математических моделей для повышения уровня защиты информации от современных угроз. Для снижения риска утечки информации по акустическим и оптическим каналам рекомендуются следующие меры [7]:

- ограничить доступ к зонам, где может быть применена лазерная система разведки;
- использовать специальные средства защиты, такие как экранирующие устройства или оптические фильтры;
- проводить регулярные проверки на наличие утечек конфиденциальной информации с помощью специального оборудования;
- обучать персонал правильной процедуре обращения с конфиденциальной информацией и предоставлять инструкции по использованию специальных устройств защиты;
- организовывать регулярное техническое обслуживание и проверку на наличие возможных уязвимостей и угроз в системах безопасности.

### ***Благодарности***

Авторы выражают благодарность Федеральной службе по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) за предоставленные данные о актуальных угрозах информационной безопасности, необходимые для проведения исследования и написания данной статьи.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Андрианов В.И. Шпионские штучки и устройства для защиты объектов и информации. Справочное пособие / В.И. Андрианов, В.А. Бородин, А.В. Соколов. – СПб.: Лань, 1998. – 272 с.
2. Каторин Ю.Ф., Куренков Е.В., Лысов А.В., Остапенко А.Н. Большая энциклопедия промышленного шпионажа. – СПб.: ООО «Издательство Полигон», 2000. – 856 с
3. Защита информации на предприятии: метода и средства реализации задачи [Электронный ресурс] / отдел «Меры защиты». – Электрон. дан. – М., 2019. – 432 с. Режим доступа: <https://bezopasnostin.ru> – Загл. с экрана.
4. Ярочкин В.И. Технические каналы утечки информации / В.И. Ярочкин. – М.: ИПКИР, 1994. – 102 с.
5. Лаврухин Ю.Н. Проблемы технической защиты конфиденциальной информации / Ю.Н. Лаврухин // Информация и безопасность: материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Вып.2. – Воронеж: ВГТУ, 2002. – С. 14–16.



6. Учаев Д.Ю. Анализ и управление рисками, связанными с информационным обеспечением человеко-машинных АСУ технологическими процессами в реальном времени / Д.Ю. Учаев, Ю.М. Брумштейн, И.М. Ажмухадедов, О.М. Князева, И.А. Дюдиков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – № 2. – С. 82–97.

7. Российская Федерация. Законы. Об утверждении требований о защите информации, содержащейся в информационных системах общего пользования. [Приказ ФСТЭК России N 489. : принят 31 августа 2010 года.]

*© А. А. Литвяков, И. Н. Карманов, 2024*