

Моделирование системы оперативной оценки радиолокационной видовой заметности объектов контроля

А.В. Леньшин¹, Е.В. Кравцов¹, И.А. Сидоренко¹

¹ Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а
E-mail: andrey-lenshin@yandex.ru

Представлено специальное программное обеспечение для оперативной оценки возможностей видовой радиолокационной разведки объектов комплексного технического контроля в различных условиях с целью повышения скорости оценки и принятия решения для обеспечения упреждающего закрытия технических каналов утечки информации.

Ключевые слова: радиолокационная разведка, оперативная оценка, радиолокационная заметность, программное обеспечение.

Modeling of a system for the operational assessment of radar visibility of control objects

A.V. Lenshin¹, E.V. Kravtsov¹, I.A. Sidorenko¹

¹ Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh)

Special software is presented for the operational assessment of the capabilities of specific radar reconnaissance of objects of complex technical control in various conditions in order to increase the speed of assessment and decision-making to ensure the proactive closure of technical channels of information leakage.

Keywords: radar reconnaissance, operational assessment, radar visibility, software.

Введение

Анализ возможностей технических разведок иностранных государств по добыванию сведений военного и военно-технического характера о состоянии, деятельности и развитии ВС РФ показывает, что ведущие страны мира продолжают модернизировать свои разведывательные службы, совершенствуют техническую разведку, наращивают ее возможности [1, 2]. Одним из наиболее информативных и оперативных видов технической разведки является радиолокационная видовая разведка (РЛР), аппаратура которой размещается на различных видах носителей [3].

Усилилось внимание к России, как к объекту разведки. При этом главным приоритетом иностранных разведок являются процессы становления России как самостоятельного государства в структуре мирового сообщества, ее внутренние и внешние политические ориентиры, военная политика и пути ее практической реализации, важнейшие образцы вооружения и военной техники, направленность научных исследований и технических экспериментов.

Противодействие техническим средствам разведкам (ПД ТСР), направленное на снижение их эффективности по добыванию информации о войсках, военных объектах и вооружении (ВВСТ), всегда связано с временными и материальными затратами. Практически всегда выделяемые для этих целей ресурсы ограничены, поэтому

чрезвычайно важно определить достаточный уровень ПД ТСР, позволяющий решить задачу с минимально возможными затратами и максимальным качеством [4].

Обоснование мероприятий ПД ТСР по критерию оптимальности на основе комплексного рассмотрения таких взаимосвязанных факторов, как важность сведений, наличие технических каналов утечки информации (ТКУИ), возможности противника по восстановлению сведений о ВВСТ и ресурсы на противодействие у обороняющейся стороны производится по результатам решения задач, возлагаемых на подразделения комплексного технического контроля (КТК) [5].

Указанное выше делает актуальной ПД указанному виду разведки. Однако, в условиях динамично изменяющейся обстановки данная задача является сложной, для ее решения необходимо выполнение большого количества итераций оценки разведдоступности объектов защиты (ОЗ) и принятия мер к их защите. Это связано в первую очередь с тем, что КТК с методологической точки зрения представляет совокупность понятий, методик и показателей, позволяющих в условиях ограниченных возможностей сторон проводить комплекс мероприятий, который приводил бы к наиболее значительному снижению наносимого противником ущерба [6].

Одним из возможных вариантов решения данной задачи, показавшим свою высокую практическую значимость, является применение математического аппарата оперативной оценки возможностей средств радиолокационной разведки [7, 8]. Кроме того, существует ряд факторов, способных повлиять на точность оценки, таких как время ведения разведки, наличие препятствий на трассе в виде природно-ландшафтных условий или метеообразований, решение которых рассмотрено в предыдущих работах [9, 10].

В связи с наличием множителей ослабления и быстроменяющейся обстановки, не всегда получается с требуемым качеством и временем провести оценки разведдоступности ОЗ. Целью работы является повышения качества и оперативности оценки возможностей средств радиолокационной видовой разведки (РЛР-В) за счет применения современных средств автоматизации. В данной работе рассмотрен алгоритмическая база оперативной методики оценки возможностей радиолокационной видовой разведки для ее программной реализации.

Постановка задачи

Предложенная методика заключается в определении соответствия эшелона возможных высот носителя синтезированной апертуры антенны H_p , диапазона возможных дальностей расположения объекта разведки D_p и соответствующих углов зондирования β . В работах [10, 11] рассмотрено ослабление радиолокационного сигнала при наличии деревьев и метеообразований на трассе.

Однако наблюдаемое в настоящее время существенное увеличение количества ВВСТ, имеющих охраняемые параметры (ОП), и средств РЛР, существенно затрудняют своевременное выявление технических каналов утечки информации (ТКУИ). Для достижения требуемого времени необходима автоматизация процесса оценки вероятности разведки ОЗ, в том числе с учетом перемещения ОЗ или технического средства разведки (ТСР).

Решение поставленной задачи по автоматизации сводится к решению ряда подзадач по оценки разведдоступности ОЗ:

- проектирование и накопление БД характеристик ТСР, ОЗ, условий ведения разведки;
- применение электронной карты местности в построение зон радиолокационной доступности ОЗ;

- автоматизация расчета ослабляющих коэффициентов на трассе;
- комплексирование полученных результатов относительно ОЗ для каждого средства разведки.

Результаты исследований

Проведя анализ имеющихся на вооружении ОЗ и ТСР у противника, составлена база данных, позволяющая автоматизировать проведение оперативной оценки возможностей средств разведки. Исходя из полученных на предыдущих этапах результатов разработки математического аппарата оперативной оценки, получим перечень исходных данных:

- Для средства разведки необходимо:
 - рабочий диапазон длин волн решетки с синтезированной апертурой антенной (РСА), [м];
 - высота различных типов носителей РСА H_p [км];
 - приблизительная дальность до района полетов по Земле $D_{PЗ}$, [км];
 - усредненные по принятым видам разведки следующих параметров: $P_{л.}$, [Вт]; $G_{л.}$; $P_{ПР.}$, [Вт]; λ , [м]; B , μ , [дБ]; V_H , [м/с]; $F_{П}$, Гц; φ , град; Δl , [м]. При этом значение разрешающей способности РСА следует принимать близкой к наилучшей.
- По ОЗ необходимо:
 - рассчитанные средние значения эффективной площади рассеяния (ЭПР) объекта $\sigma_{об}$, [м²];
 - рассчитанные средние значения геометрических размеров ОЗ (м×м) или площади $S_{об}$, [м²].
- По условиям ведения разведки:
 - расчетные значения множителя ослабления на трассе V ;
 - данные по типу и параметрам средства защиты и имитации;
 - при наличии лесного массива на трассе: расчетные значения зависимости угла визирования и расчетные значения зависимости множителя ослабления в кронах деревьев [7, 8].

Применение разработанной базы данных позволяет существенно повысить оперативность проведения расчетов, однако не позволяет автоматизировать учет подстилающей поверхности. Для этого в разрабатываемое специальное программное обеспечение необходимо интегрировать электронные карты местности, имеющий матрицу высот. Пример использования электронной карты местности КБ «Панорама» в специальном программном обеспечении и автоматизация построения возможности средств разведки иллюстрируется на рис. 1.

Процесс оценки строящихся зон описан в работе [11]. Однако «неровности» контура зон разведки показывают учет лесных массивов в районе разведки.

Для расчета множителя ослабления воспользуемся выражением для мощности рассеяния через интенсивность полей:

$$S(x, y) = S_{ПЛАД}(x, y) - \frac{\sigma_s}{2\pi h^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(\zeta, \eta) \frac{\exp[-\frac{\sigma_t}{h^2} \sqrt{(x-\zeta)^2 + (y-\eta)^2}]}{\sqrt{(x-\zeta)^2 + (y-\eta)^2}} d\zeta d\eta, \quad (1)$$

$$S(p) = \text{Re}(E_s H_s^*) = \frac{2|E|^2 \exp(-\sigma_t \rho / h^2)}{\pi \omega_0 k_0 \rho}, \quad (2)$$

где E – напряженность поля;

E_s, H_s – напряженность рассеянных от деревьев полей, расстояние до которых равно $p = \sqrt{x^2 + y^2}$,
 ω_0 – волновое сопротивление свободного пространства.

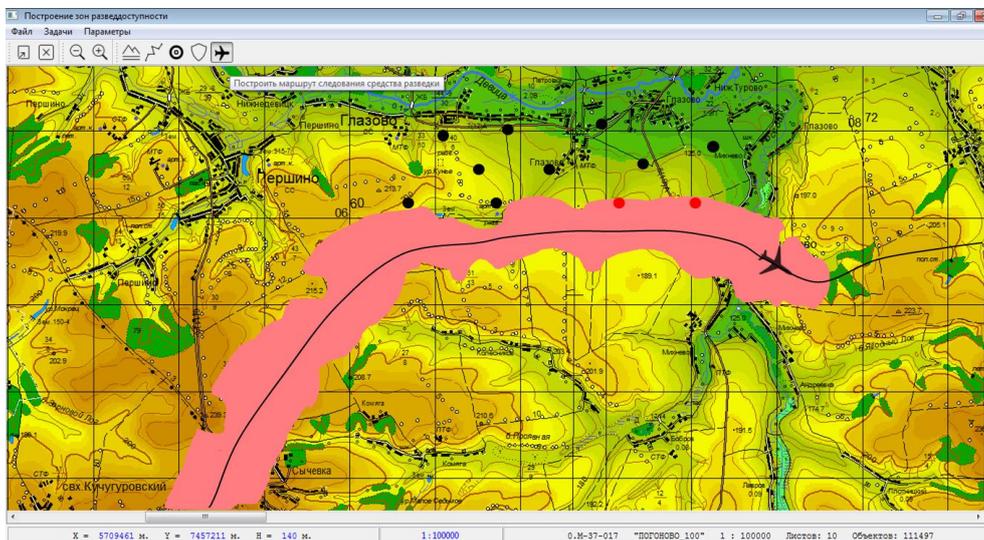


Рис. 1. Применение электронных карт для оценки возможностей средств РЛР

Процесс добавления нового средства разведки и его характеристик [12] представлен на рис. 2.

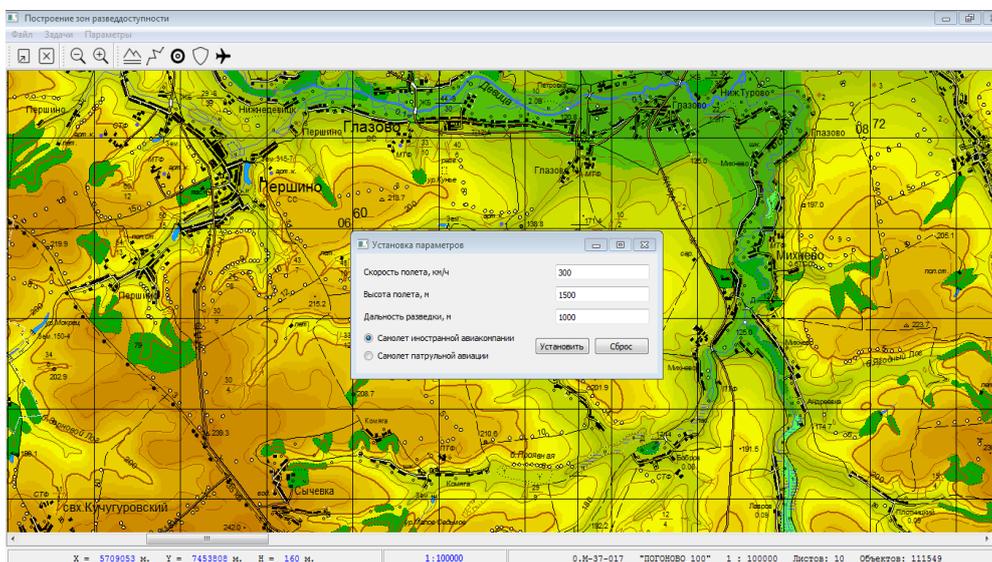


Рис. 2. Указание параметров средств воздушного базирования

Возможно дальнейшее уменьшение зоны разведки в условиях дождя. Для этого, с учетом перемножения комплексно-сопряженных матриц, получаем следующее выражение:

$$\dot{\mathbf{E}}_{\text{ПОД}} = \mathbf{S} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{A}^* \cdot \dot{\mathbf{E}}_{\text{ПРД}} = \mathbf{S} \begin{pmatrix} e^{-2a_{11}H} e^{j\psi_{11} - j\psi_{11}} & e^{-2a_{12}H} e^{j\psi_{12} j\psi_{12}} \\ e^{-2a_{21}H} e^{j\psi_{21} - j\psi_{21}} & e^{-2a_{22}H} e^{j\psi_{22} - j\psi_{22}} \end{pmatrix} \dot{\mathbf{E}}_{\text{ПРД}} \cdot \quad (3)$$

С учетом рассчитанных коэффициентов затухания при различных типах подстилающей поверхности и погодных условиях, можно оценить вероятность обнаружения ОЗ в различных условиях средствами РЛС-В. Пример комплексной оценки [12] приведен на рис. 3.

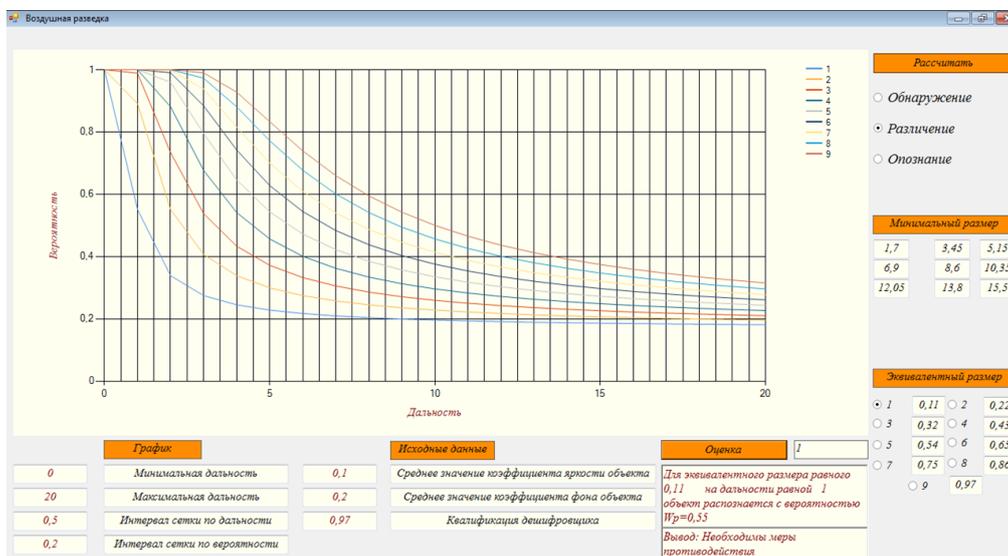


Рис. 3. Применение специального программного обеспечения оценки возможностей средств разведки

Полученные результаты расчетов оценивают вероятность разведки ТСР относительно одного объекта защиты (ОЗ). Для комплексной оценки разведдоступности ОЗ необходимо обобщить группу оценок относительно одного ОЗ. В процессе оценки зон разведдоступности возможно оперативное внесение изменений, таких как метеообразования в районе разведки (рис. 4).

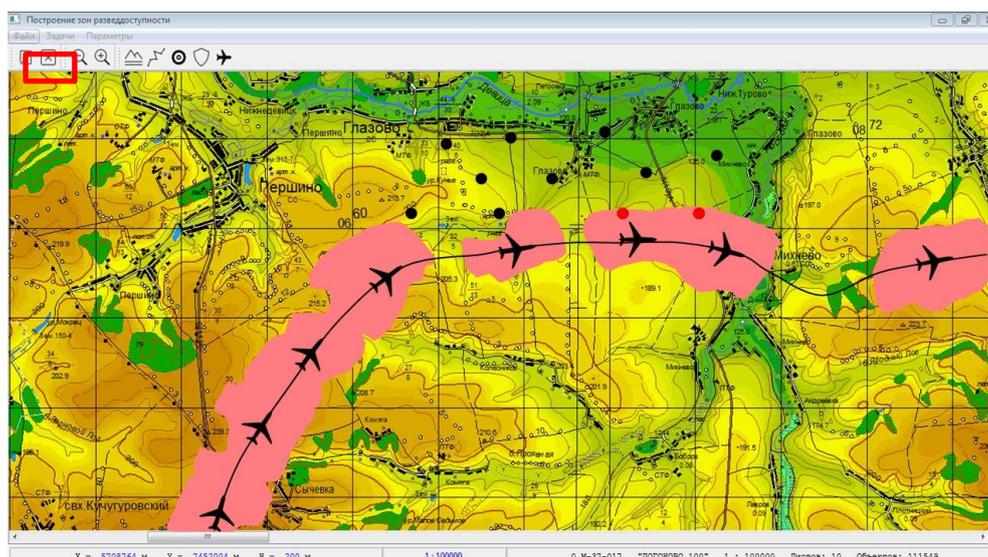


Рис. 4. Перерасчет зон разведки с учетом метеобстановки

Предлагаемый подход предполагает минимум исходных данных, реализуется простой алгоритм в автоматизированном варианте, с целью использования результатов измерительного контроля.

Выводы

Таким образом, предлагаемое программное обеспечение для оперативной оценки возможностей видовой радиолокационной разведки в различных условиях позволяет повысить скорость оценки и принятия решения для обеспечения упреждающего закрытия ТКУИ. Дальнейшие исследования будут посвящены интеграции полученных результатов автоматизации оценки зон РЛР-В разведки с аппаратурой радиолокационного контроля (РЛК), основанной на РСА, позволяющей вести РЛК в автоматическом режиме, без постоянной работы оператора.

Литература

1. Купряшкин И.Ф., Лихачев В.П. Космическая радиолокационная съемка земной поверхности в условиях помех: монография. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. – 460 с.
2. Бортовые радиоэлектронные системы. Основы построения: учебное пособие / А.В. Леньшин, Н.М. Тихомиров, С.А. Попов; под ред. А.В. Леньшина. – 2 изд., перераб. и доп. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2021. – 486 с.
3. Леньшин А.В. Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: учебник. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2023. – 636 с.
4. Леньшин А.В., Кравцов Е.В. Методика адаптивного распределения сил и средств комплексного технического контроля по объектам защиты в различных физических полях разнесенного приема // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2020. – № 4. – С. 15–22.
5. Леньшин А.В., Кравцов Е.В. Функциональный метод обобщенных параметров для оперативной оценки возможностей технических средств разведки // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2021. – № 3. – С. 23–32.
6. Кравцов Е.В. Методический подход к комплексной оперативной оценке возможностей выявления сведений об объектах защиты // Телекоммуникации. – 2020. – № 9. – С. 33–41.
7. Сидоренко И.А., Леньшин А.В., Кравцов Е.В. Математическое обеспечение системы оперативной оценки возможностей радиолокационной видовой разведки с учетом множителя ослабления // Всероссийские открытые Армандовские чтения: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн / Материалы Всероссийской открытой научной конференции. – Муром: ИПЦ МИ ВлГУ, 2022. – С. 422–428.
8. Сидоренко И.А., Леньшин А.В., Кравцов Е.В. Автоматизация системы оперативной оценки обнаружения объектов комплексного технического контроля средствами радиолокационной видовой разведки // Всероссийские открытые Армандовские чтения: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн / Материалы Всероссийской открытой научной конференции. – Муром: МИ ВлГУ, 2022. – С. 429–436.
9. Леньшин А.В., Кравцов Е.В., Сидоренко И.А. Математическое обеспечение системы оперативной оценки возможностей радиолокационной видовой разведки с учетом фактора метеообразований // Всероссийские открытые Армандовские чтения: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн / Материалы Всероссийской открытой научной конференции. – Муром: МИ ВлГУ, 2023. – С. 424–428.
10. Леньшин А.В., Кравцов Е.В., Сидоренко И.А. Особенности построения математического аппарата оценки возможностей радиолокационной видовой разведки // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2022. – № 4. – С. 15–24.

11. Леньшин А.В., Кравцов Е.В., Сидоренко И.А. Математический аппарат оперативной оценки возможностей радио- и радиотехнической разведки в лесном массиве// Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2023. – № 4. – С. 72–79.

12. Программный модуль системы оценки эффективности противодействия техническим средствам разведки по обнаружению объектов защиты в видимом диапазоне / Сидоренко И.А. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022613979 (РФ), дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 15.03.2022.