Проблемы образования и подготовки специалистов в области радиотехнических, телекоммуникационных и информационных систем

DOI 10.24412/2221-2574-2025-3-65-74 УДК 004.85

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ КУРСАНТОВ ВОЕННОГО ВУЗА

Леньшин Андрей Валентинович
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры авиационных радиоэлектронных комплексов, ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»[1].
E-mail: andrey-lenshin@yandex.ru

Лебедев Виктор Владимирович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры авиационных радиоэлектронных комплексов, филиал[2] ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» в г. Сызрань.

[1]*Адрес:* 394052, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54А.
[2]*Адрес:* 446007, Российская Федерация, Самарская область, г. Сызрань, ул. Маршала Жукова, д. 1.

Аннотация: Рассмотрены возможности и особенности применения виртуальных лабораторных работ при изучении дисциплины «Авиационные комплексы радиоэлектронной борьбы». Разработана виртуальная лабораторная работа по теме «Исследование зон эффективного действия активных помех при моделировании радиоэлектронного подавления радиолокационных систем, работающих в режиме обнаружения и автосопровождения целей», которая решает поставленные перед ней задачи и может быть использована в процессе подготовки курсантов и слушателей факультета авиационного радиоэлектронного оборудования в рамках изучения дисциплины «Авиационные комплексы радиоэлектронной борьбы» в Военно-воздушной академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж).

Ключевые слова: цифровые учебно-методические комплексы, виртуальная лабораторная работа, специальное программное обеспечение, радиоэлектронное подавление, авиационные комплексы радиоэлектронной борьбы.

Введение

Анализ локальных войн, вооружённых конфликтов и оперативно-тактических учений последних лет позволяет сделать вывод о том, что в современной войне, в которой значительная роль отведена передаче информации посредством распространения электромагнитных волн (ЭМВ), системы и комплексы радиоэлектронной борьбы (РЭБ) играют наиважнейшую роль в обеспечении высокой боевой эффективности средств вооружённой борьбы, а также важность совершенствования сил и средств РЭБ Воздушно-воздушных сил (ВВС) в интересах решения задачи завоевания и удержания господства в воздухе в операциях на театрах военных действий [1, 2]. Современные условия ведения боевых действий требуют от офицеров глубоких знаний в построении и функционировании сил и средств РЭБ, что позволит в полной мере реализовать широкие возможности новейших средств и комплексов РЭБ воздушного базирования [3, 4]. Организуя

подготовку офицерских кадров в военных вузах, следует руководствоваться не только современными требованиями к их военно-профессиональной подготовке, но и необходимо смотреть в будущее, так как слушатели и курсанты будут развивать военную науку и активно участвовать в укреплении наших Вооружённых Сил в последующие десятилетия.

Подготовка офицерского состава ВВС требует постоянного обновления, внедрения современных информационных технологий в образовательный процесс подготовки специалистов радиотехнического профиля, что продиктовано рядом проблем:

1. Постоянное развитие и совершенствование систем и комплексов вооружения.

2. Знания устаревают каждые 3…5 лет, а технологические знания – каждые 2…3 года.

3. Происходит ускорение старения знаний. По прогнозам специалистов, через несколько лет технологические знания будут обновляться каждые 1,5…2 года.

4. Объём информации, необходимой для обработки и изучения, удваивается каждые 3…4 года.

Трудности прогнозирующего обучения состоят в том, что поступающие в войска современное вооружение и военная техника обладают качественно новыми свойствами, а зачастую построены на новых физических принципах. Подготовка высококвалифицированных офицерских кадров в установленные сроки обучения требует дальнейшего совершенствования стиля и методов работы военных учебных заведений, повышения эффективности и качества образовательного процесса, применения современных информационных технологий [5, 6].

В настоящее время происходит фундаментальный сдвиг в подходе к обучению и воспитанию, основанный на широком внедрении информационно-коммуникационных технологий в образовательную среду. Такой подход кардинально меняет структуру, содержание и роли участников образовательного процесса и охватывает все его этапы, начиная от разработки учебных планов и заканчивая оцениванием знаний учащихся [7]. Если не применять современные информационные технологии, то качество подготовки военных специалистов будет объективно отставать от уровня, необходимого для успешного выполнения поставленных задач.

Цифровые образовательные технологии интегрируются с педагогическими технологиями, создавая единое пространство для обучения, к которым относятся цифровые учебно-методические комплексы, содержащие электронные учебные материалы и ресурсы, разработанные для улучшения качества образовательного процесса [8]. Тенденции информационного развития современного общества невозможно игнорировать, а оставаясь в стороне, невозможно достичь превентивности в подготовке военных специалистов к решению возникающих задач и, как следствие, в достижении превосходства над противником.

Особенностью дисциплины «Авиационные комплексы радиоэлектронной борьбы» («АКРЭБ») является ее структура, включающая в себя лекции, практические и групповые занятия, лабораторные работы и контрольную работу. Важнейшая роль в процессе изучения дисциплины «АКРЭБ» отводится лабораторным работам, в ходе которых курсанты (слушатели) изучают особенности радиоэлектронного подавления (РЭП) и оптико-электронного подавления.

Использование виртуальных лабораторных работ в образовательном процессе направлено на практическое применение теоретических знаний, развитие исследовательских навыков и критического мышления, повышение интереса и мотивации к дисциплине, индивидуализацию обучения, экономичность, доступность и удобство их выполнения [9]. Методика проведения занятия должна включать оценку и вопросы подготовки к реальной практике эксплуатации специальной техники (систем и комплексов РЭБ). Применение виртуальных лабораторных работ при изучении теории РЭП в процессе обучения курсантов военного вуза включает

вопросы разработки методик проведения занятий и создания цифровых сред, позволяющих курсантам выполнять практические задания и эксперименты, основанные на компьютерных моделях и симуляциях, воспроизводящих процессы и явления, изучаемые в рамках учебной дисциплины «АКРЭБ» без физического присутствия в лаборатории или работы с реальным оборудованием.

Целью данной работы является исследование возможности и особенностей применения специального программного обеспечения — виртуальных лабораторных работ — для изучения дисциплины «АКРЭБ» в процессе подготовки курсантов и слушателей факультета авиационного радиоэлектронного оборудования (АРЭО) Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

Виртуальная лабораторная работа по теме «Исследование зон эффективного действия активных помех при моделировании радиоэлектронного подавления радиолокационных систем, работающих в режиме обнаружения и автосопровождения целей»

В соответствии с учебной программой дисциплины «АКРЭБ» и требованиями Федерального государственного образовательного стандарта поколения 3++ по специальности 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования (уровень специалитета) [10] в интегрированной среде Visual Basic [11] разработано специальное программное обеспечение (СПО) «Автоматизированное построение зон эффективного действия помех», реализованное на основе визуального проектирования с применением минимума сложных концепций объектно-ориентированного программирования и не требует дополнительных библиотек для выполнения кода. Выполнена компиляция в нативный код (*.exe), что обеспечивает высокую производительность и защиту исходного кода под операционной системой типа Windows. На платформах Linux разработанное СПО может быть запущено под бесплатным эмулятором Windows API – Wine, под виртуальной машиной (VirtualBox или VMware) или с использованием Docker-контейнеров.

Среди основных показателей сформированности профессиональных компетенций курсантов и слушателей, обучающихся в ВУНЦ ВВС «ВВА» по специальности 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования, следует выделить:

1) знание основных типов авиационных комплексов и средств РЭБ, принципов построения и функционирования, боевых возможностей АКРЭБ;

2) знание видов помех, реализованных в аппаратуре РЭБ, способов их формирования и основных методов оценки эффективности их воздействия;

3) знание особенностей технической эксплуатации и боевого применения комплексов и средств РЭБ, основных характеристик сил и средств РЭБ ВВС, способов и тактических приёмов их применения;

4) умение использовать методики оценки эффективности АКРЭБ;

5) умение анализировать и обосновывать основные характеристики средств РЭБ, проводить основные виды работ с аппаратурой РЭБ;

6) умение планировать и проводить занятия с личным составом по изучению комплексов РЭБ и способов их боевого применения;

7) владение навыками, необходимыми при выполнении расчётов эффективности АКРЭБ, научно-исследовательских и проектно-конструкторских задач, связанных с расчётом и проектированием бортовых комплексов и средств РЭБ.

Опыт преподавания дисциплины «АКРЭБ» курсантам и слушателям факультета АРЭО ВУНЦ ВВС «ВВА» показал, что основной сложностью в процессе изучения теории РЭП является понимание сущности коэффициента подавления и процесса моделирования зон подавления с использованием уравнения РЭП для

случаев взаимного прикрытия и самоприкрытия [3, 12].

Коэффициент подавления (влияние отражений от земной поверхности ЭМВ и собственные шумы в полосе пропускания линейной части приёмника радиолокационной системы (РЛС) не учитываются) для случая взаимного прикрытия $K_{\text{П_ВП}}$ определяется как

$$K_{\text{П_ВП}} = \frac{P_{\text{ПВХ}}}{P_{\text{СВХ}}} = \frac{P_{\text{П}} G_{\text{П}}}{P_{\text{С}} G_{\text{С}}} \cdot \frac{R_{\text{С}}^4}{R_{\text{П}}^2} \cdot \frac{4\pi\gamma}{\sigma_{\text{Ц}}} \cdot \frac{\Delta f_{\text{ПРМ}}}{\Delta f_{\text{П}}} \times$$

$$\times \frac{F_{\text{П}}^2(\Theta_{\text{П}}^*, \varphi_{\text{П}}^*) F_{\text{С}}^2(\Theta_{\text{П}}, \varphi_{\text{П}})}{F_{\text{С}}^4(\Theta_{\text{С}}, \varphi_{\text{С}})} \cdot 10^{0{,}1\alpha(2R_{\text{С}} - R_{\text{П}})}, \qquad (1)$$

где $P_{\text{ПВХ}}$, $P_{\text{СВХ}}$ — мощности помехи и полезного сигнала на входе приёмника подавляемой РЛС; $P_{\text{П}}$, $P_{\text{С}}$ — излучаемая мощность передатчика постановщика помех (ПП) и РЛС; $G_{\text{П}}$, $G_{\text{С}}$ — максимальное значение коэффициента усиления (КУ) антенны ПП и РЛС; $R_{\text{С}}$ — расстояние между РЛС и прикрываемой целью (ПЦ); $R_{\text{П}}$ — расстояние между РЛС и ПЦ; $\gamma \le 1$ — коэффициент, учитывающий различие поляризаций сигнала РЛС и помехи; $\sigma_{\text{Ц}}$ — эффективная площадь рассеяния (ЭПР) ПЦ; $\Delta f_{\text{ПРМ}}$ — полоса пропускания приёмника РЛС; $\Delta f_{\text{П}}$ — ширина спектра помехи; $F_{\text{П}}^2(\Theta_{\text{П}}^*, \varphi_{\text{П}}^*)$ — нормированная функция диаграммы направленности антенны (ДНА) ПП по мощности; $F_{\text{С}}^2(\Theta_{\text{П}}, \varphi_{\text{П}})$ — нормированная функция ДНА РЛС по мощности в направлении на ПП; $F_{\text{С}}^2(\Theta_{\text{С}}, \varphi_{\text{С}})$ — нормированная функция ДНА РЛС по мощности в направлении на цель; α — коэффициент, учитывающий затухание в атмосфере [дБ/км] при прохождении сигнала только в одну сторону [13, 14].

Соотношение (1) называется уравнением РЭП для случая взаимного прикрытия (уравнением противорадиолокации) и определяет отношение мощности помехового сигнала к мощности полезного сигнала на входе приёмника подавляемой РЛС в зависимости от параметров РЛС, ПП, цели и их взаимного расположения. Коэффициент подавления (минимальное отношение мощностей помехи и сигнала на входе РЛС, при котором достигается заданный информационный ущерб) для случая самоприкрытия определяется выражением

$$K_{\text{П}} = \frac{P_{\text{ПВХ}}}{P_{\text{СВХ}}} = \frac{P_{\text{П}} G_{\text{П}} F_{\text{П}}^2(\Theta_{\text{П}}, \varphi_{\text{П}})}{P_{\text{С}} G_{\text{С}} F_{\text{С}}^2(\Theta_{\text{С}}, \varphi_{\text{С}})} \times$$

$$\times \frac{4\pi\gamma R_{\text{СЦ}}^2}{\sigma_{\text{Ц}}} \cdot \frac{\Delta f_{\text{ПРМ}}}{\Delta f_{\text{П}}} \cdot 10^{0{,}1\alpha R_{\text{СЦ}}}. \qquad (2)$$

где $R_{\text{СЦ}}$ — расстояние между РЛС и ПЦ (ПП совмещён с ПЦ) [13, 14]. Соотношение (2) называется уравнением РЭП для случая самоприкрытия.

Выражения (1), (2) справедливы, если приёмник РЛС не перегружается помехой. Реальные приёмники и индикаторные устройства имеют ограниченный динамический диапазон, обычно существует некоторое значение мощности помехи $P_{\text{П_max}}$, при которой наступает перегрузка подавляемого приёмника РЛС. Учитывая меры, принимаемые в РЛС для защиты от сильных помех, при расчёте зон подавления эффект перегрузки приёмника не учитывается [13].

Наличие помех приводит к образованию вокруг ПП области неопределённости, размеры которой определяют разрешающую способность и точность РЛС в условиях помех. В случае одной РЛС область неопределённости совпадает с зоной подавления. Размеры областей неопределённости приближённо можно определить с помощью уравнений (1) и (2). Зная размеры областей неопределённости и характер их изменения во времени, можно решать некоторые задачи радиоэлектронного противодействия: определять минимальные дальности подавления; находить безопасные участки маршрута в зоне ПВО; производить расчёт нарядов сил и средств РЭП, необходимых для подавления конкретной системы РЛС [13].

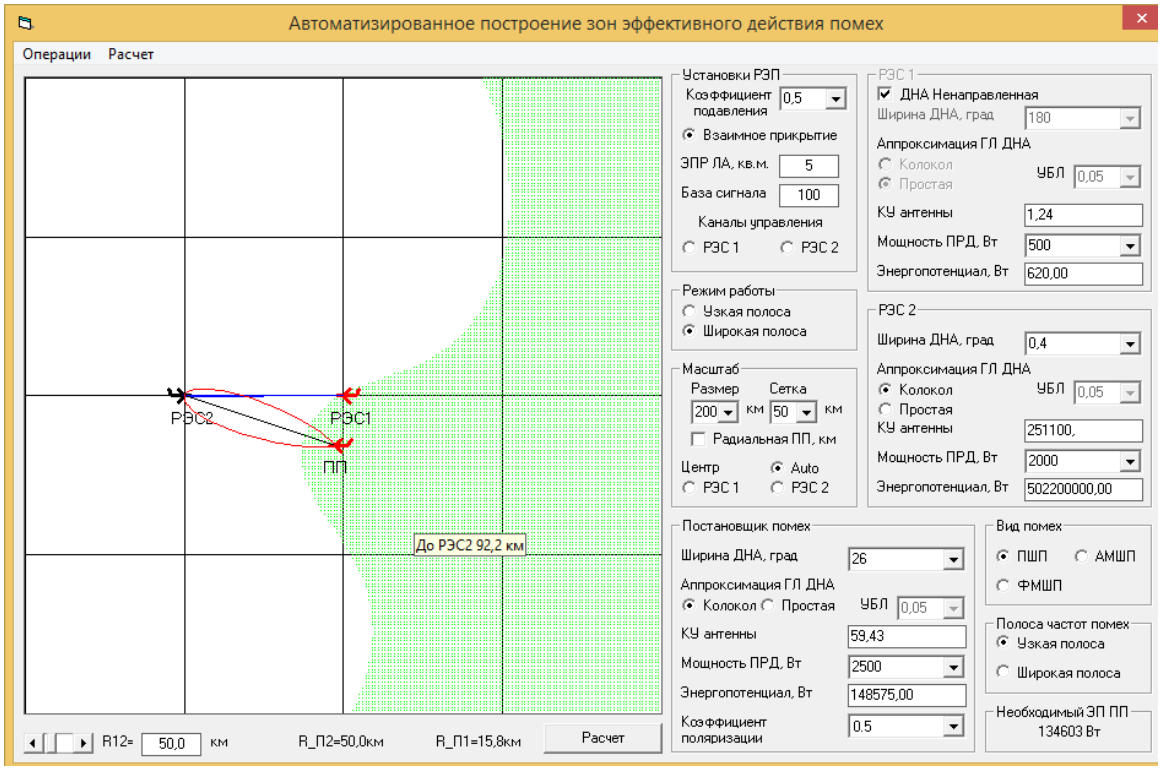

Рис. 1. Пример моделирования зоны подавления РЛС обнаружения целей

Отношение мощностей помехи и сигнала (без учёта собственных шумов приёмника) при РЭП линии передачи информации равно

$$K_{\text{П_КРУ}} = \frac{P_{\text{ПВХ}}}{P_{\text{СВХ}}} =$$

$$= \frac{P_{\text{П}} G_{\text{П}} F_{\text{П}}^2(\Theta_3,\varphi_3) G_{\text{ПР_П}} F_{\text{ПР_С}}^2(\Theta_4,\varphi_4)}{P_{\text{С}} G_{\text{С}} F_{\text{П_С}}^2(\Theta_1,\varphi_1) G_{\text{ПР_С}} F_{\text{ПР_С}}^2(\Theta_2,\varphi_2)} \times$$

$$\times \frac{R_{\text{С}}^2}{R_{\text{П}}^2} \cdot \frac{\Delta f_{\text{ПРМ}}}{\Delta f_{\text{П}}} \gamma , \qquad (3)$$

где $P_{\text{П}}$, $P_{\text{С}}$ — мощности передатчика ПП и линии передачи информации (ЛПИ); $G_{\text{П}}$, $G_{\text{С}}$ — максимальное значение КУ антенны ПП и ЛПИ; $F_{\text{П}}^2(\Theta_3,\varphi_3)$, $F_{\text{П_С}}^2(\Theta_1,\varphi_1)$ — нормированные ДНА ПП и передатчика ЛПИ соответственно; $G_{\text{ПР_П}}$, $G_{\text{ПР_С}}$ — максимальное значение КУ приёмной антенны в направлении на ПП и на передатчик ЛПИ; $F_{\text{ПР_С}}^2(\Theta_4,\varphi_4)$, $F_{\text{ПР_С}}^2(\Theta_2,\varphi_2)$ — нормированные ДНА подавляемого приёмника в направлении на ПП и передатчик ЛПИ; $R_{\text{С}}$ — расстояние между передатчиком и приёмником ЛПИ; $R_{\text{П}}$ — расстояние между ПП и подавляемым приёмником ЛПИ [13].

Выражение (3) называется уравнением РЭП командных радиолиний (КРУ), линий радиосвязи и навигации. Для учёта затухания ЭМВ на трассах распространения в правую часть выражения (3) нужно ввести множитель $\chi = 10^{0,1\alpha(R_{\text{С}}-R_{\text{П}})}$. При наведении истребителей значения углов Θ_1 и Θ_2 могут изменяться от 0 до 360^{O}, поэтому в передатчике и приёмнике, как правило, используют слабонаправленные антенны с совпадающими поляризациями.

Определенные трудности вызывает визуальное представление рассчитываемой зоны подавления радиоэлектронных средств (РЭС) с учётом различных факторов, влияющих на её форму и размер, таких как: характеристики подавляемого РЭС и ПП; виды применяемых активных помех; условия распространения ЭМВ; взаимное расположение ПП и подавляе-

мого РЭС; критерии эффективности РЭП [14]. Разработанная программа «Автоматизированное построение зон эффективного действия помех» для выполнения лабораторной работы позволяет проводить исследование зон эффективного действия активных помех при моделировании РЭП РЭС. Исследование зон эффективного действия активных помех при моделировании РЭП различных РЭС требует комплексного подхода, учёта множества факторов и тщательной проработки всех этапов от теоретической подготовки до экспериментального моделирования.

На подготовительном этапе выполнения лабораторной работы курсант (слушатель) накануне в часы самостоятельной подготовки изучает теоретические основы РЭП, методики моделирования физических процессов РЭП, доступные в специальной литературе [3, 12–14], а также методики проведения исследований, готовит необходимые материалы для заполнения результатов исследований и оформления отчёта по лабораторной работе. Особое внимание уделяется индивидуализации заданий на лабораторную работу, обусловленной широкими возможностями изменения условий и параметров моделирования процесса РЭП.

Перед выполнением лабораторной работы проводится фронтальный опрос для допуска курсанта (слушателя) к ею проведению, который проходит в форме теста на знание основных теоретических положений РЭП, после чего курсанты (слушатели) приступают непосредственно к выполнению виртуальной лабораторной работы. Пример моделирования зоны подавления РЛС обнаружения целей с помощью разработанной программы «Автоматизированное построение зон эффективного действия помех» приведён на рисунке 1. Программа позволяет проводить исследование зон эффективного действия активных помех РЛС и каналов управления, создаваемых одним постановщиком помех.

Во фрейме «Установки РЭП» основного окна программы выбираются режимы моделирования: «Взаимное прикрытие» для моделирования РЭП РЛС обнаружения целей противника и «Каналы управления» для моделирования РЭП каналов управления (радиосвязи, навигации, управления воздушным движением (УВД)) противника. При активации того или иного режима доступными или недоступными становятся другие параметры моделирования.

В программе в соответствии с индивидуальным заданием имеется возможность задавать (изменять) следующее:

– значение коэффициента подавления (с помощью оперативно-тактического критерия);

– величину ЭПР цели;

– базу сигнала, принимаемого подавляемым приёмником;

– параметры антенной системы РЛС (ДНА и величина КУ антенны, уровень боковых лепестков (УБЛ));

– мощность передатчика РЛС, режим работы РЛС;

– параметры антенной системы ПП (ширина ДНА, аппроксимация главного лепестка (ГЛ) ДНА, УБЛ, величина КУ антенны);

– мощность передатчика ПП, полосы частот помех;

– виды активных помех (прямошумовая помеха (ПШП), амплитудно-модулированная шумовая помеха (АМШП), фазомодулированная шумовая помеха (ФМШП).

Программа позволяет применять масштабирование, центровку, накладывать прямоугольную и радиальную сетку координат, учитывать различие поляризаций сигнала РЛС и помехового сигнала, а также определять значение энергопотенциала ПП, необходимого для РЭП при определенном взаимном расположении РЛС и ПП.

Выполнение виртуальной лабораторной работы

Лабораторная работа состоит из двух основных этапов: 1) исследование зон эффективного действия помех РЛС, создаваемых одним постановщиком помех; 2) исследование зон эффективного действия помех каналам управле-

ния, создаваемых одним постановщиком помех.

Для исследования зон эффективного действия помех РЛС, создаваемых одним постановщиком помех, курсанту (слушателю) необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1) установить значение параметра «Коэффициент подавления» в соответствии с вариантом задания и выбрать режим «Взаимное прикрытие»;

2) ввести значения параметров «ЭПР ЛА» и «База сигнала» в соответствии с вариантом задания. В этом случае роль РЛС противника будет выполнять РЭС 2, которое обнаруживает прикрываемую цель (РЭС 1), вкладка РЭС 1 при этом недоступна;

3) выбрать «Режим работы» — узкая полоса (УП) или широкая полоса (ШП) — в соответствии с вариантом задания;

4) установить «Масштаб»: размер — 400 (200) км, сетка — 50 км, центр — РЭС 2 (РЭС 1);

5) установить параметры РЛС (РЭС 2) «Ширина ДНА», «Мощность ПРД» в соответствии с вариантом задания, «Аппроксимация ГЛ ДНА» — простая, «УБЛ» — 0,1;

6) установить параметры ПП: «Ширина ДНА», «Мощность ПРД», «Коэффициент поляризации», «Аппроксимация ГЛ ДНА», «УБЛ» в соответствии с вариантом задания;

7) выбрать «Вид помех» — ПШП, АМШП, ФМШП; установить «Полоса частот помех» (ПЧП) — узкая полоса (УП) или широкая полоса (ШП) в соответствии с вариантом задания.

8) установить в левом нижнем углу расстояние R12 между РЭС 1 и РЭС 2 — 150 (100) км; при выставленных параметрах моделирования («Установка РЭП», «РЭС 2» и «Постановщик помех») инициировать расчёт нажатием соответствующей кнопки «Расчёт».

При нажатии в произвольном месте на белом фоне кнопкой мыши, программа смоделирует процесс РЭП, а также зону эффективного действия помех (зелёная сетка). Не меняя параметры, разместить ПП в таком положении, при котором подавляемое средство окажется в зоне эффективного действия помех (изображение подавляемого РЭС должно стать черным), увеличить в левом нижнем углу расстояние R12 между РЭС 1 и РЭС 2 в 2 раза и проделать аналогичные процедуры, сделать вывод о выполненной работе.

Перемещая по экрану расположение ПП до подавляемого средства РЭС 2 (дальности приводятся внизу экрана) заполнить таблицы нескольких измеренных значений и построить графические зависимости потребного (необходимого) энергетического потенциала ПП в зависимости от взаимного расположения ПП, РЭС 1 и РЭС 2 для различных видов помех (ПШП, АМШП, ФМШП) и от ширины диаграммы направленности ДНА ПП и РЭС.

В ходе выполнения виртуальной лабораторной работы курсанту (слушателю) предлагается проанализировать и объяснить полученные в результаты (зависимости) моделирования процесса РЭП РЛС обнаружения целей.

Аналогично проводится исследование зон эффективного действия помех каналам управления, создаваемых одним постановщиком помех. Пример окна программы для моделирования зоны эффективного действия помех каналам управления приведён на рис. 2.

После выполнения курсанту (слушателю) также предлагается проанализировать и объяснить полученные в ходе выполнения виртуальной лабораторной работы результаты (графические зависимости) моделирования процесса РЭП каналов управления (КРУ, навигации, радиосвязи, УВД). После завершения работы курсанты (слушатели) оформляют отчёт, включающий полученные результаты, таблицы данных, графические зависимости и выводы. Затем каждый курсант (слушатель) защищает выполненную виртуальную лабораторную работу либо на текущем занятии (если успевает подготовить отчёт в соответствии с требованиями методических указаний), либо на следующем занятии по дисциплине «АКРЭБ». Для подготовки к защите курсантам (слушателям)

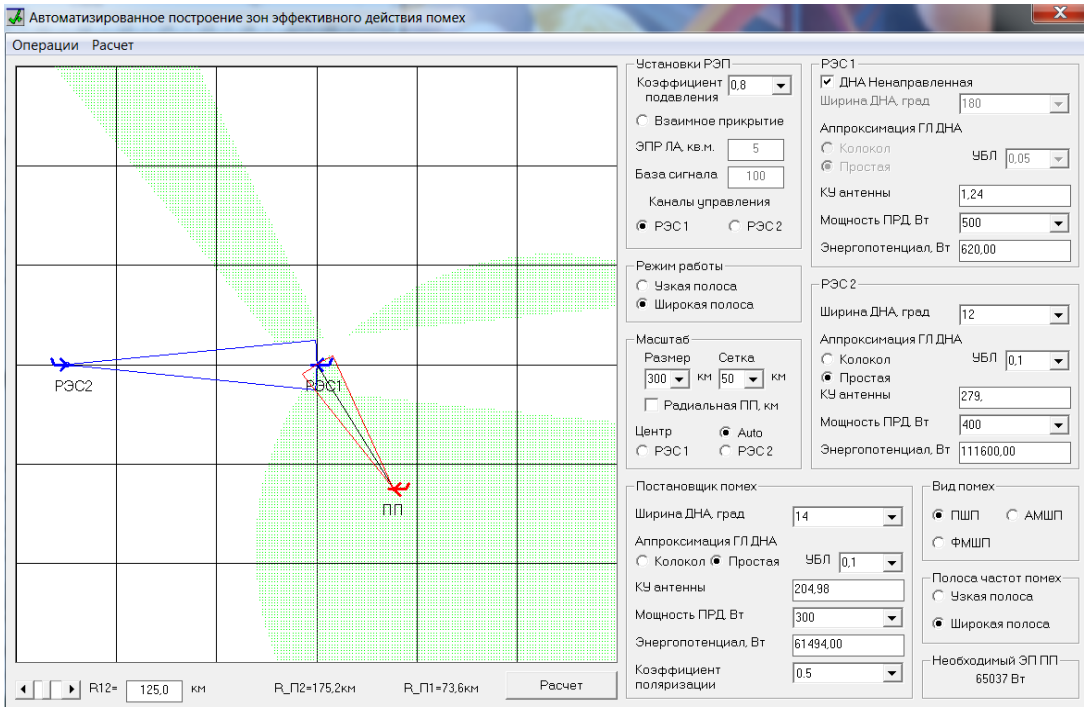

Рис. 2. Моделирование зоны эффективного действия помех каналам управления

выдаются контрольные вопросы, охватывающие ключевые аспекты выполненной лабораторной работы, также указанные в методических рекомендациях.

Заключение

Разработанная виртуальная лабораторная работа «Исследование зон эффективного действия активных помех при моделировании РЭП РЛС, работающих в режиме обнаружения и автосопровождения целей» позволяет решать методические вопросы обучения курсантов и слушателей военного вуза для реализации требований образовательных стандартов на новом уровне, поскольку, с одной стороны, наглядно решаются методические вопросы изучения положений теории и практики РЭБ (в частности, освоение основных методов оценки эффективности и получение необходимых умений по расчёту энергетических показателей процесса РЭП), с другой стороны, обеспечивается получение практических навыков по оценке возможности и реализации способов постановки помех различным РЭС с учётом множества факторов, влияющих на успешность выполнения задачи. При выполнении работы у курсантов и слушателей ВУНЦ ВВС «ВВА» проявляется интерес к изучению бортовых систем и комплексов РЭБ, их техническим характеристикам, возможностям применения в реальных условиях и формируются навыки оценки эффективности РЭП РЭС противника, исходя из данных радиотехнической разведки, входящих в состав бортовых комплексов РЭБ. В виртуальных лабораторных работах происходит не только изучение методов оценки эффективности РЭП, запоминание параметров и характеристик РЭС и ПП, но и используется визуализация результатов расчётов, что способствует развитию способности мыслить творчески и инновационно, находить решения сложных технических проблем и предвидеть возможные последствия принятых решений.

Таким образом, виртуальные лабораторные работы представляют собой эффективный инструмент для интеграции теории и практики в образовательном процессе военных вузов, способствуя глубокому пониманию материала и развитию профессиональных компетенций. Внедрение виртуальных лабораторных работ в

учебный процесс военного вуза значительно улучшает качество образования, делая его более доступным, творческим, безопасным и эффективным. Виртуальные лабораторные работы помогают подготовить высококвалифицированных специалистов радиотехнического профиля, готовых к решению сложных задач в области эксплуатации бортового радиоэлектронного оборудования. Разработанное специальное программное обеспечение может быть использовано для подготовки студентов радиотехнического профиля.

Литература

1. *Жихарев С.Н., Синяткин Д.А., Широков Д.В.* Радиоэлектронная борьба неотъемлемый компонент завоевания и удержания господства в воздухе // Военная мысль. 2025. № 3. С. 34–40.
2. *De Martino A.* Introduction to Modern EW Systems. Second Edition. Boston: Artech House Publishers, 2018. 480 p.
3. *Леньшин А.В.* Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: учебник. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2023. 636 с.
4. *Adamy D.L.* EW 104: Electronic Warfare Against a New Generation of Threats. Boston: Artech House Publishers, 2015. 554 p.
5. *Зиброва Н.В., Леньшин А.В., Кравцов Е.В.* Особенности планирования полнофакторных педагогических экспериментов при подготовке офицерских кадров // Вестник Краснодарского университета МВД России. 2023. №1 (59). С. 137–141.
6. *Весельев Р.Г., Леньшин А.В., Кравцов Е.В.* Основы совершенствования учебно-методического комплекса учебных дисциплин при подготовке офицеров военно-воздушной академии // Вестник Краснодарского университета МВД России. 2024. №2 (64). С. 114–118.
7. Организация образовательного процесса на кафедре: методическое пособие / *А.В. Леньшин, С.А. Попов, Н.В. Зиброва, В.П. Сидорчук*; под ред. *Г.В. Зиброва*. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2013. 234 с.
8. *Зиброва Н.В., Леньшин А.В.* Подготовка военных специалистов по технической защите информации с применением современных образовательных технологий // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. Вып. 3. С. 439–442.
9. *Рыжкова М.Н., Титаренко Д.Ю.* Использование виртуальных лабораторных работ при освоении курса физики в процессе обучения студентов радиотехнического профиля // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2022. №3. С. 76–83.
10. ФГОС 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования (уровень специалитета). Приказ Минобрнауки России от 21.08.2020 г. №1082. URL: https://fgos.ru/fgos/fgos-25-05-03-tehnicheskaya-ekspluataciya-transportnogo-radiooborudovaniya-1082/ (дата обращения 11.03.2025).
11. *Сергеев В.* Visual Basic 6.0. Руководство для профессионалов. СПб.: «БХВ Петербург», 2004. 974 с.
12. *Леньшин А.В.* Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: Учебное пособие. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. 508 с.
13. *Леньшин А.В.* Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. 590 с.
14. *Леньшин А.В.* Принципы построения авиационных комплексов радиоэлектронной борьбы. Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2011. 480 с.

Поступила 2 апреля 2025 г.

English

THE USE OF VIRTUAL LABORATORY WORK IN THE STUDY OF THE THEORY OF ELECTRONIC SUPPRESSION IN THE PROCESS OF TRAINING MILITARY UNIVERSITY CADETS

Andrey Valentinovich Lenshin — Grand Dr. in Engineering, Professor, Department of Aviation Electronic Systems, Air force Military Scientific Center “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovskiy and Yu.A. Gagarin”[1].
E-mail: andrey-lenshin@yandex.ru

Viktor Vladimirovich Lebedev — PhD. in Engineering, Associate Professor, Department of Aviation Electronic Systems, Syzran Branch[2] of Air force Military Scientific Center “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovskiy and Yu.A. Gagarin”.

[1]*Address:* 394064, Russian Federation, Voronezh, Starykh Bolshevikov str., 54 a.
[2]*Address:* 2Address: 446007, Russian Federation, Samara Region, Syzran, Marshal Zhukov st., 1.

Abstract: Modern conditions of warfare require officers to have in-depth knowledge in the construction and operation of electronic warfare (EW) systems and facilities in order to realize the extensive capabilities of the latest air-based electronic warfare systems. When organizing officer training in military universities, one should be guided not only by modern requirements for their military professional training. It is necessary to look to the future, as students and cadets will develop military science and actively participate in strengthening the Armed Forces of the Russian Federation in the coming decades. The article discusses the possibilities and features of using virtual laboratory work in the study of the discipline «Aviation electronic warfare complexes». A virtual laboratory work has been developed on the topic «Research of zones of effective action of active interference in the simulation of electronic jamming of radar systems operating in target detection and auto-tracking mode», which can be used in the process of training cadets and students of the Faculty of Aviation Radioelectronic Equipment in the study of the theory of electronic suppression at the Military Air Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh). The developed virtual laboratory work allows solving methodological issues of training cadets and students of radio engineering profiles of a military university to implement the requirements of educational standards at a new level, since, on the one hand, methodological issues of studying the theory and practice of electronic warfare are clearly solved (in particular, mastering the basic methods of evaluating effectiveness and obtaining the necessary skills to calculate the energy parameters of the electronic warfare process). suppression), on the other hand, It provides practical skills in assessing the feasibility and implementation of methods for jamming various electronic devices, taking into account the many factors that affect the success of the task. The introduction of virtual laboratory work into the educational process of a military university significantly improves the quality of education, making it more accessible, creative, safe and effective. Virtual laboratory work helps to train highly qualified radio engineering specialists who are ready to solve complex tasks in the field of on-board electronic equipment operation. The developed special software can be used for the training of radio engineering students.

Keywords: digital educational and methodological complexes, virtual laboratory work, special software, electronic jamming, aviation electronic warfare complexes.

References

1. *Zhikharev S.N., Sinyatkin D.A., Shirokov D.V.* Electronic Warfare as an Integral Component of Gaining and Maintaining Air Superiority. Voennaya Mysl. 2025. No. 3. Pp. 34–40.
2. *De Martino A.* Introduction to Modern EW Systems. Second Edition. Boston: Artech House Publishers, 2018. 480 p.
3. *Lenshin A.V.* Airborne Electronic Warfare Systems: A Textbook. Voronezh: Nauchnaya Kniga, 2023. 636 p.
4. *Adamy D.L.* EW 104: Electronic Warfare Against a New Generation of Threats. Boston: Artech House Publishers, 2015. 554 p.
5. *Zibrova N.V., Lenshin A.V., Kravtsov E.V.* Features of Planning Full-Factor Pedagogical Experiments in the Training of Officer Personnel. Vestnik Krasnodarskogo Universiteta MVD Rossii. 2023. No. 1 (59). Pp. 137–141.
6. *Veselev R.G., Lenshin A.V., Kravtsov E.V.* Fundamentals of Improving the Teaching and Methodological Complex of Academic Disciplines in the Training of Officers at the Military Air Academy. Vestnik Krasnodarskogo Universiteta MVD Rossii. 2024. No. 2 (64). Pp. 114–118.
7. Organization of the Educational Process at the Department: A Methodological Guide. *A.V. Lenshin, S.A. Popov, N.V. Zibrova, V.P. Sidorchuk*; ed. by *G.V. Zibrov*. Voronezh: Nauchnaya Kniga, 2013. 234 p.
8. *Zibrova N.V., Lenshin A.V.* Training of Military Specialists in Technical Information Protection Using Modern Educational Technologies. Informatsiya i Bezopasnost. 2016. Vol. 19. Iss. 3. Pp. 439–442.
9. *Ryzhkova M.N., Titarenko D.Yu.* The Use of Virtual Laboratory Works in Mastering the Physics Course in the Training of Radio Engineering Students. Radioengineering and Telecommunication Systems. 2022. No. 3. Pp. 76–83.
10. *FGOS 25.05.03* Technical Operation of Transport Radio Equipment (Specialist Level). Order of the Ministry of Education and Science of Russia dated August 21, 2020 No. 1082. URL: https://fgos.ru/fgos/fgos-25-05-03-tehnicheskaya-ekspluataciya-transportnogo-radiooborudovaniya-1082/ (access date: 11.03.2025).
11. *Sergeev V.* Visual Basic 6.0. A Guide for Professionals. St. Petersburg: BHV-Peterburg, 2004. 974 p.
12. *Lenshin A.V.* Airborne Electronic Warfare Systems: A Study Guide. Voronezh: VUNTS VVS «VVA», 2016. 508 p.
13. *Lenshin A.V.* Airborne Systems and Complexes of Electronic Suppression. Voronezh: Nauchnaya Kniga, 2014. 590 p.
14. *Lenshin A.V.* Principles of Constructing Aviation Electronic Warfare Complexes. Voronezh: VSU, 2011. 480 p.