



УДК 681.142
ГРНТИ 78.25.13

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТОЛЕТНЫМ КОМПЛЕКСОМ ПРИ НАВЕДЕНИИ НА НАЗЕМНУЮ ЦЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХ

В.А. ВАСИЛЬЕВ

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

Д.А. ЧИСТИЛИН

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

М.А. СТАФЕЕВ

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

М.А. СУСЛИН

ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

Современные формы и способы ведения боевых действий требуют математического обоснования боевого управления авиацией. В статье на основании процессориентированной концепции рассматривается возможный подход к исследованию эффективности управления ударными вертолетными комплексами в условиях действия преднамеренных помех, разработаны модель управления и моделирующий алгоритм операции управления вертолетным комплексом (группой вертолетов) при наведении на наземные цели в неопределенных условиях помеховой обстановки.

Ключевые слова: пункт управления авиацией; эффективность управления; моделирование операций управления; оценка эффективности управления.

THE HELICOPTER COMPLEX MANAGEMENT MODEL AT DIRECTING ON THE GROUND TARGET IN THE JAMMING ACTION CONDITIONS.

V.A. VASIL'EV

MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)

D.A. CHISTILIN

MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)

M.A. STAFEEV

MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)

M.A. SUSLIN

MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)

Modern forms and methods of warfighting require mathematical justification for the air force battle management. The paper looks a possible approach for combat helicopter complexes management efficiency investigation at directing on the ground targets for development and make an informed decision on the complexes management in the uncertain environment jamming conditions.

Keywords: air force control center, management efficiency, control operations simulation, management efficiency assessment.

Анализ вооруженных конфликтов последних десятилетий показывает, что эффективность боевого применения ударных вертолетных комплексов (ВК) в значительной степени зависит от уровня автоматизации процессов управления войсками. Основой



управления является решение на выполнение поставленной боевой задачи, основным требованием к которому является соответствие цели управления. Особенностью процесса выработки и принятия решений на боевое управление авиацией является необходимость учета многочисленных факторов, характеризующих различные цели принятия решения. При этом может иметь место неопределенность в оценке обстановки, затрудняющая работу должностных лиц (ДЛ) боевых расчетов пунктов управления авиацией (ПУА) в процессе выработки решения.

Одним из элементов решения, принимаемого ДЛ, является выбор позиции на местности для управления ВК при наведении на наземные цели. При этом должны быть обеспечены визуальное обнаружение и идентификация цели, а также устойчивая радиосвязь между ПУА, а также между ПУА и ВК в условиях воздействия преднамеренных помех. Помеховую обстановку в зоне ответственности ПУА можно классифицировать как неопределенный фактор, приводящий к задаче принятия решения в условиях неопределенности. В тоже время, следует отметить, что в составе специального программного обеспечения программно-технических комплексов (ПТК) ПУА отсутствуют эффективные средства интеллектуальной поддержки принятия решения в указанных условиях, что обуславливает актуальность вопросов информационного обеспечения принятия решений на ПУА, как в процессе подготовки к боевым действиям, так и в процессе их проведения. Указанные вопросы являются системозадающими в процессе разработки специального математического и программного обеспечения (СМПО) средств автоматизации ПУА.

В настоящее время математическое обеспечение процессов принятия решений базируется, как правило, на методах теории исследования операций [1], позволяющих оптимизировать элементы решения по выбранным показателям и критериям эффективности проведения операции. Авторами на основе указанных подходов разработан научно-методический аппарат для исследования операции управления ВК в условиях неопределенного фактора – помеховой обстановки в целях повышения обоснованности принимаемого ДЛ решения.

Рассмотрим основные этапы исследования, для чего, вначале, сформулируем решаемую задачу следующим образом: получить количественные оценки показателя эффективности W управления ВК, соответствующие решениям по выбору позиции из всего множества допустимых решений U и определить, на основе критерия эффективности R , подмножество практически равноценных пригодных решений U^l , в пределах которого ДЛ может сделать окончательный выбор.

С позиции практического применения ожидаемых результатов, задача может быть поставлена иначе: определить область пространства, в рамках которой с учетом известных характеристик цели, рельефа местности и прогнозируемых условий помеховой обстановки обеспечивается требуемое качество управления ВК.

На рисунке 1 представлена проекция траектории наведения вертолетного комплекса (группы вертолетов) в горизонтальной плоскости в прямоугольной системе координат. Данная проекция соответствует способу наведения от опорного ориентира с боевым курсом на цель.

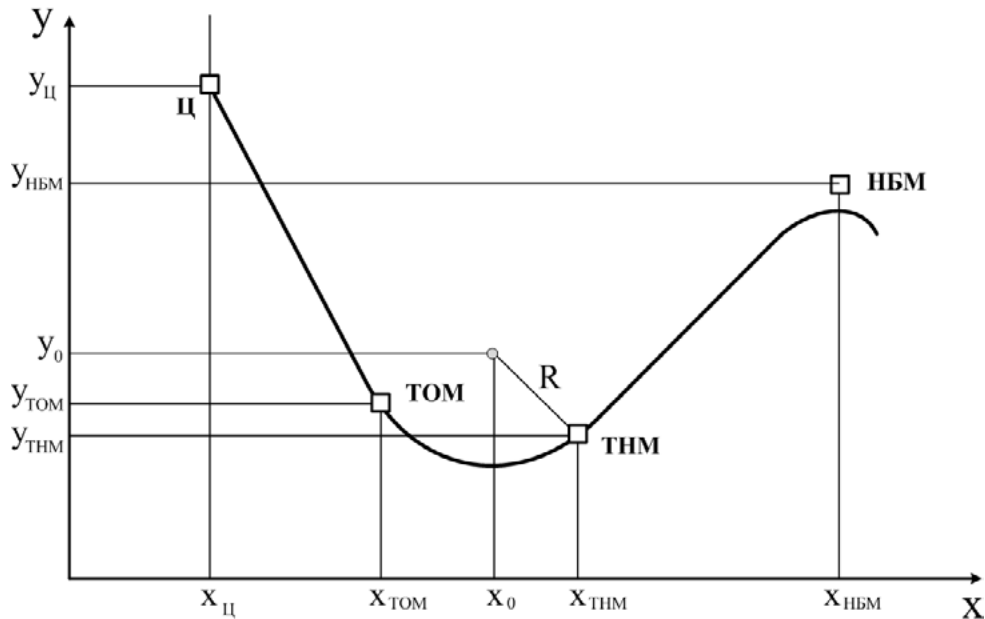


Рисунок 1 – Проекция траектории наведения вертолетного комплекса (группы вертолетов) в горизонтальной плоскости

На этом рисунке обозначены: цель (Ц) с координатами $(x_{Ц}, y_{Ц})$, точка начала боевого маневрирования (НБМ) с координатами $(x_{НБМ}, y_{НБМ})$, точка начала маневра (ТНМ) с координатами $(x_{ТНМ}, y_{ТНМ})$, который осуществляется с радиусом разворота R относительно центра разворота с координатами (x_0, y_0) , точка окончания маневра (ТОМ) с координатами $(x_{ТОМ}, y_{ТОМ})$.

Для решения поставленной задачи используем процессо-ориентированную концепцию модели наведения, для этого необходимо построить последовательность событий процесса наведения на оси модельного времени. Такая последовательность представлена на рисунке 2.

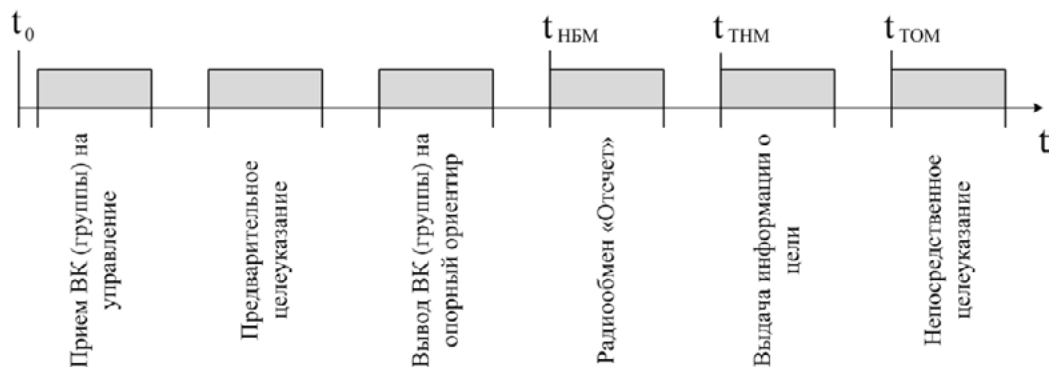


Рисунок 2 – Последовательность событий на оси модельного времени

Под событиями в используемой концепции понимаются [2]:

- момент передачи управления передовому авиационному наводчику (ПАН);
- моменты времени пролета вертолетом (группой вертолетов) рубежей: начала боевого маневрирования ($t_{НБМ}$), начала маневра ($t_{ТНМ}$) и окончания маневра ($t_{ТОМ}$);
- начало и завершение информационного обмена в процессе целеуказания и наведения между ПАН и ВК;
- начало и завершение воздействия преднамеренных помех на станции связи.



В качестве меры информационного ущерба (результата влияния преднамеренных помех) использовалось время задержки передачи информации (t_3) в каналах наземной и воздушной радиосвязи. Задержка t_3 является случайной величиной и в общем случае определяется:

- составом сил и средств РЭП, их тактико-техническими характеристиками и размещением на местности относительно станций связи ПУА и ВК;
- качеством системы управления и в первую очередь ее материальной основы - подсистемы связи;
- характером рельефа местности;
- высотой полета вертолета (группы вертолетов) и др.

Поэтому в качестве показателя эффективности W управления ВК при наведении на цель в условиях действия преднамеренных помех при априорной неопределенности продолжительности их воздействия используется совокупность вероятностей (P_i), получаемых путем построения дерева событий [3], которое отражает различные исходы выполнения этапов операции управления [4]. На рисунке 3 представлено дерево событий операции управления вертолетным комплексом (группой вертолетов).

В данной работе принято допущение, что при выполнении условия $t_3 > t_{НБМ}$ процесс целеуказания и наведения будет невозможен, поэтому исход операции с вероятностью P_5 можно идентифицировать как «срыв управления». Реализация промежуточного этапа (контроль и коррекция выполнения экипажем маневра вертолетом, детализация характеристик цели) в части информационного процесса определяется условием $t_3 < t_{ТНМ}$. Тогда при выполнении условия $t_3 < t_{ТНМ}$ исход операции управления в «полном объеме» с вероятностью P_1 будет определяться возможностью непосредственного целеуказания на заключительном этапе наведения при условии, что t_3 не превысит времени прицеливания ($t_{пр}$). При невыполнении условия $t_3 < t_{пр}$ исход операции с вероятностью P_2 можно идентифицировать как «затруднение управления».

Построенное дерево событий для различных соотношений величин t_3 и $t_{НБМ}$, $t_{ТНМ}$, $t_{ТОМ}$, позволяет оценить и промежуточные исходы управления, обозначенные как: «нарушение управления» с вероятностью P_3 , и состояние управления «на грани срыва» с вероятностью P_4 [4].

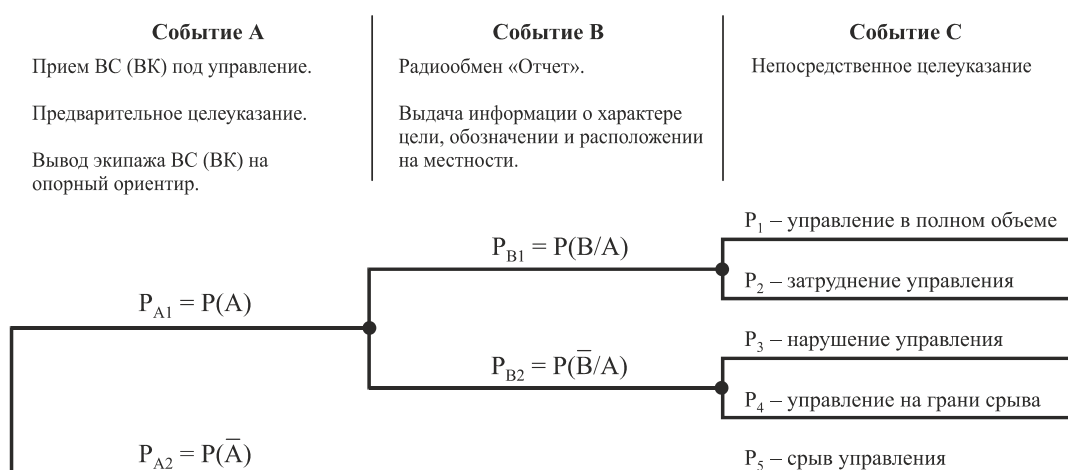


Рисунок 3 – Дерево событий операции управления вертолетным комплексом (группой вертолетов)

В этом случае согласно рисунку 3 вероятности P_1 , P_2 , P_3 и P_4 будут определяться как произведение соответствующих условных вероятностей, определяющих события А, В и С. Вероятность P_5 есть безусловная вероятность не появления события А.



Процесс получения оценок показателя эффективности управления вертолетным комплексом при наведении на наземные цели в условиях преднамеренных помех удобно представить в виде модели, которая изображена на рисунке 4.

Известно, что решение формально описывается набором параметров (переменных), определяющих ход и исход операции при реализации данного решения. Согласно данному положению и основываясь на допущении, что автоматизированная система управления радиосвязью на ПУА использует имеющийся ресурс оптимальным образом, в качестве управляемых параметров модели предложено использовать математическое ожидание дистанции подавления $m_{D_{П}}$ и ее среднеквадратическое отклонение $\sigma_{D_{П}}$. Данные параметры определяют вероятность эффективного подавления $P_{ЭП}$ линий радиосвязи, и позволяют количественно оценить влияние неопределенного фактора помех на эффективность управления вертолетом при наведении на наземные цели.

Для оценки эффективности подавления каналов радиосвязи учитывались тактико-технические характеристики средств радиосвязи ПУА и средств РЭП противника, их предполагаемый состав и размещение в районе боевых действий. При этом, вероятность $P_{ЭП}$ определяет величину времени задержки информации в каналах радиосвязи для различных вариантов радиоэлектронного противодействия и принимаемого решения о выборе позиции для наведения ВК на наземные цели. Значения управляемых параметров, соответствующие каждому варианту решения, определялись методом статистического моделирования.

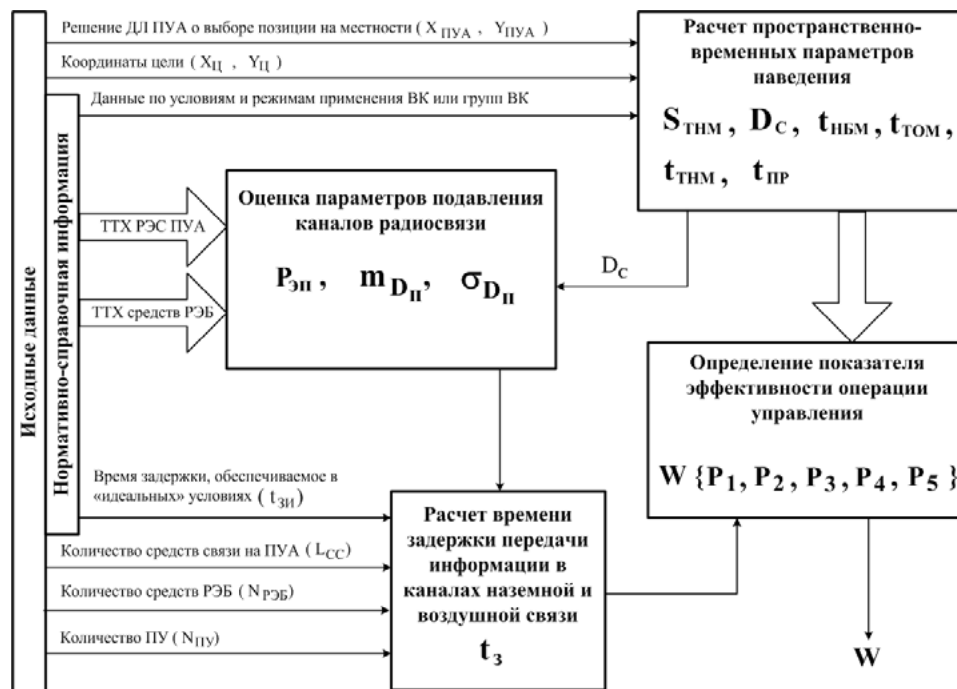


Рисунок 4 – Модель управления вертолетным комплексом при наведении на наземные цели в условиях преднамеренных помех

Продвижение модели из одного состояния в другое выполнялось в соответствии со следующими правилами:

- алгоритмом расчета пространственно-временных параметров траектории полета вертолета;
- едиными методическими подходами к управлению ВК при наведении на наземные цели;
- типовой стратегией радиоэлектронного противодействия.



Начало отсчета модельного времени t_0 определяется дальностью S_{cy} действия средств управления, дистанцией связи D_c и скоростью вертолета. Окончание моделирования определяется расчетным временем окончания маневра $t_{ТОМ}$.

На рисунке 5 представлен моделирующий алгоритм, являющийся составной частью модели исследования эффективности операции управления.

Блок №1. В этом блоке задаются исходные данные по объектам (цели, ориентира, ПУА, ВК), а также средствам связи и комплексам РЭБ.

Блок №2. В этом блоке осуществляется расчет временных параметров наведения, определяющих моменты возникновения особых состояний в модели, а также расстояния между взаимодействующими объектами и субъектами управления на момент возникновения состояний.

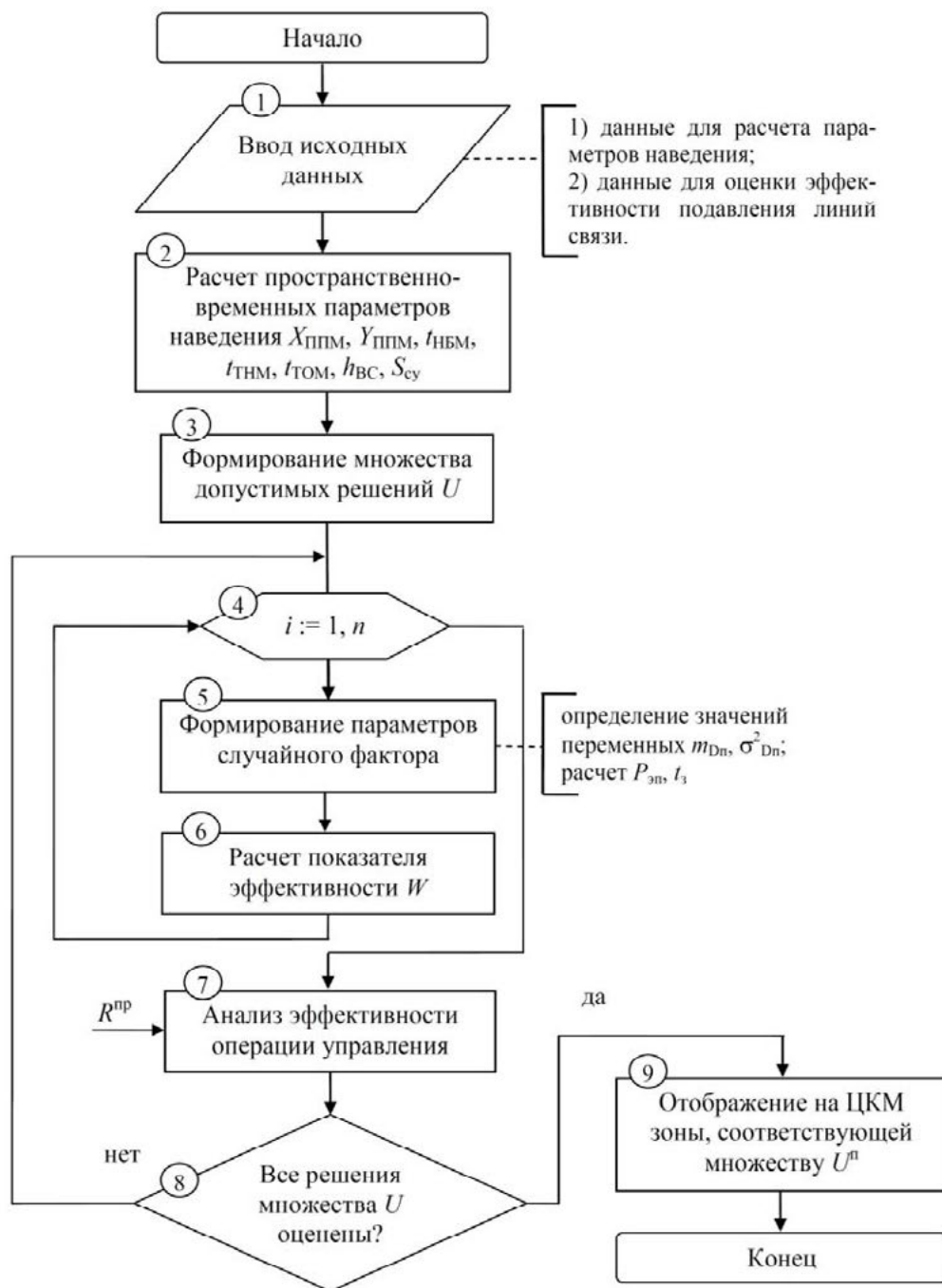


Рисунок 5 – Моделирующий алгоритм операции управления ВК (группой вертолетов)



Блок №3 предназначен для определения множества допустимых решений U по выбору позиции для наведения ВК от опорного ориентира с учетом характеристик цели и рельефа местности [2].

Блок №4 является началом внутреннего цикла алгоритма. Он осуществляет переход к расчету показателя эффективности операции управления для каждого допустимого решения.

Блок №5 предназначен для определения статистическими методами математического ожидания $m_{D_{п}}$ и среднеквадратического отклонения $\sigma_{D_{п}}^2$ дистанции помех $D_{п}$, используемых в качестве регулируемых параметров модели, определяющих существенные признаки случайного фактора помех и позволяющих оценить его влияние на эффективность операции управления на множестве допустимых решений U .

Блок №6 осуществляет расчет показателя эффективности операции управления авиацией для каждого решения из множества U . Предварительно определяются вероятность эффективного подавления линий радиосвязи $P_{зп}$ и время задержки t_3 информации в канале связи.

В блоке №7 осуществляется анализ эффективности операции управления на основе критерия пригодности R^n . В результате анализа выделяется множество практически равноценных пригодных решений U^n , формирующих область пространства, в рамках которого обеспечивается требуемое качество управления ВК с учетом характеристик цели, рельефа местности и заданных (прогнозируемых) условий помеховой обстановки.

Блок №9. Предназначен для отображения на фоне цифровой карты местности графических результатов моделирования [5], что позволяет ДЛ ПУА использовать эффект визуального выбора необходимого решения в складывающейся оперативно-тактической обстановке.

На рисунке 6 представлена зона УКВ радиосвязи для вероятности P_1 равной 0,95 как результат моделирования операции управления отдельным вертолетным комплексом при наведении на цель.

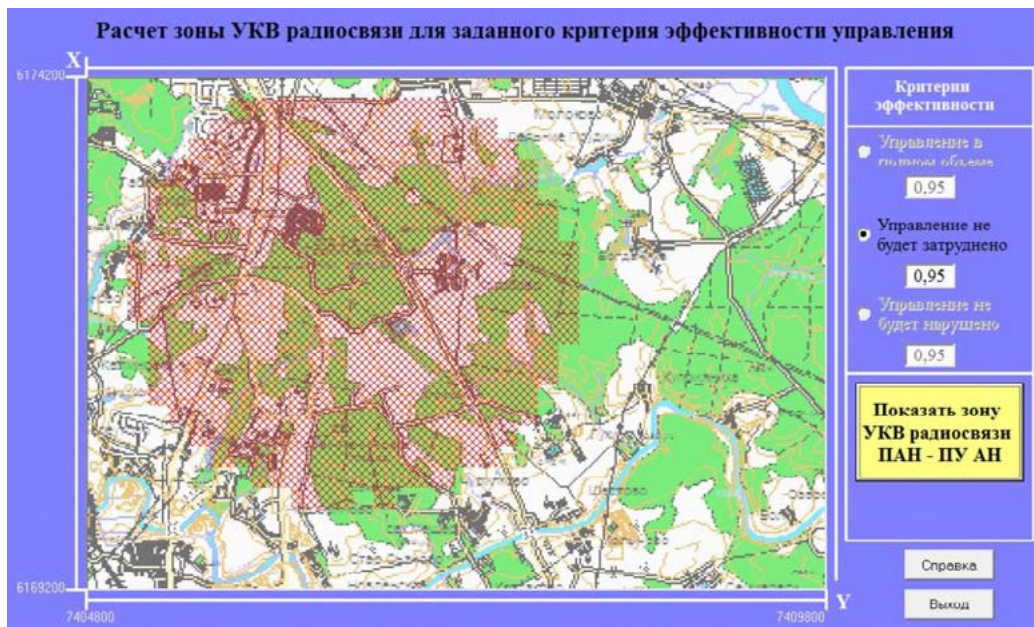


Рисунок 6 – Графические результаты моделирования операции управления



С целью уменьшения объема вычислительных операций множество допустимых решений U по выбору позиции определялось квадратной матрицей по 25 элементов в строках и столбцах (что соответствует участку местности с размерами 200×200 м) без учета рельефа местности и характеристик цели.

Таким образом, применение процессо-ориентированной концепции позволило разработать модель процесса получения оценок показателя эффективности управления вертолетным комплексом при наведении на наземные цели в условиях действия преднамеренных помех, а программная реализация алгоритма, реализующего данную модель, в СМПО комплексов средств автоматизации ПУА позволит ДЛ уменьшить время принятия решения и повысить его обоснованность по выбору позиции ПУА в условиях сложной помеховой обстановки в своей зоне ответственности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. 386 с.
2. Бут Д.В., Васильев В.А., Дорофеев В.В., Степанов А.В. Научно-методический подход к формализации критерия видимости объекта в условиях оптической маскировки//Вестник Тамбовского ун-та. Серия: Естественные и технические науки, 2013, т.18, С.2459 – 2466.
3. ГОСТ Р 541.42-2010. Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий.
4. Васильев В.А., Чистилин Д.А., Линник Е.А., Стафеев М.А. Модель оценки эффективности управления авиацией в интересах тактических воинских формирований в условиях воздействия преднамеренных помех // Теория и техника радиосвязи. Воронеж: Созвездие, 2016, Вып. 2. С.17-20.
5. Бут Д.В., Васильев В.А., Громач И.А., Стафеев М.А. Программа ввода, хранения, отображения и выдачи информации о зонах устойчивой наземной и воздушной радиосвязи. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016612174 от 19.02.2016г.

REFERENCES

1. Venttsel' E.S. Issledovanie operatsij. M.: Sovetskoe radio, 1972. 386 s.
2. But D.V., Vasil'ev V.A., Dorofeev V.V., Stepanov A.V. Nauchno-metodicheskij podkhod k formalizatsii kriteriya vidimosti ob"ekta v usloviyakh opti-cheskoj maskirovki//Vestnik Tambovskogo un-ta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki, 2013, t.18, S.2459 – 2466.
3. GOST R 541.42-2010. Menedzhment riskov. Rukovodstvo po primeneniyu organizatsionnykh mer bezopasnosti i otsenki riskov. Metodologiya postroeniya universal'nogo dereva sobytij.
4. Vasil'ev V.A., Chistilin D.A., Linnik E.A., Stafeev M.A. Model' otsenki ehffektivnosti upravleniya aviatsiej v interesakh takticheskikh voinskikh formirovanij v usloviyakh vozdeystviya prednamerennykh pomekh // Teoriya i tekhnika radiosvyazi. Voronezh: Sozvezdie, 2016, Vyp. 2. S.17-20.
5. But D.V., Vasil'ev V.A., Gromak I.A., Stafeev M.A. Programma vvoda, khraneniya, otobrazheniya i vydachi informatsii o zonakh ustojchivoj nazemnoj i vozdushnoj radiosvyazi. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EHVM №2016612174 ot 19.02.2016 g.

© Васильев В.А., Чистилин Д.А., Стафеев М.А., Суслин М.А., 2017



«Воздушно-космические силы. Теория и практика». Материал поступил в редколлегию 14.08.2017 г.

Васильев Валерий Александрович, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Чистилин Денис Анатольевич, кандидат технических наук, начальник отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Стафеев Михаил Александрович, кандидат технических наук, преподаватель кафедры управления воинскими частями связи радиотехнического обеспечения авиации, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Суслин Михаил Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры радиоэлектроники, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru