

УДК: 623.09

DOI: 10.53816/20753608_2024_1_31

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД
К ФОРМИРОВАНИЮ СМЕШАННЫХ ГРУППИРОВОК
БОЕВЫХ ВЕРТОЛЕТОВ И БПЛА
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ**

**SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACH TO THE FORMATION
OF MIXED GROUPS OF COMBAT HELICOPTERS AND UAVS TO SOLVE
THE TASKS OF ARMY AVIATION**

Чл.-корр. РАРАН А.Б. Бельский^{1,2}, А.А. Ефремов¹, А.Е. Парников¹, А.В. Сизов¹, В.Г. Якимов¹

¹ АО «НЦВ Миль и Камов», ² Московский авиационный институт

A.B. Belsky, A.A. Efremov, A.E. Parnenkov, A.V. Sizov, V.G. Yakimov

В статье изложены основные научно-методические основы и организационно-технические направления формирования смешанных группировок боевых, разведывательно-боевых вертолетных комплексов (ВК) и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различного назначения для повышения эффективности решения оперативно-тактических задач армейской авиации. Рассмотрены вопросы формирования структуры системы ВК-БПЛА, определения потребного состава смешанных группировок, проведения оценки эффективности решения задач и оптимизации совместного применения ВК и БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, вертолетный комплекс, смешанная группировка, армейская авиация, разведывательно-ударный контур (РУК), концепция объединения пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов.

The article outlines the main scientific and methodological foundations and organizational and technical directions for the formation of mixed groups of combat, reconnaissance and combat helicopter complexes (VC) and unmanned aerial vehicles (UAVs) for various purposes to improve the efficiency of solving operational and tactical tasks of army aviation. The issues of forming the structure of the VC-UAV system, determining the required composition of mixed groupings, evaluating the effectiveness of solving problems and optimizing the joint use of VC and UAVs are considered.

Keywords: unmanned aerial vehicle, helicopter complex, mixed grouping, army aviation, reconnaissance and strike contour (RUK), Manned-Unmanned Teaming (MUT).

В настоящее время в армейской авиации требуются серьезные системные организационно-технические преобразования с учетом опыта применения ВК в СВО. Включение в перспективные системы вооружения армейской авиации беспилотных летательных аппаратов (разведывательных, боевых, БПЛА-камикадзе и др.),

комплексов бортового оборудования и вооружения с искусственным интеллектом (ИИ), технологий модульной авионики и других перспективных авиационных технологий позволяет объединять пилотируемые ВК с БПЛА, формируя так называемое в западных источниках пилотируемо-беспилотное взаимодействие (MUM-T) [1].

На протяжении последних лет ВВС США, а также их европейские и азиатские союзники ведут разработки в области пилотируемо-беспилотных систем, направленные на решение ударных задач, противодействия авиации противника, радиоэлектронной борьбы и других целевых задач.

С учетом актуальности развития MUM-T объединений, в том числе в области вертолетной техники, компании-разработчики ВК и БПЛА, научно-исследовательские и испытательные центры, а также передовые боевые подразделения проводят системно-концептуальные исследования, научно-технические разработки и выполняют опытную эксплуатацию данных систем на различных этапах реализации.

В марте 2015 года ВВС США создали свою первую смешанную эскадрилью, объединив ударные вертолеты AH-64D с БПЛА RQ-7B «Шэдоу» в одно разведывательно-ударное подразделение. Дальнейшее развитие концепция MUM-T получила в ходе разработки вертолетов AH-64E «Апач Гардиан» в версии V6.5 [2] (рис. 1).

Военно-морские силы и Корпус морской пехоты США продемонстрировали возможность объединения пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов (ЛА) в ходе учений 10 марта 2022 года в Калифорнии для ведения боевых действий в прибрежной зоне. Ударные вертолеты UH-1Y «Venom» и AH-1Z «Viper» из первой эскадрильи оперативных испытаний и оценки морской пехоты (VMX-1) провели атаки наземных целей, а БПЛА вертолетного типа MQ-8C «Fire Scout» применялся для их обнаружения (рис. 2).



Рис. 1. Боевой вертолет AH-64E с системой MUM-T-X для взаимодействия с БПЛА MQ-1C (слева) и RQ-7B (справа)

В ходе других мероприятий были отработаны навыки планирования, связи и координации огня между пилотируемыми и беспилотными ЛА [3, 4].

Компания Korea Aerospace Industries (KAI) подписала соглашение с Корейским научно-исследовательским институтом планирования и развития оборонных технологий (KRIT), предусматривающее разработку концепции (MUM-T) для совместного использования БПЛА и боевых вертолетов (рис. 3).

Согласно заявлению компании KAI, концепция включает в себя разработку технологии взаимодействия вертолета с БПЛА воздушного базирования, известных как Air Launched Effects (ALE) и системы поддержки принятия решений. Также в концепцию входят: разработка системы обеспечения выполнения задач для боевых вертолетов и технологии информирования о ситуации на поле боя в режиме реального времени.

Китайская компания Цзяньгань (г. Чжухай), специализирующаяся на создании БПЛА вертолетного типа, за последние годы разработала несколько типов БПЛА способных к объединению в самоорганизующуюся сеть, а также участию в совместных операциях с боевыми вертолетами [5, 6].

В армейской авиации ВКС РФ на протяжении нескольких последних лет проводятся организационно-технические мероприятия по интеграции боевых ВК и различных БПЛА в рамках создания межвидовых («сетевых») автоматизированных разведывательно-ударных контуров/комплексов (РУК) [7]. Военно-технические мероприятия включают проведение согласованных (по месту,



Рис. 2. Боевой вертолет КМП AH-1Z «Viper» и БПЛА MQ-8C «Fire Scout» проводят совместную разведывательно-ударную операцию



Рис. 3. Концепт легкого боевого вертолёта (ЛАН) проекта MUM-T компании KAI в сопровождении БЛА воздушного базирования (ALE)

времени, силам и средствам) разведывательно-ударных действий групп боевых вертолетов и БПЛА в заданном районе, направленных на повышение эффективности разведки и огневого поражения наземных (морских) целей за счет сокращения времени от момента обнаружения до момента применения средств поражения посредством автоматизации процессов обнаружения объектов противника, их распознавания, передачи на боевые вертолеты и доведения до средств поражения (в том числе и высокоточных) на основе сетецентрических принципов управления войсками и оружием.

В контексте реализации такого подхода рассматриваются методические основы и организационно-технические проблемы формирования смешанных группировок ВК и БПЛА, предназначенных для решения заданного перечня

задач [8]. Эти методы позволяют исследовать авиационные системы нового типа (РУК), имеющие разную степень интеграции, и получать сравнительные оценки их эффективности. Они включают в себя следующие направления:

- создание подразделений БВ и БПЛА различного уровня интеграции, определение их задач, структур и статусов;
- разработка методик формирования группировок БПЛА различного назначения для совместного применения с ВК;
- разработка методик расчета потребной численности группировок ВК и БПЛА при проведении совместных операций;
- разработка методик оценки эффективности решения заданного перечня задач, возлагаемых на смешанную группировку, РУК;
- разработка методов планирования и управления при проведении операций с использованием группировок ВК и БПЛА.

В состав создаваемых автоматизированных разведывательно-ударных контуров (комплексов) должны быть включены как собственные средства добывания информации о противнике (БПЛА, подчиненные командиру части/подразделения армейской авиации, пилотируемые средства разведки), так и автоматизированные средства обработки информации и боевого управления на базе мобильных наземных пунктов управления (НПУ), а также наземные средства технического обеспечения (СТО) (рис. 4).

Организационное функционирование групп боевых ВК и БПЛА должно основываться на

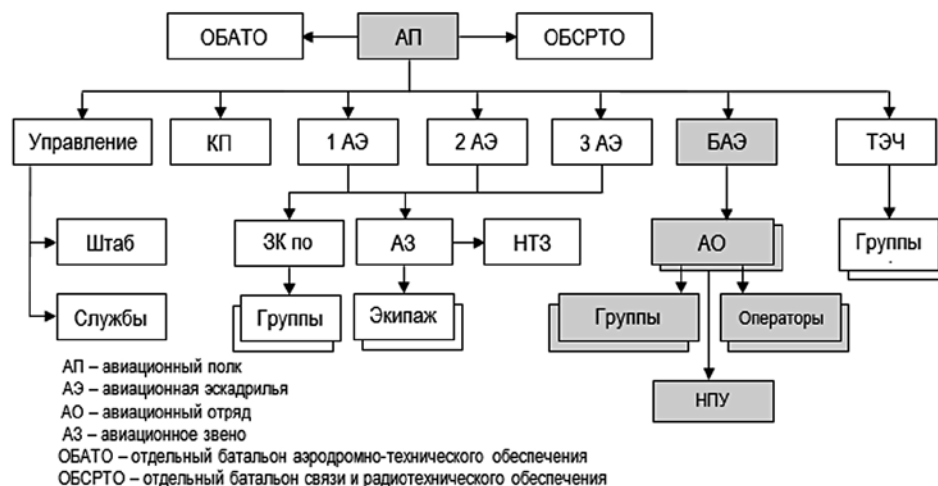


Рис. 4. Возможная структура авиационного полка в составе боевых вертолетов и БПЛА, подчиненных командиру части

автоматизированном взаимодействии с вышестоящим командованием и взаимодействующими образцами вооружения и военной техники других видов вооруженных сил с минимальными задержками прохождения информации боевого управления.

Средства доставки и обработки информации, циркулирующей в разведывательно-ударном контуре армейской авиации, должны строиться на принципах унификации информационного обмена, применения единых стандартов и правил, внедрении перспективных информационных технологии в области:

- геопространственных технологий (2D, 3D моделей местности, цветных и многоспектральных цифровых снимков, матриц высот с шагом не более единиц метров, матриц высот объектов с шагом не более метра);

- телекоммуникационных технологий (частотно-временное разделение сигналов, применение сложных сигнально-кодовых конструкций, широкополосных сигналов, аппаратных и программных средств защиты информации и др.);

- технологии ИИ (распознавание образов, электронная система поддержки принятия решений командиром группы при целераспределении между экипажами, речевая информационно — управляющая система, система принятий решений на командном пункте (КП) в сложной противоречивой обстановки при обработке информации различной достоверности и др).

Одним из важных направлений при создании смешанных группировок ВК и БПЛА является разработка методик формирования состава группировок (парка) БПЛА различного назначения для совместного применения с боевыми ВК. Методические основы и программные средства формирования вертолетного парка рассматривались ранее в целом ряде работ, относительно же БПЛА данные направления в настоящее время только находят свое развитие.

Область допустимых решений при исследовании вариантов комплектации парка БПЛА различного назначения для решения заданного перечня задач определяют:

1) $1, m$ — перечень задач, для выполнения которых предназначается парк БПЛА, например:

1 — воздушная разведка и целеуказание (ВРЦ);

2 — постановка ложных целей (ПЛЦ);

3 — радиоэлектронная борьба (РЭБ);

4 — поражение наземных/надводных целей (боевой);

5 — ретрансляция сигналов (РС);

6 — перевозка грузов (Тр) и др.

2) s — число типов БПЛА по назначению (одноцелевые, многоцелевые), входящих в состав парка;

3) X_s — множества характеристик БПЛА, влияющих на эффективность выполнения задач, возлагаемых на БПЛА;

4) N — число вариантов комплектаций парка БПЛА, состоящего из одноцелевых и многоцелевых БПЛА.

Граничными точками теоретического множества возможных вариантов комплектации парка БПЛА по назначению являются:

- парк БПЛА, состоящий из m одноцелевых комплексов, каждый из которых решает отдельную задачу из множества $1, m$

1, 2, 3, ... m ;

- парк БПЛА, состоящий из однотипных многоцелевых комплексов, каждый из которых решает весь перечень задач m

1 2 3 ... m .

Промежуточными вариантами теоретического множества комплектации парка БПЛА по назначению могут быть парки состоящие из одноцелевых и многоцелевых БПЛА в различных сочетаниях.

1	2,4	3	5,6	... m
1,2	3	4	5	6... m
1,4	2,3	5,6	... m	
1,2,3	4,5,6	... m		

и т.д.

Количество сочетаний $s = \mu_m^n$ по каждому из значений $n = 1, 2, \dots, m$ (количество типов одноцелевых и многоцелевых БПЛА по назначению) определяется из выражения для определения числа сочетаний из m по n

$$\mu_m^n = \frac{m!}{n!(m-n)!}, \quad n = 1, m.$$

Для примера, приведено полное разбиение множества из $m = 4$ (для четырех назначений БПЛА).

При $n = 1$ в состав парка будут входить 4 одноцелевых БПЛА: 1 — БПЛА ВРЦ; 2 — БПЛА ПЛЦ; 3 — ЛА РЭБ; 4 — боевой БПЛА.

$$\mu_m^n = \frac{4!}{1!(4-1)!} = \frac{24}{6} = 4;$$

1 2 3 4.

При $n = 2$ в состав парка будут входить 6 двухцелевых БПЛА: 1,2 — БПЛА ВРЦ, ПЛЦ; 1,3 — БПЛА ВРЦ, РЭБ; 1,4 — БПЛА ВРЦ, боевой; 2,3 — БПЛА ПЛЦ, РЭБ; 2,4 — БПЛА ПЛЦ, боевой; 3,4 — БПЛА РЭБ, боевой.

$$\mu_m^n = \frac{4!}{2!(4-2)!} = \frac{24}{4} = 6;$$

1,2 1,3 1,4 2,3 2,4 3,4.

При $n = 3$ в состав парка будут входить 4 трехцелевых БПЛА: 1,2,3 — БПЛА ВРЦ, ПЛЦ, РЭБ; 1,2,4 — БПЛА ВРЦ, ПЛЦ, боевой; 1,3,4 — БПЛА ВРЦ, РЭБ, боевой; 2,3,4 — БПЛА ПЛЦ, РЭБ, боевой.

1,2,3 1,2,4 1,3,4 2,3,4.

При $n = 4$ в состав парка будет входить 1 четырехцелевой БПЛА: 1,2,3,4 — БПЛА ВРЦ, ПЛЦ, РЭБ, боевой.

1,2,3,4.

Таким образом, при $m = 4$ в состав парка может быть включено $s = 4 + 6 + 4 + 1 = 15$ типов одноцелевых и многоцелевых БПЛА, формирующих четыре варианта комплектации парка.

Алгоритмически процедура сводится к комбинаторной задаче определения всех возможных разбиений множества $\{1, 2, \dots, m\}$, количество которых выражается числами Белла (Bm) для любого заданного m [9] (табл. 1).

Необходимо отметить, что число возможных разбиений (элементов парка) из множества назначений БПЛА по типам стремительно возрастает при увеличении числа задач, возлагаемых на парк БПЛА, более 6.

Из этих элементов как из деталей конструктора можно набирать самые различные сочетания многоцелевых БПЛА при соблюдении условия, что каждый вариант комплектации парка должен решать весь перечень поставленных задач.

При формировании вариантов комплектации парка БПЛА при условии не повторения одного и того же целевого назначения в нескольких аппаратах, количество вариантов комплектации определяется из выражения

$$N = \sum_{s=1}^m \left(\sum_{j=0}^{s-1} (-1)^j \right)^m \cdot C_s^j (S-j)^m / S!,$$

где m — число задач;

s — число типов ВК ЛА по целевому назначению в варианте комплектации парка;

j — переменная, принимающая значения от 0 до $s-1$ в каждом выражении для слагаемых N .

В наиболее общем случае, когда одно и то же назначение может повторяться в составе парка в нескольких БПЛА (например, одноцелевой БПЛА ВРЦ и двухцелевой БПЛА ВРЦ, боевой), число возможных вариантов комплектаций парка возрастает лавинообразно.

Примеры комплектации парка БПЛА с повторением целевого назначения в различных БПЛА (табл. 2):

1	1,4	2,3	2,5,6	... m
1,2	1,3	4	5	6 ... m
1,4	2,3	3,5,6	... m	

и т.д.

Следующей важной задачей формирования парка БПЛА для их совместного применения с ВК является определение их потребного числа, необходимого и достаточного для эффективного решения заданного объема задач.

Таблица 1

Комбинаторная задача определения всех возможных разбиений множества

Число задач, m	Числа Белла (Bm)
2	2
4	15
6	203
8	4140
10	115975
12	4213597

Таблица 2

Примеры комплектации парка БПЛА

Число задач	Число вариантов парков
2	4
4	299
6	16454
8	347216

Для оценки каждого альтернативного варианта парка необходимо знать степень «полезности» всех составляющих его элементов. Для получения таких показателей используются характеристики «стоимость — эффективность», рассчитанные для каждого элемента парка. Эти характеристики представлены в виде зависимостей $C_{\Sigma}^{\text{ГРМЦБПЛА}} = C_{\Sigma}^{\text{ГРМЦБПЛА}}(\bar{U}_i^{\text{ЗАД}}, N_{\text{ЛА}i})$, $i = 1, m$ (для примера для трех задач) (рис. 5).

Конкретизируя понятие «стоимость элемента парка (группы БПЛА)» необходимо отметить, что оно включает в себя стоимость самого БПЛА, их количество и затраты на выполнение боевой задачи (восстановление вероятных потерь, снабжение, обслуживание и т.д.):

$$C_{\Sigma}^{\text{ГРМЦБПЛА}} = C_{\text{ЛА}ij}^1 \cdot N_{\text{ЛА}ij} + \Delta C_{\text{ДОП}ij},$$

где $N_{\text{ЛА}ij}$ — количество БПЛА, решающих i -ю задачу в j -той группе;

$C_{\text{ЛА}ij}^1$ — стоимость БПЛА;

$\Delta C_{\text{ДОП}ij}$ — затраты на выполнение боевой задачи.

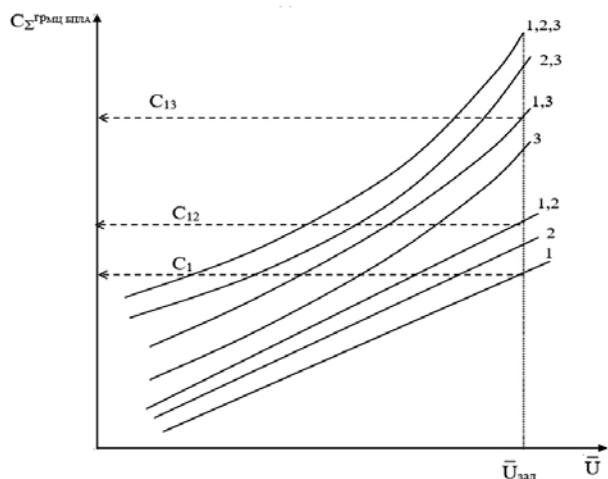


Рис. 5. Зависимость стоимости групп многоцелевых БПЛА от заданного уровня эффективности решения задач

Функционально стоимость группы $C_{\Sigma}^{\text{ГРМЦБПЛА}}$ связана с количеством БПЛА в этой группе $N_{\text{ЛА}ij}$ через зависимости вида $\bar{U}_{ij}^{\text{ЗАД}} = \bar{U}_{ij}^{\text{ЗАД}}(N_{\text{ЛА}}^{\text{ГР}})$, которые для каждой i -й задачи определяются аналитическими выражениями, например для задачи разведки и целеуказания:

$$\bar{U}_{\text{РЦ}}^{\text{ПОТР}} = \bar{U}_{\text{МЦ}}^0 \cdot \bar{U}_{\text{РЦ}}^{\text{max}} \cdot \frac{N_{\text{ЛА}}}{N_{\text{ЛА}}^0 \cdot A_{\text{РЦ}}}(N_{\text{ЛА}}^{\text{ГР}}),$$

где $\bar{U}_{\text{МЦ}}^0$ — относительная эффективность решения задачи исследуемым многоцелевым БПЛА (насколько хуже он решает эту задачу по сравнению с оптимальным одноцелевым БПЛА);

$\bar{U}_{\text{РЦ}}^{\text{max}}$ — эффективность решения задачи оптимальным одноцелевым БПЛА;

$N_{\text{ЛА}}^0$ — количество многоцелевых БПЛА, обеспечивающих выполнение задачи с $\bar{U}_{\text{МЦ}}^0$;

$A_{\text{РЦ}}$ — количество одновременно функционирующих групп БПЛА;

$N_{\text{ЛА}}$ — количество многоцелевых БПЛА.

Для оценки альтернативных вариантов комплектации парков БПЛА, для заданного уровня выполнения задач $\bar{U}_i^{\text{ЗАД}}$, формируется база данных, представленная в виде матриц их стоимости и эффективности $N_{\text{ЛА}ij}^{\text{ГР}} = N_{\text{ЛА}ij}^{\text{ГР}}(\bar{U}_i^{\text{ЗАД}})$, $C_{ij}^{\text{ГР}} = C_{ij}^{\text{ГР}}(N_{\text{ЛА}})$ (рис. 6).

На этапе исследования альтернативных вариантов парков разнотипных БПЛА производится их оценка с целью выбора наилучшего варианта по критерию наименьшей суммарной стоимости при заданной эффективности решения задач.

Формально процесс выбора сводится к процедуре прямого перебора всех возможных комплекций парка, составленных из множества одноцелевых и многоцелевых БПЛА.

Необходимо отметить, что вся описанная процедура формирования парка БПЛА проводится на заданный временной срез t_3 , либо на заданный временной интервал $[t_0, \dots, t_3]$, на котором исходные тактико-технические и оперативно-тактические условия решения задачи остаются неизменными. При изменении данных условий с какого-либо момента t_n (совершенствование вооружения и военной техники, наращивание или сокращение противоборствующих сил, коррекция объемов и уровней задач и т.д.) решение формируется заново на интервале $[t_0, t_n]$.

Для поддержки процессов принятия данных решений в настоящее время разрабатываются

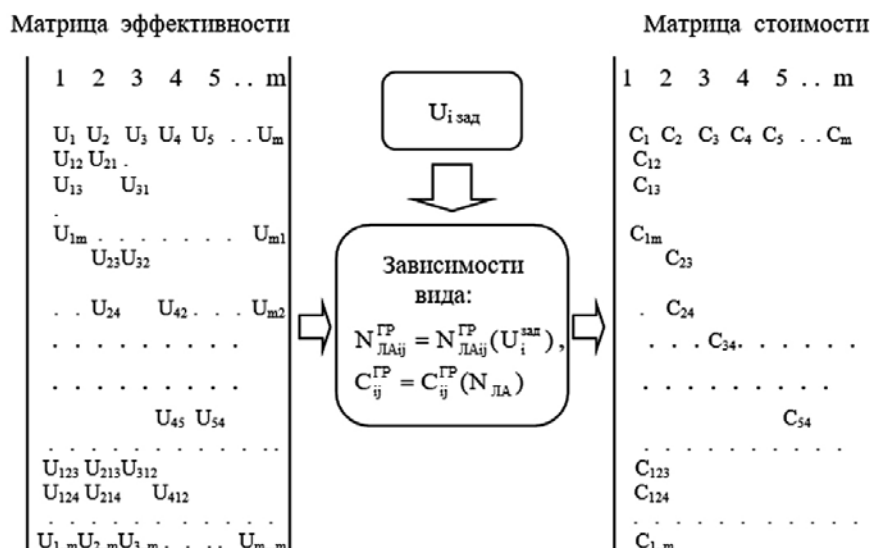


Рис. 6. Матрицы эффективности и стоимости при оценке альтернативных вариантов парков БПЛА

методы, модели и программные комплексы, позволяющие автоматизировать информационные технологии оперативного реагирования на изменяющиеся условия обстановки, в том числе на этапах разработки, комплекто-

вания и применения современных сложных пилотируемо-беспилотных интеллектуальных систем, учитывающие в том числе перспективные свойства авиационных комплексов, их обслуживания и вооружения [10, 11].

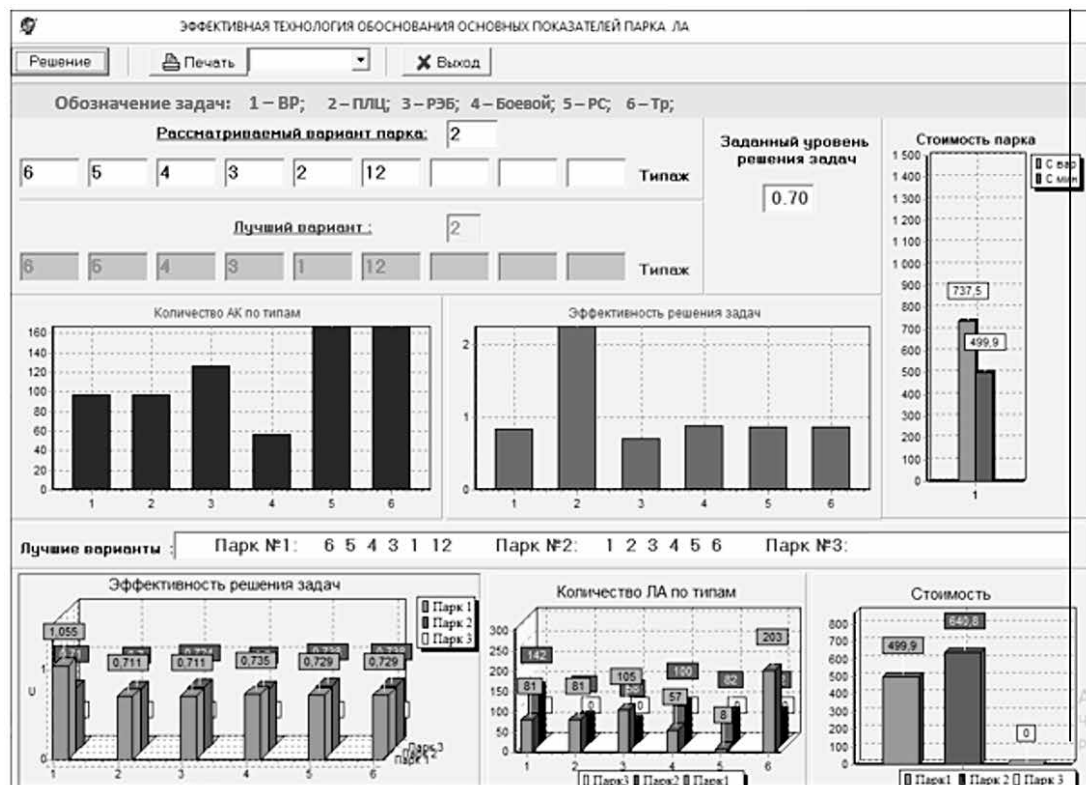


Рис. 7. Фрагмент аппаратно-программного комплекса автоматизированного формирования вариантов парков ЛА

Фрагмент аппаратно-программного комплекса автоматизированного формирования вариантов парков ЛА, предназначенных для решения заданной совокупности задач, представлен на рис. 7.

Проведенный анализ показал, что необходимы также оперативно-тактические модели (сценарии) совместного применения боевых ВК и БПЛА с описанием противодействующих как воздушных, так и наземных сил противника.

Выводы

В настоящее время боевая авиация находится на пороге серьезных организационно-технических преобразований. Включение в системы авиационного вооружения беспилотных летательных аппаратов, искусственного интеллекта, модульной авионики и других перспективных авиационных технологий позволяют объединять боевые ВК с БПЛА различного назначения, формируя пилотируемо-беспилотное взаимодействие.

Комплексное решение формирования парка БПЛА для их совместного применения с боевыми вертолетами в составе разведывательно-ударных контуров (комплексов) позволяет оперативно проводить мероприятия по созданию подразделений боевых ВК и БПЛА различного уровня интеграции, определять требуемую численность группировок ВК и БПЛА при проведении совместных операций, проводить оценку эффективности решения заданного перечня задач, возлагаемых на разведывательно-ударный контур (комплекс), планировать организационно-технические мероприятия по наземному обеспечению и управлению при проведении совместных операций боевых ВК и БПЛА.

Литература

1. Концепция взаимодействия пилотируемого и беспилотного ЛА в рамках выполнения боевой задачи // Новости зарубежной науки и техники. Серия: Авиационные системы. ГосНИИАС, 2022. № 9.

2. Основные направления модернизации вертолетов АН-64Е «Апач Гардиан». <https://www.thedrive.com/the-war-zone/this-is-what-the-ah-64-apaches-new-extended-rotor-mast-does>, (дата обращения: 11.09.2023).

3. Reveal Technology Demonstrates Multi-Drone Mapping for US Army. <https://www.thedefensepost.com>, (дата обращения: 20.12.2022).

4. Разведывательно-ударный БПЛА «Golden Eagle». https://vpk.name/news/655133_kitaiskii_razvedyvatelno-udarnyi_bppla_golden_eagle.html, (дата обращения: 21.04.2023).

5. Чабанов В.А. Китайские дроны вертолетного типа для роевых атак // Новости зарубежной науки и техники. ГосНИИАС, 2022. № 4.

6. Китай открывает новую страницу в истории беспилотников. https://vpk.name/news/621505_kitai_otkryvaet_novuyu_stranicu_v_istorii_bespilotnikov.html, (дата обращения: 22.09.2022).

7. Отчет об участии исследовательской группы и представителей промышленности в проведении апробации БПЛА вертолетного типа в составе комплекса «БАС-200» с различными целевыми нагрузками во взаимодействии вертолетными комплексами армейской авиации. АО «НЦВ Миль и Камов», 2022.

8. Кокурин Л.А., Парненков А.Е., Сизов А.В. Перспективные технологии и направления применения беспилотных авиационных систем с БПЛА различного назначения / Материалы научно-практической конференции «Технологическое развитие авиационного: глобальные тенденции и национальные интересы России». М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2022.

9. Липский В. Комбинаторика для программистов. М.: Мир, 1988. 213 с.

10. Бельский А.Б., Шипко В.В., Самойлин Е.А. Перспективы развития и применения бортовых комплексов вертолетов армейской авиации // Военная мысль. 2021. № 7. С. 78–87.

11. Бельский А.Б. Системы технического зрения военных и специальных вертолетов. Задачи и направления развития // Авиакосмическая техника и технология. М. 2017. № 1, 2. С. 17–22.