

УДК: 623.09

**ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПОЛИГОННОГО  
ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ОБЕСПЕЧЕНИЯ И АНАЛИЗА  
ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ АВИАЦИОННЫХ  
СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ С БОЕВЫХ ВЕРТОЛЕТОВ**

**BASIC APPROACHES TO CREATING A PERSPECTIVE FIRST-SITE PROGRAM  
AND HARDWARE COMPLEX OF SUPPORT AND ANALYSIS OF FLIGHT  
TESTING OF UNMANAGED CONTROLLED AIRCRAFT MEASURES  
FROM BATTLE HELICOPTERS**

*По представлению академика РАРАН В.П. Кутахова*

*А.Б. Бельский*

*АО «НЦВ Миль и Камов»*

*A.B. Belskiy*

В статье описываются исходные условия и требования по созданию перспективного программно-аппаратного комплекса (ПАК) для баллистического обеспечения лётных испытаний неуправляемых авиационных средств поражения (НАСП) с боевых вертолетов (БВ), с целью проведения оперативного анализа испытаний и оценки точностных характеристик комплексов авиационного вооружения (КАВ) БВ, а также, при необходимости, уточнять значения баллистических характеристик (БХ) различных типов применяемых НАСП БВ. В статье также представлена примерная структура перспективного ПАК и структурная схема автоматизированной системы баллистического обеспечения (АСБО) применения НАСП БВ.

**Ключевые слова:** авиационные средства поражения, полигонный программно-аппаратный комплекс, баллистические характеристики, боевой вертолет, комплекс авиационного вооружения, лётные испытания.

The article describes the initial conditions and requirements for creating a promising hardware and software complex for ballistic support of flight tests of unguided aircraft weapons from combat helicopters, in order to conduct an operational analysis of tests and assess accuracy characteristics of the aircraft armament complex of the warhead, and also, if necessary, specify the values of ballistic characteristics of various types of NASP used with warheads. The article also presents an approximate structure of a promising PAK and a block diagram of an automated ballistic support system for the use of NASP with explosives.

**Keywords:** aviation weapons, range hardware and software complex, ballistic characteristics, combat helicopter, aviation weapons complex, flight tests.

Разработка новых типов управляемых и корректируемых авиационных средств поражения (АСП) для БВ не снижают требований по повышению эффективности применения неуправляемых АСП, как самых массовых и относительно недорогих средств поражения большой

номенклатуры целей (в том числе, легкобронированных и небронированных, а также живой силы противника).

В составе КАВ всех типов боевых, транспортно-боевых, транспортно-десантных и специальных вертолетов военного назначения применя-

ются более 10-ти модификаций неуправляемых АСП (с различными боевыми частями). Это неуправляемые авиационные ракеты (НАР) калибров 80 и 122 мм, авиационные бомбы (АБ) калибров 100, 250 и 500 кг, патроны калибров 23 и 30 мм для пушечного вооружения, патроны 12,7 мм для пулеметного вооружения и 40 мм снаряды (гранаты) для гранатометного вооружения.

Эффективность применения неуправляемых АСП БВ зависит не столько от поражающего действия БЧ НАСП (фугасного, осколочного, пробивного и других видов), сколько от точности применения НАСП [1]. Точность применения НАСП напрямую зависит от решения задачи прицеливания, включающей [2, 6]:

- расчёт траектории движения НАСП (задача внешней баллистики);
- прогнозирование собственного движения БВ;
- экстраполяцию движения цели;
- вычисление параметров управления БВ и оружием;
- расчёт условий безопасного отделения и применения АСП, и ряда других.

Точностные показатели применения НАСП в различных условиях эксплуатации БВ обрабатывается при натурных (летных) испытаниях в реальных полигонных условиях.

На точность боевого применения НАСП влияют различные внутренние и внешние факторы рассеивания, основные из которых приведены на рис. 1.

К внутренним факторам рассеивания при применении НАСП относятся:

- ошибки наводки летчика;
- погрешности бортовых датчиков режима полета БВ;
- точность юстировки установок вооружения и визирных систем БВ;
- ошибки определения координат цели;
- методические ошибки (от несовершенства алгоритмов авиационной прицельной системы (АПрС) и бортовых баллистических алгоритмов (ББА);
- неточность исходных данных о баллистических характеристиках (БХ) АСП и другие.

К внешним факторам рассеивания НАСП относятся:

- начальные возмущения полета НАСП, обусловленные вибрацией БВ и установок вооружения;
- воздействие на НАСП воздушного потока несущего винта БВ;
- наличие возмущающей зоны от соседних ракет при серийной и залповой стрельбе;
- отклонения фактических параметров атмосферы (скорости и направления ветра, давления, температуры и плотности воздуха) от стандартных, заложенных в алгоритмы решения задачи прицеливания;
- турбулентные воздушные потоки в приземных слоях атмосферы.

Влияние указанных факторов выражается в двух видах рассеивания НАСП (рис. 2):

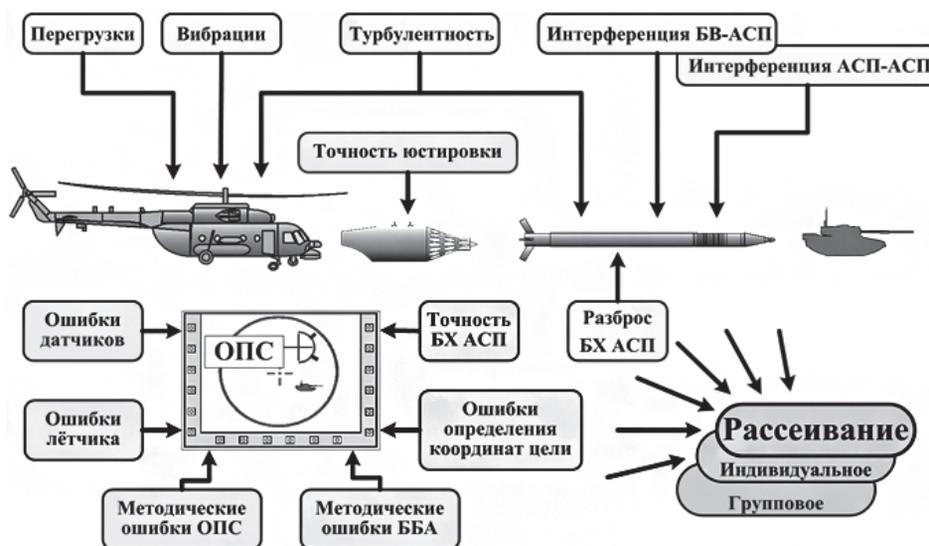


Рис. 1. Факторы, влияющие на показатели рассеивания неуправляемых АСП

– индивидуального (технического) рассеивания, представляющего разброс точек падения отдельных АСП относительно центра залпа;

– группового (прицельного) рассеивания, представляющего разброс центров залпов относительно цели при разных заходах БВ.

Для анализа результатов лётных испытаний и определения основных факторов, влияющих на точность применения НАСП, необходимо знать исходные регистрируемые данные, т.е. информацию о всех параметрах и условиях применения НАСП как от бортовых датчиков (средств объек-

тивного контроля) вертолета, так и от полигонных средств регистрации и измерений (рис. 3).

К исходной регистрируемой информации относятся следующие данные:

- фазовые координаты движения АСП в полёте;
- координаты цели и точки взрыва АСП;
- ошибки наводки лётчика (прицеливания);
- фазовые координаты движения БВ;
- параметры атмосферы;
- начальные возмущения, которые получает АСП при отделении от БВ.

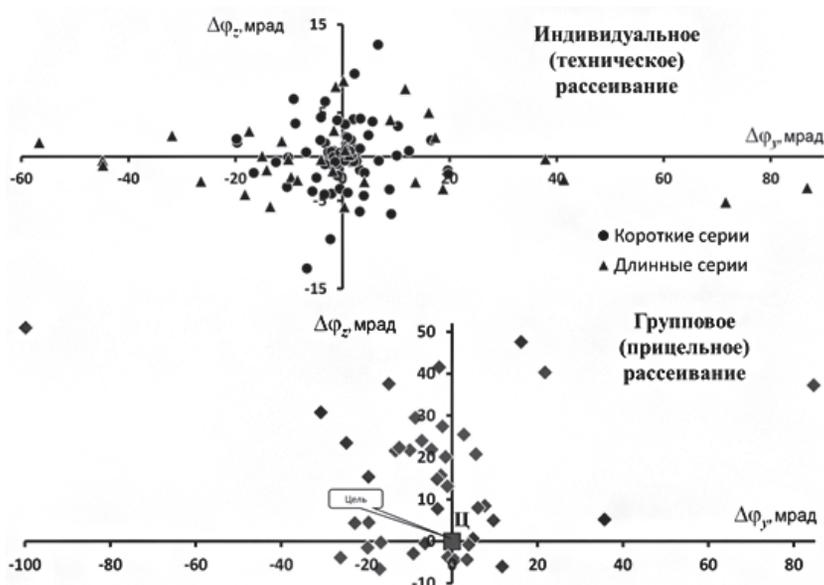


Рис. 2. Индивидуальное и групповое рассеивание НАР типа С-8 при летных полигонных испытаниях БВ

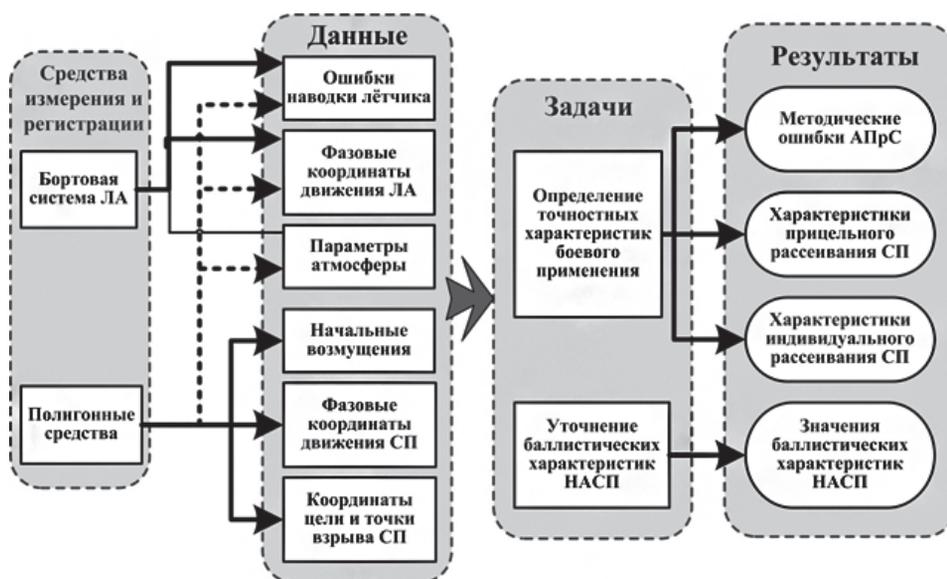


Рис. 3. Исходные данные и задачи лётных испытаний НАСП

Задача анализа результатов испытаний НАСП включает:

- определение точностных характеристик применения НАСП (за счет методических ошибок прицельных систем), а также характеристик индивидуального и группового рассеивания НАСП);
- уточнение значений баллистических характеристик НАСП.

При решении указанной задачи применяется специальное программно-алгоритмическое обеспечение (ПАО), при этом существует ряд организационно-технических и методических проблем, а именно:

1) существующие методы расчета БХ и начальных возмущений не позволяют учесть всего многообразия факторов, оказывающих влияние на движение АСП;

2) результаты, полученные с помощью математических моделей и реализующих их алгоритмов зависят от совершенства (объективности) исходных данных;

3) организация испытаний НАСП не оперирует термином «баллистические испытания АСП»;

4) полигонная инфраструктура и качество регистрируемых параметров не всегда позволяют рассчитать по ним достоверные значения БХ АСП и начальных возмущений.

Получение исходных баллистических данных (входит в программы и методы натурных баллистических (лётных) испытаний АСП) дает возможность учитывать возмущающее действие от БВ на АСП на начальном участке траектории, которое практически невозможно смоделировать.

Современные высокоточные измерители (ВТИ) первичных данных о динамике полета БВ и АСП (лазерные системы, малогабаритные инерциальные системы, спутниковые системы позиционирования и др.) позволяют выполнять внешнетраекторные измерения с высокой точностью, однако системы обработки первичных данных испытаний АСП на современных полигонах отсутствуют, а методики проведения баллистических испытаний с применением ВТИ пока не разработаны.

Положение осложняется также отсутствием аппаратных средств прямого измерения всех необходимых БХ АСП. Поэтому применяются методики опосредованной математической обработки первичных данных от разнородных средств измерений, а для получения достовер-

ных результатов измерений требуется обрабатывать большой объем дополнительной исходной информации (данных), включая:

- параметры режимов полета БВ;
- действия экипажа;
- работу прицельного комплекса;
- условия полета и траекторию АСП;
- параметры атмосферы, и другие.

Так, для оценки только одного пуска НАР объем всех исходных данных (измеренных первичных и обработанных) может составлять около 200000 чисел разного характера.

На практике полноценный анализ исходных данных при испытаниях НАСП в полном объеме никогда не выполняется, что ведет к снижению полноты и достоверности выводов по их результатам.

Поэтому сама постановка задачи разработки автоматизированной полигонной системы, включающей объединение разнородных данных и новые методы определения БХ АСП, по данным испытаний АСП и результат имитационного моделирования является актуальной.

Из-за большого разнообразия условий проведения испытаний, типов применяемой аппаратуры, баллистических схем НАСП, разработать единую унифицированную программу идентификации математических моделей НАСП, пригодную для всех вариантов боевого применения АСП достаточно сложно и в ближайшее время невозможно в полном объеме.

В первую очередь целесообразно обосновать и сформировать единый подход к созданию полигонного программно-аппаратного комплекса (ПАК), как сложной экспертно-аналитической системы баллистического обеспечения применения НАСП.

Разработка и создание полигонного ПАК должны базироваться на следующих концептуальных принципах и подходах [3].

#### 1. Системность.

Функционирование и развитие ПАК, связи между подсистемами и модулями ПАК должны обеспечивать целостность всего комплекса.

Аппаратный состав, структурно-функциональное построение и взаимодействие подсистем и модулей при функционировании ПАК должны формировать новые свойства, которые не являются суммой свойств его отдельных компонентов.

2. Модифицируемость.

Архитектурное построение ПАК, его подсистем и компонентов должно обеспечивать возможности пополнения, совершенствования и обновления компонентов.

3. Совместимость.

Программно-алгоритмические, информационные и технические характеристики связей между подсистемами и компонентами ПАК должны обеспечивать их автономное и совместное функционирование, а также совместимость с другими испытательными системами.

4. Унификация.

Должна обеспечиваться инвариантность к объекту испытаний, подсистемам и компонентам ПАК, а также использование базового программно-аппаратного обеспечения, способного к оперативной настройке или комплексированию под проблемную и объективную специфику объекта и методику испытаний.

5. Последовательность развития.

Техническое построение ПАК должно предусматривать:

- а) автоматизированное ведение архива испытаний и применяемых методик;
- б) поэтапный ввод в эксплуатацию;
- в) совершенствование структурно-функционального построения.

Последовательное накопление математических моделей, алгоритмов и программ обработ-

ки должно отвечать выше перечисленным требованиям.

Предварительный вид схемы полигонного ПАК лётных испытаний НАСП приведена на рис. 4.

Аппаратный состав полигонного ПАК должен включать [4]:

- средства внешнетраекторных измерений;
- радиолокационную станцию (ОЭС);
- системы их управления;
- средства фиксации (регистрации) измерений результатов применения АСП;
- средства позиционирования всех объектов полигона и мишенной обстановки;
- систему единого времени (СЕВ);
- бортовые средства регистрации;
- средства объективного контроля (СОК);
- систему бортовых измерителей (СБИ);
- средства метеозмерений;
- автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов.

Важнейшим функциональным блоком полигонного ПАК должна стать автоматизированная система баллистического обеспечения (АСБО) применения НАСП.

Планирование экспериментов применения НАСП на базе полигонного ПАК должно включать в себя использование следующих баз данных (БД) АСБО (рис. 4):

- БД и программы баллистики;

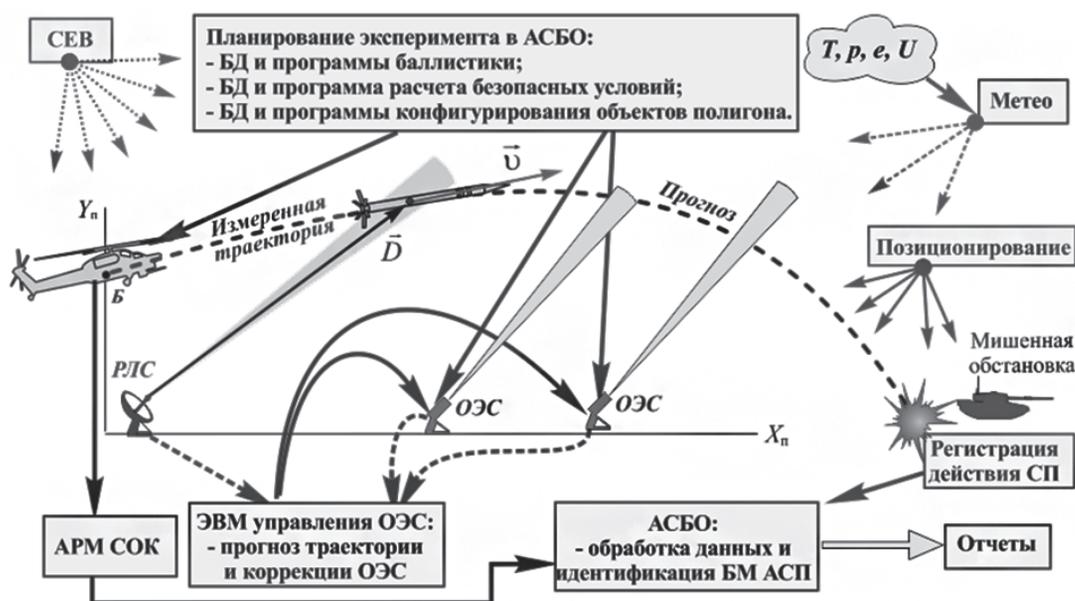


Рис. 4. Предварительная схема построения перспективного ПАК испытаний НАСП

– БД и программу расчета безопасных условий применения (на отделение) НАСП;

– БД и программы конфигурирования объектов ПАК.

Специальное программное обеспечение (СПО) АСБО ПАК для комплексной обработки результатов должно включать математические модели и алгоритмы обработки экспериментальных данных, предназначенных для идентификации математических моделей КАВ и оценки эффективности применения АСП [1, 2].

Общая структурная схема АСБО ПАК приведена на рис. 5. Она включает базы данных и программы, системы управления базами данных, специальные модули, а также системную оболочку с задачами и сервисами.

С помощью разработанных детерминированных и стохастических имитационных моделей, включенных в состав ПАК, должно обеспечиваться решение следующих задач [4]:

– диагностика функционирования синтезируемого КАВ для проверки, обоснования или оптимизации технических решений КАВ БВ (на этапах ОКР) или структурно-функционального облика КАВ (на этапах НИР);

– анализ и оценка результатов испытаний НАСП, полученных на более простых моделях и обоснование принятых в них допущений;

– моделирование и сравнительные расчеты различных вариантов аппаратного построения ПАК с учетом характеристик внешней среды с целью оптимизации структурно-функционального состава ПАК;

– замена методами имитационного моделирования отдельных видов дорогостоящих и трудоемких натурных испытаний специальных видов АСП;

– оптимизация планирования испытаний АСП или других подсистем КАВ БВ;

– предварительная общая оценка эффективности КАВ БВ по заранее заданным критериям.

СПО ПАК должно включать все программы, реализующие математические модели КАВ БВ и его подсистем, а также:

– алгоритмы обработки данных;

– программы, обеспечивающие пользовательский интерфейс;

– информационно-справочные данные.

СПО ПАК должно разрабатываться по принципу открытой архитектуры, чтобы при разра-

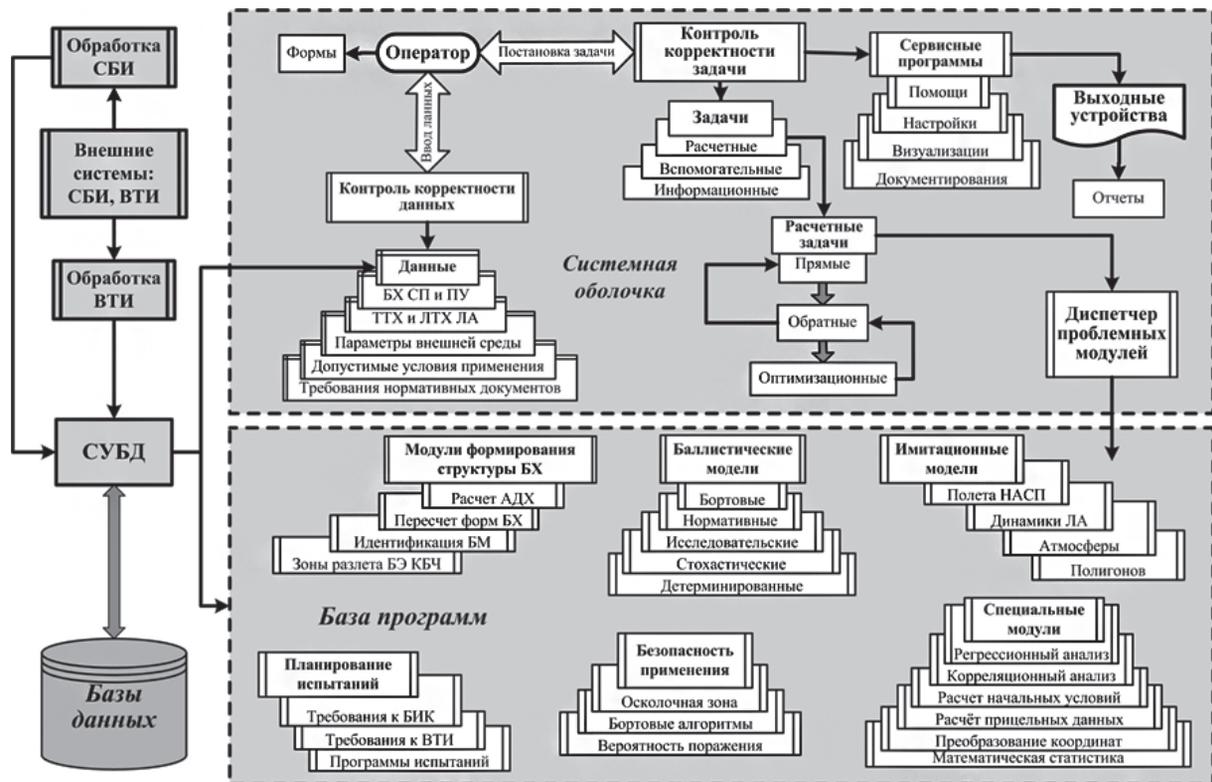


Рис. 5. Структурная схема АСБО ПАК

ботке новых моделей и алгоритмов обеспечить возможность их включения в состав ПАК с минимальными издержками.

Вычислительные ресурсы АРМ на базе современных компьютерных комплексов и их программные системы должны позволять эффективно управлять СПО (включая диспетчеризацию, совместную обработку больших объемов различного рода исходной информации, отображение оперативной информации и т.п.).

### Выводы

Анализируя современное состояние и тенденции развития средств обеспечения полигонных испытаний [1, 5, 8, 10] можно сделать следующие выводы:

1) постоянное усложнение и высокая трудоемкость решаемых задач делают невозможным дальнейший прогресс в этой области без автоматизации рабочих мест соответствующих специалистов, путем создания проблемно-ориентированной интегрированной программной системы на базе персональной ЭВМ, позволяющей комплексировать данные испытаний и широкомасштабное математическое моделирование;

2) реализация полномасштабной версии СПО перспективного ПАК испытательного полигона, разработанной на теоретической основе внешней баллистики, принципов системного программирования и современных СУБД позволит [9]:

– повысить на порядок оперативность всех видов баллистических расчетов, связанных с обработкой первичных данных, получаемых на испытательном полигоне;

– получить требуемую точность расчетов;

– максимально использовать данные первичной информации, получаемой от всех средств измерений испытательного полигона и существенно сократить время и трудозатраты на ее обработку;

– рационально планировать лётные эксперименты, повысить достоверность и качество их результатов, сократить количество испытаний дорогостоящих специальных типов НАСП.

### Литература

1. Алгоритмы и программы выполнения баллистических расчетов при исследовании

лётных происшествий, связанных с применением АСП. Методические рекомендации // Выпуск № 6684. В/ч 75360. 1993. С. 26–53.

2. Бельский А.Б. Алгоритм корректировки баллистических характеристик НАР по результатам лётных испытаний / А.Б. Бельский, А.Г. Постников // *Авиакосмическая техника и технология*. — М.: МАИ. № 2. 2015. С. 32–64.

3. Бельский А.Б. Направления совершенствования бортовых баллистических алгоритмов прицельных систем перспективных боевых вертолётов // *Известия Тульского государственного университета*. — Тула: ТулГУ. 2018. С. 169–175.

4. Бельский А.Б. Перспективный комплекс прицельно-баллистического обеспечения лётных испытаний НАСП // Тезисы доклада на III Всероссийской НПК «Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки». — Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. 2016. С. 68–75.

5. Бельский А.Б. Перспективы совершенствования бортовых алгоритмов баллистики боевых вертолётов / А.Б. Бельский, А.Г. Постников — Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». 2015. С. 53–62.

6. Бельский А.Б. Применение аналитического метода оценки точности прицеливания в обзорно-прицельных системах вертолётов / А.Б. Бельский, Н.А. Сахаров // *Авиакосмическая техника и технология*. 2013. № 1. С. 35–48.

7. Бельский А.Б. Теория и алгоритмы решения угломестных задач, определяющих положение летательного аппарата относительно наземной цели / А.Б. Бельский, В.М. Чобан // *Электронный журнал «Труды МАИ»*. 2013. Выпуск № 6. С. 23–37.

8. Исследования по повышению безопасности полетов при боевом применении НАСП на авиационных полигонах. Отчет по ВНР. В/ч 15650. 1981. С. 45–61.

9. Прикладные исследования и разработка базового программно-алгоритмического обеспечения и автоматизированной системы баллистического обеспечения для повышения точности применения средств специального назначения. Отчёт по НИР. Научный руководитель А.Б. Бельский. — М.: МВЗ. 2014. С. 62–75.

10. I.W. Canan. The Software Crisis. *Air force Magazine*. May 1986. Vol. 69. № 5. P. 142–168.