

Белоконов И.В., Козуб В.И., Моисейкин Д.А., Кирьян П.Г., Семдянов А.Н.

О ПЕРСПЕКТИВАХ МЕЖОТРАСЛЕВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ РАДИОНАВИГАЦИИ НА ТРАНСПОРТНЫХ ВЕРТОЛЕТАХ

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития российской космической отрасли является укрепление позиций в области глобального спутникового позиционирования. Принята комплексная целевая программа восстановления функционирования отечественной спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС. В первую очередь это касается увеличения количества навигационных спутников и доведение космической группировки ГЛОНАСС до штатного состава. Кроме того, особое внимание уделяется сегменту потребителей навигационной информации, а именно, расширению области использования и внедрению отечественных образцов персональных спутниковых навигационных приемников (СНП). В этой связи особую актуальность приобретают работы, целью которых является повышение точности и надежности навигации конкретных образцов российской авиационной техники за счет комплексирования штатного навигационного оборудования и отечественной аппаратуры потребителей СРНС с учетом их конструктивных особенностей и условий эксплуатации. Реализация таких программ невозможна без совместного сотрудничества научных организаций, завода – изготовителя навигационной радиоаппаратуры и базы практической эксплуатации авиационной техники в рамках совместной научно-исследовательской работы (НИР).

Первым шагом в этом направлении стало составление совместного трехстороннего соглашения о сотрудничестве в области исследования эффективности использования спутниковой радионавигации на транспортных вертолетах между Сызранским высшим военным авиационным училищем летчиков (военным институтом) (СВВАУЛ), Самарским государственным аэрокосмическим университетом имени академика С.П. Королева (СГАУ) и ОАО "Ижевский радиозавод" (ИРЗ). Согласно этому соглашению, СВВАУЛ берет на себя обязательство по обеспечению НИР вертолетами; специалистами технической службы, обслуживающими предоставляемые вертолеты; эксплуатирующим экипажем и летным ресурсом для выполнения различных видов полетных заданий и, как следствие, является базой выполнения практической части экспериментальных исследований. СГАУ обеспечивает теоретическую проработку НИР; предоставляет специалистов по комплексированию, коммутации и настройке оборудования, используемого в НИР; обеспечивает откомандирование этих специалистов к месту про-

ведения практических работ. ИРЗ предоставляет комплект аппаратуры потребителей спутниковых радионавигационных систем, адаптированный к проведению экспериментальной части НИР; специалистов по комплексированию, коммутации и настройке комплекта аппаратуры; обеспечивает откомандирование этих специалистов к месту проведения практических работ.

В настоящее время на российских транспортных вертолетах, как правило, используются простейшие навигационные приемники импортного производства, работающие по сигналам СРНС GPS и не входящие в состав штатного навигационного оборудования [1-4]. Отсутствует портативная навигационная аппаратура, работающая по сигналам СРНС ГЛОНАСС, либо по совмещенным сигналам ГЛОНАСС+GPS. Традиционная схема навигационных определений, отображающая структуру алгоритма существующего штурманского обеспечения полета, представлена на рис. 1. Летчик воспринимает весь объем навигационной информации от двух независимых источников штатного навигационного оборудования (ШНО) и СРНП. На схеме им соответствуют вектора навигационных параметров \vec{T} и \vec{S} . В каждый момент времени летчик на основании дополнительной информации (предварительных навигационных расчетов, опыта пилотирования, тактической обстановки, данных от других экипажей и др.) самостоятельно принимает решение о том, какое оборудование использовать в качестве основного, а какое в качестве резервного.

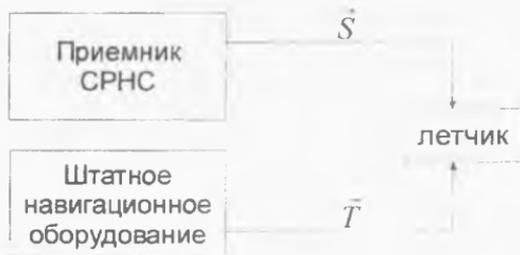


Рис. 1. Традиционная схема навигационных определений

Очевидно, что такой алгоритм навигационных определений обладает рядом существенных недостатков. Во-первых, существует чрезмерная загруженность летчика штурмана навигационной информацией, из которой только 50% реально использует при вертолетовождении. Во-вторых, значительно увеличивается время обнаружения отказа навигационной аппаратуры. В-третьих, невозможно компенсировать коэффициенты систематических ошибок ШНО вертолета, что в случае отказа спутникового навигационного приемника и работе только по ШНО приводит к возникновению суммарной ошибки определения параметров полета, увеличивающейся со временем. Положен

усугубляется отсутствием единой системы и методики использования на вертолетах данных от СНП. При эксплуатации существующей спутниковой навигационной аппаратуры не учитываются конструктивные особенности вертолетов: наличие несущего и рулевого винтов [5-8], эргономическое несовершенство кабины, а так же условия эксплуатации: малые и предельно-малые высоты полета, необходимость выполнения полетов в горах и в условиях городской застройки.

Интерес к сотрудничеству со стороны ОАО "Ижевский радиозавод" не случаен, поскольку ИРЗ давно занимается изготовлением портативной аппаратуры потребителей СРНС. Созданный навигационный приемник используется на железнодорожном транспорте. Его аналог, доработанный с участием СГАУ, применялся при проведении научных экспериментов на космических аппаратах "Фотон-М2", "Фотон-М3" и в международной космической программе YES2. Такой диапазон областей применения говорит о высоком качестве изготовления аппаратуры потребителей (АП) и, кроме того, о готовности навигационного приемника к жестким условиям эксплуатации, таким как вибрации, перегрузки и др.

Участие СГАУ в НИР обусловлено глубокой теоретической проработкой рассматриваемых вопросов в течение длительного времени. Спроектирована схема перспективного вертолетного навигационного комплекса на основе комплексирования существующего ШНО вертолета и аппаратуры потребителей СРНС [9], предусматривающая компенсацию наиболее весомой – ионосферной погрешности СНП и учитывающая конструктивные особенности и условия эксплуатации вертолетной техники. Алгоритм работы навигационного оборудования в предлагаемой схеме проиллюстрирован на рис. 2 с использованием следующих обозначений: \vec{S} – вектор навигационных параметров, выдаваемый спутниковым приемником; $\vec{S}_{срнс}$ – вектор навигационных параметров СРНС, принимаемый за истинные значения; n – количество работающих спутников из числа видимых; \vec{T} – вектор навигационных параметров, выдаваемый ШНО; $\Delta\vec{T}$ – вектор уточняемых навигационных параметров; \vec{N} – вектор фазовых переменных (полный вектор навигационной информации, необходимый летчику для управления вертолетом, согласно требований по точности и безопасности вертолетовождения); \vec{T}_0 – вектор начальных значений навигационных параметров ШНО ($K_{ис}^0, X_{шисс}^0, Y_{шисс}^0$); $\delta D_{атм}$ – значение атмосферной погрешности, вычисляемое блоком учета атмосферной погрешности; t – время; α_i – угол возвышения i -го навигационного спутника.

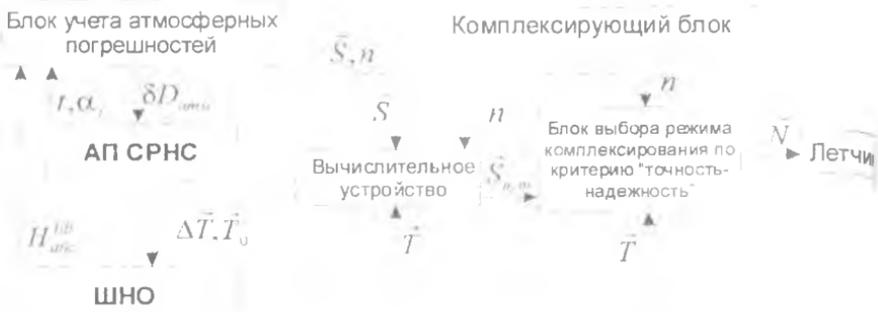


Рис. 2. Схема перспективного вертолетного навигационного комплекса

При нормальной работе ШНО данные, получаемые от доплеровского измерителя, радиокompаса, курсовой системы, системы воздушных сигналов (баровысотомера и вариометра) и радиовысотомера, уточняются с использованием коэффициентов систематических погрешностей, рассчитанных в вычислительном устройстве, и принимаются в качестве источника навигационной информации для вычисления вектора фазовых переменных и последующего доведения требуемых навигационных параметров полета летчика через систему отображения. Кроме того, осуществляется периодическая коррекция ШНО по информации от СРНС. Коррекция ШНО осуществляется в вычислительном устройстве с использованием информации о надежности данных СРНС, получаемой от блока выбора режима комплексирования по критерию "точность-надежность". На начальном этапе работы навигационной системы коррекцией устраняются погрешности начальной выставки ШНО. Повышенная точность АП СРНС обеспечивается за счет компенсации атмосферной погрешности вычисления навигационных параметров. С этой целью в схеме предусмотрен блок учета атмосферных погрешностей, в котором компенсация тропосферной и ионосферной погрешности проводится в два этапа:

- на земле посредством учета метеорологических элементов (температура, давление, влажность), географического места, времени года и временного цикла;
- в воздухе посредством коррекции поправок, исходя из текущего значения времени суток t , угла возвышения навигационного спутника α , и абсолютной барометрической высоты полета $H_{abs}^{об}$.

Дополнительно, в полете учитываются значения тропосферной групповой поправки и коэффициента электронной концентрации ионосферы, рассчитанные для данной местности наземным сегментом вычисления атмосферных поправок. Принцип действия основан на допущении, что для одного географического района Земли, соот-

меримого с тактическим радиусом полета вертолета, значение коэффициента электронной концентрации в ионосфере остается постоянным, и, следовательно, в любой момент времени оно может быть вычислено на земле и передано на борт вертолета.

Кроме того, на базе СГАУ в ходе проведения многоэтажных исследований на экспериментальной установке, имитирующей влияние несущего винта (НВ) вертолета на прием сигналов антенной спутникового навигационного приемника, получены численные оценки возникающей погрешности и проведено их сравнение с результатами компьютерного моделирования, использующего соответствующую математическую модель [5, 8]. Предложена система контроля взаимного положения вертолета, груза и земной поверхности на базе двух навигационных приемников и алгоритма определения взаимного положения, которая может рассматриваться как один из вариантов повышения безопасности выполнения вертолетом задачи транспортировки груза на внешней подвеске [10].

Таким образом, целью предлагаемой НИР является повышение точности и надежности навигации транспортных вертолетов за счет комплексирования ШНО вертолета и АП СРНС с учетом их конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

В качестве объекта исследования выступает навигационное обеспечение российских транспортных и транспортно-боевых вертолетов при использовании АН СРНС. Предметом исследования являются способы и алгоритмы комплексирования ШНО вертолета с аппаратурой СРНС, расширяющие области его использования, повышающие безопасность его эксплуатации и качество выполняемых задач.

Актуальность работы на этом типе авиационной техники обусловлена: во-первых, повышением роли вертолетов как наиболее эффективного средства доставки людей и грузов в места с ограниченными размерами взлетно-посадочными полос или на необорудованные площадки и, следовательно, расширением круга выполняемых с помощью вертолетов задач; во-вторых, перспективой модернизации имеющихся вертолетных навигационных комплексов в связи с возрастанием требований по точности, надежности и доступности навигационного обеспечения авиации и вертолетов; в-третьих, необходимостью рассмотрения вопросов оценки эффективности использования АП СРНС на вертолетах, исходя из их конструктивных особенностей; в-четвертых, отличием режимов полета вертолета и условий его эксплуатации от других типов летательных аппаратов, что существенно влияет на прием навигационных сигналов аппаратурой СРНС.

Научная новизна работы заключается в проведении реальных экспериментальных исследований по эксплуатации СНП российского производства на транспортном

(транспортно-боевом) вертолете; выявлении конструктивных особенностей вертолета оказывающих наибольшее влияние на точность и надежность эксплуатации СНП на вертолете; экспериментальном исследовании влияния основных возмущающих факторов на точностные характеристики навигации; разработке предложений по повышению точности навигации путем компенсации ошибок АП СРНС.

Научно-исследовательскую работу предполагается проводить в три этапа:

1. Подготовительный этап, включающий разработку программы летных испытаний: подготовку комплекта адаптированной навигационной АП СРНС; проведение теоретических занятий с экипажем вертолета в рамках предварительной подготовки.

2. Этап проведения практических работ по НИР, включающий практическое исследование влияния НВ вертолета на различных режимах полета; практическое исследование влияния подстилающей поверхности; устранение атмосферной погрешности определения навигационных параметров АП СРНС на вертолете; отработку различных аспектов совместного использования СНП и ШНО вертолета на различных этапах полета.

На данном этапе предполагается последовательное решение следующих задач:

– отработка методов навигационных определений для автономно работающего навигационного приемника, в том числе с использованием алгоритма работы наземного сегмента вычисления атмосферных поправок,

– проведение натурных исследований влияния условий полета и НВ вертолета на типовых режимах полета, в том числе и на предельно-малых высотах с учетом влияния подстилающей поверхности;

– рассмотрение перспектив интеграции навигационного приемника СРНС в бортовое ШНО вертолета.

3. Этап включает анализ полученных данных и подготовку отчета по НИР, предусматривающего заявку на техническую доработку навигационного оборудования вертолета; выработку рекомендаций по эксплуатации АП СРНС на вертолете, выбору обоснованию места размещения антенны приемника СРНС на вертолете; разработку практических рекомендаций инженерно-техническому составу по размещению, наземному обслуживанию и подготовке к полету СНП на вертолете при выполнении различных типов полета; разработку практических рекомендаций летчику-штурману по использованию данных СРНС при совместной эксплуатации со ШНО.

В результате проведения НИР будет достигнуто:

– повышение точности вертолетовождения с применением аппаратуры СРНС путем использования выработанных практических рекомендаций на всех режимах полета вертолета при выполнении всех типов задач;

– использование результатов практических экспериментов при проектировании и создании вертолетных навигационных комплексов на основе АП СРНС.

Таким образом, межотраслевое сотрудничество в области исследования эффективности использования спутниковой радионавигации на транспортных вертолетах имеет большие перспективы как с точки зрения практической использования имеющихся результатов теоретических исследований, так и в качестве полигонных испытаний радиоаппаратуры с целью выработки требуемых тактико-технических характеристик перспективных образцов навигационных комплексов.

Библиографический список

1. Моисейкин Д.А. Место и роль спутниковой навигации в повышении эффективности и надежности эксплуатации вертолетов // Управление движением и навигация летательных аппаратов: Сб. тр. X Всерос. науч.-техн. семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов: Ч.1 / Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т., 2001. – С. 107-119.
2. Моисейкин Д.А. Современные тенденции развития навигации воздушных судов // Сб. науч. статей: Основные направления военных исследований и научной работы в СВАИ в 2002-03 уч. году. Ч.2 Сызр. воен. авиац. инс-т. Сызрань, 2003. – С. 43-45.
3. Моисейкин Д.А., Антонов Н.В. Системный анализ проблем навигации транспортных вертолетов с использованием спутниковых радионавигационных систем. // Сб. науч. статей: Основные направления военных исследований и научной работы в СВАИ в 2003-04 уч. году. Сызр. воен. авиац. инс-т. Сызрань, 2003. – С. 56-59.
4. Моисейкин Д.А. Проблемные вопросы использования систем спутниковой навигации на вертолетах // Сб. тр. XIII Всерос. науч.-техн. конференции "Проблемы повышения боевой готовности, боевого применения, технической эксплуатации и обеспечения безопасности полетов ЛА с учетом климатогеографических условий Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока": Ч.2., / Иркутский воен. авиац. инж. ин-т. Иркутск, 2003. – С. 73-74.
5. Белоконов И.В., Моисейкин Д.А. Полунатурные исследования экранирующего воздействия несущего винта вертолета на точность позиционирования при спутниковой радионавигации // Управление движением и навигация летательных аппаратов // Сб. тр. XI Всерос. науч.-техн. семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2003. – С. 46-47.

6. Моисейкин Д.А., Белоконов И.В. Исследование влияния несущего винта вертолета на надежность и точность навигации при использовании спутниковых радионавигационных систем: Сб. тр. "Королевские чтения", Т.1., Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2004. – С.61.
7. Моисейкин Д.А., Собода С.А. Экспериментальная установка по анализу влияния несущего винта вертолета на точность навигационных определений: Сб. тр. "Королевские чтения" / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2004. – С. 61-66.
8. Прохоров А.В., Рубцов В.Д. Моделирование влияния мешающих воздействий на работу приемоиндикаторов СРНС, размещаемых на вертолетах // Отчет по НИИ №107-90 Исследование влияния условий эксплуатации на характеристики приемных индикаторов СРНС при их размещении на вертолетах, – М.: МИГА, 1989. – 93 с.
9. Моисейкин Д.А. Оценка эффективности совместного использования спутникового навигационного приемника и штатного навигационного оборудования вертолета. Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XIV Междун. научн.-техн. семинара. г. Алушта, Крым – Самара: Сам. гос. аэрокосм. ун-т., 2005. – С. 231.
10. Моисейкин Д.А., Попов В.А. Проблемы относительной навигации при транспортировке грузов вертолетом на внешней подвеске // Управление движением и навигация летательных аппаратов: Сб. тр. XII Всерос. науч.-техн. семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2005. – С. 67-77.