

УДК 629.7.018.7

## **Роль летчика в комплексном анализе задач самолетовождения при проведении летных испытаний самолетов «Ил»**

Куимов Н.Д. Харин Е.Г., Ясенюк А.В.

### **Аннотация**

Рассмотрена значимость этапа летных испытаний в общем цикле создания современного самолета. Проанализированы задачи, которые летный экипаж решает на этапе подготовки к испытаниям, при проведении летных экспериментов и анализе их результатов. Сформулирован метод комплексного анализа к проведению летных испытаний по оценке самолетовождения, базирующийся на совместном анализе результатов испытаний летчиками-испытателями, разработчиками оборудования и ведущими инженерами по испытаниям. Применение комплексного анализа позволяет повысить зачетность испытательных полетов и объективность получаемых результатов за счет объединения качественной оценки функционирования оборудования, выполняемой экипажем и количественной оценки необходимых характеристик.

### **Ключевые слова**

летные испытания, пилотажно-навигационный комплекс, самолетовождение.

Процесс создания современного самолета включает ряд этапов от формулирования общей концепции, до разработки и создании самолета, эксплуатации, последующей модернизации и утилизации на завершающем этапе – рисунок 1.

Первый этап включает в себя проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИР, ОКР) для формирования принципов построения и обоснования тактико-технических характеристик (ТТХ). Этот этап завершается разработкой тактико-технического задания (ТТЗ) на опытно-конструкторскую работу по созданию конкретного самолета и его оборудования. Второй этап период связан с конструированием и созданием опытного образца. На третьем этапе проводятся летные испытания, как летно-конструкторские, так и государственные, которые завершаются решением о серийном производстве и принятии на вооружение (для самолетов военной авиации) или сертификата о возможности эксплуатации (для самолетов гражданской авиации). Последний этап включает в себя применение и эксплуатацию с возможной модернизацией.

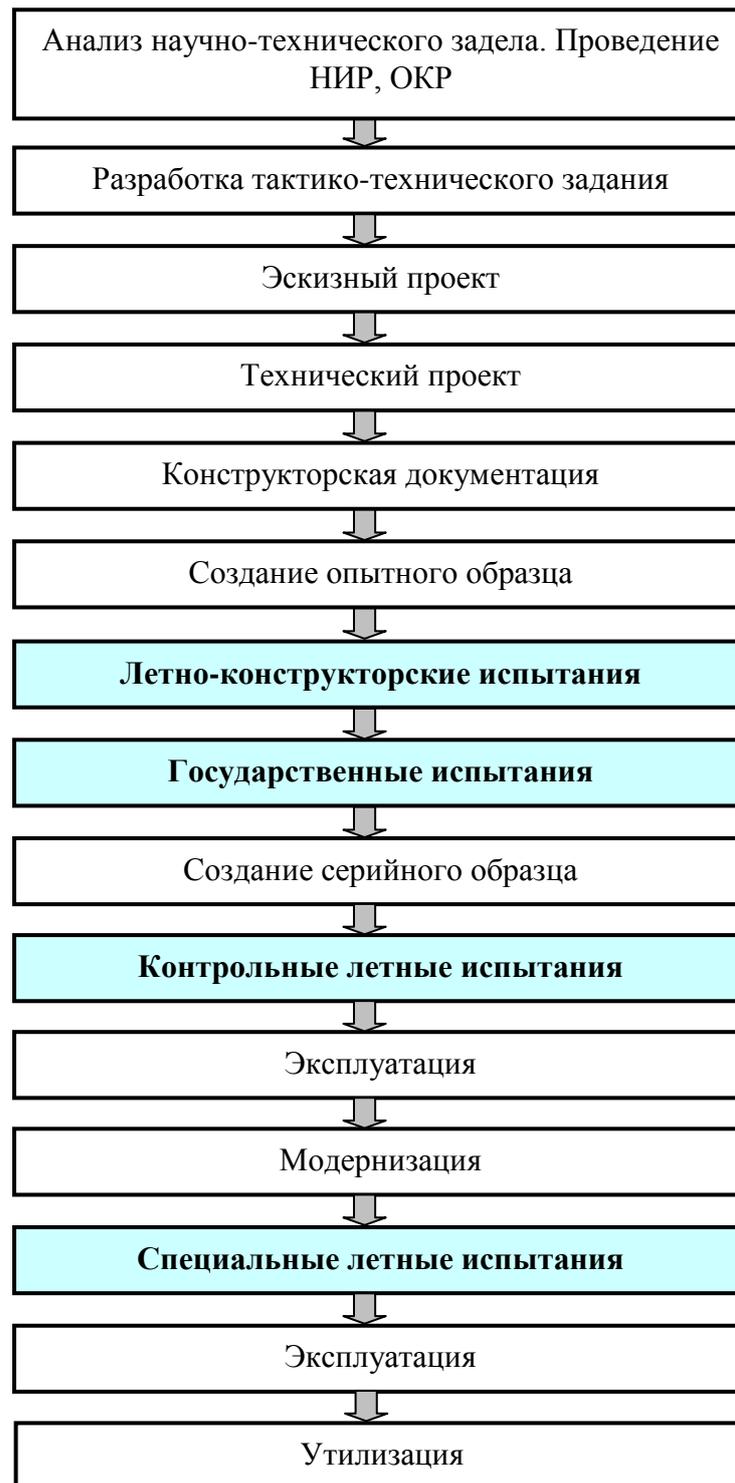


Рисунок 1. Общий цикл создания авиационной техники.

Для общего цикла создания современного самолета характерен длительный этап летных испытаний. Сроки создания и испытаний бортового оборудования (от характеристик которого во многом зависит точность самолетовождения, рассматриваемая в данной статье) составляют несколько лет, а объем полетов, связанных с испытаниями оборудования, достигает до 70% от всего объема испытательных полетов.

Возрастание объема испытаний объясняется ростом сложности испытываемых систем, числа функций и режимов работы, объема и сложности программного обеспечения, что, в свою очередь вызывает пропорциональный рост числа летных экспериментов.

Продолжительность летных испытаний существенно влияет на сроки создания авиационной техники. Кроме сложности решаемых задач, на сроки проведения испытаний негативно влияют следующие факторы:

- ограниченное (часто недостаточное) финансирование с одновременным ростом затрат на проведение испытаний – стоимости оборудования самолета, топлива, участия сторонних организаций и т.д.;
- на испытания предьявляется недостаточно отработанное оборудование, особенно по вопросам надежности;
- непрерывные изменения конфигурации оборудования и его программного обеспечения, которые проводятся вследствие недостатков, обнаруженных при испытаниях.

При проведении испытаний существуют объективные и субъективные причины незачетности полетов, такие как ошибки в полетном задании, неправильные действия экипажа, неподготовленность и отказы аппаратуры.

Особенно большие затраты при испытании навигационных комплексов приходятся на недоработанное программное обеспечение. Так, например, при испытаниях модернизированных самолетов семейства Ил-76 это привело к практически непрерывному изменению программного обеспечения управляющей вычислительной системы (УВС) комплекса «Купол- III-76М». Во многих случаях главным фактором незачетности полетов (при корректных полетных заданиях и правильных действиях экипажа) была неправильная работа программного обеспечения УВС. Основная причина этого состоит в недостаточной стендовой отработке оборудования. Все это приводит к росту количества полетов, следовательно, к увеличению затрат на испытания и сроков их проведения.

Исходя из значимости этапа летных испытаний, важна задача сокращения сроков испытаний и затрат на их проведение, за счет повышения зачетности испытательных полетов и снижения их общего количества.

### **Современные методы и технология проведения летных испытаний**

Продолжительность испытаний напрямую связана с методами проведения испытаний, а также с теми аппаратными и программными средствами, которые используются для регистрации информации в процессе полета и анализе их материалов. Эффективное решение

задач, связанных с определением необходимых характеристик, включает в себя проведение предварительных расчетов, анализ материалов летных испытаний, сопровождающее моделирование и сочетание этих методов для получения интегральных оценок [1,2].

Исходя из целей испытаний, объема проверяемых функций и заданных тактико-технических требований разрабатывается методика проведения испытаний. Методика создается в соответствии с действующими нормативными документами, особенностями объекта испытаний – самолета и его пилотажно-навигационного комплекса (ПНК), заданных требований и ожидаемых условий эксплуатации. Методика является основным документом, в котором определен порядок и объем наземных работ и испытательных полетов, выбор средств регистрации информации и внешнетраекторных измерений, методы определения характеристик, обработки и анализа материалов испытаний.

На основании методического обеспечения, разработанного применительно к самолету с конкретным составом оборудования, создается программа испытаний с детальной проработкой выполняемых полетов, маршрутов, режимов и задач ПНК. С учетом комплексирования проверяемых задач планируется количество полетов и летных часов по отдельным пунктам программы испытаний, утверждается состав испытателей – летный экипаж и инженеры-экспериментаторы, распределение обязанностей между ними при выполнении летных экспериментов. Также в программе устанавливаются сроки проведения испытаний и формулируются требования по организации работ и мерам безопасности.

Непосредственная оценка задач самолетовождения производится по материалам, регистрируемым в ходе летных испытаний бортовой системой измерений, средствами внешнетраекторных измерений, а также по экспертной оценке, выполняемой летным экипажем и участниками испытаний. По результатам каждого полета проводится экспресс-анализ, оперативная и полная обработка материалов летных испытаний. По множеству полученных результатов определяются статистические характеристики погрешностей, по которым оценивается соответствие точностным характеристикам, заданным в тактико-техническом задании на каждый режим счисления.

Технология летных испытаний создается на основе разработанного методического обеспечения и включает в себя:

- разработку методов и средств обеспечения летных исследований и испытаний (стенды, летающие лаборатории, средства регистрации и обработки, средства внешне траекторных измерений, программно – математическое обеспечение и т.д.);
- определение видов и объемов работы по всем этапам испытаний;

- проведение испытательных полетов.

Общая структурная схема организации испытаний показана на рисунке 2.

Для эффективного проведения летных испытаний средств определения координат и решения задач самолетовождения технология проведения испытаний должна позволять:

- получать достаточный объем информации при проведении каждого летного эксперимента;
- производить оперативную (в реальном времени на борту самолета) оценку результатов полета;
- производить накопление результатов обработки каждого полета;
- выполнять на наземных вычислительных средствах автоматизированную обработку для получения статистических характеристик оцениваемых параметров.

С этой целью проводятся следующие работы:

1. Анализ требований к средствам определения координат, перечня решаемых навигационных задач, схем взаимодействия средств определения координат с другими системами пилотажно-навигационного оборудования (ПНО) и функциональными системами самолета.
2. Анализ выходных параметров систем ПНО, входных и выходных параметров вычислительной системы самолетовождения и определение Перечня параметров для регистрации при проведении летных испытаний.
3. Выбор системы регистрации информации и внешнетраекторных измерений. Разработка схем связи систем ПНО с системой регистрации.
4. Разработка методик испытаний в части средств определения координат и обеспечения самолетовождения, составление перечня работ для определения и оценки характеристик систем и режимов работы ПНО, средств индикации, сигнализации и компоновки кабины при проведении испытаний.
5. Адаптация существующего (при необходимости – разработка нового) программно-математического обеспечения автоматизированной обработки материалов летных испытаний для оценки различных задач самолетовождения.



Рисунок 2. Структурная схема организации испытаний.

При проведении летных испытаний самолета основными задачами в части оценки средств определения координат и обеспечения самолетовождения являются:

1. Отработка в летных условиях систем ПНО, входящих в состав средств определения координат, при их автономной работе и при их взаимодействии в составе ПНК.
2. Определение функциональных возможностей системы самолетовождения и взаимодействующих с ней систем и оценка их соответствия заданным тактико-техническим требованиям.
3. Определение технических характеристик систем ПНО и оценка точности определения местоположения ВС при различных режимах работы вычислительной системы самолетовождения.
4. Оценка точности самолетовождения при выполнении полетов в ожидаемых условиях эксплуатации в предусмотренных физико-географических условиях по маршрутам различной точности и с различной интенсивностью воздушного движения.

Условно заданные требования по обеспечению самолетовождения можно разделить на три группы – функциональные (выполнение навигационных задач), эргономические (компоновка кабины, размещение приборов, индикаторов и пультов управления) и точностные. Соответствие функциональных и эргономических требований оценивается, в основном качественно – по экспертной оценке экипажа и других участников летного эксперимента. Основная часть времени, которая приходится на обработку и анализ материалов испытаний, связана с оценкой точностных характеристик самолетовождения.

При проведении испытаний оценка точности самолетовождения выполняется для разных режимов счисления, в различных системах координат – географическая или ортодромическая система при выполнении полета по маршруту, декартовая система при анализе захода на посадку. Несмотря на разнообразие задач, по сути, оценка точности самолетовождения сводится к сопоставлению заданной траектории движения самолета и его фактического местоположения, а также анализу информации, сформированной ПНК.

Критериями, которые используются при оценке точности самолетовождения, является вероятность нахождения самолета в области допустимых отклонений от линии заданного пути и погрешность определения текущего местоположения.

Для последующей оценки точности самолетовождения необходимо в процессе испытательного полета зарегистрировать информацию систем бортового оборудования и определить местоположение самолета с требуемой точностью. Решение этих вопросов, при испытаниях практически всех самолетов «Ил» на протяжении последнего десятилетия, успешно выполняется с помощью комплекса бортовых траекторных измерений (КБТИ), который разработан ФГУП «ЛИИ им. М.М. Громова».

Схема применения комплекса в ходе летных испытаний показана на рисунке 3.

Спутники  
GPS/ГЛОНАСС



**Системы бортового оборудования**

**Бортовой блок КБТИ**

**Блок контроля и управления КБТИ**

**Экспресс-анализ**

**Наземная станция СНС**

**Автоматизированные рабочие места**

**Послеполетная обработка и анализ информации**

Информация систем бортового оборудования

Траекторные параметры в дифференциальном режиме СНС

Рисунок 3. Схема применения КБТИ.

Комплекс выполняет сбор информации бортового оборудования в форматах ARINC-429 (ГОСТ-18977-79), MIL-STD (ГОСТ Р 52070-2003), которые используются в авиации в настоящее время, регистрацию информации с точной временной привязкой к единой шкале и осуществляет траекторные измерения с использованием спутниковой навигационной системы, входящей в его состав.

Использование комплекса КБТИ позволяет получать первые оценки функционирования систем бортового оборудования и решения задач самолетовождения непосредственно в реальном времени летного эксперимента. Для послеполетной обработки информации разработано разнообразное программно-математическое обеспечение, которое позволяет с высокой оперативностью получать результаты анализа материалов испытаний, необходимые для планирования задач и содержания следующих испытательных полетов.

Точностные характеристики комплекса, приведенные в таблице 1, достаточны для оценки точности самолетовождения как современных, так и перспективных самолетов.

Таблица 1. Точностные характеристики комплекса КБТИ.

Параметр	Величина погрешности (вероятность 95%)	
	Кодовый дифференциальный режим	Фазовый дифференциальный режим
Координаты	3 ÷ 5 м	0,7 м
Скорость	0,1 м/с	0,05 м/с
Угол курса	5 угл. мин	5 угл. мин

На основе применения КБТИ разработан целый ряд технологий проведения летных испытаний, например, технологий оценки точности самолетовождения, определения характеристик систем пилотажно-навигационного и радиотехнического оборудования, аэродинамических погрешностей приемников воздушного давления, взлетно-посадочных характеристик.

Как показал практический опыт, использование комплекса КБТИ позволяет сократить объем и сроки летных испытаний за счет следующих факторов:

- полнота регистрации информации и высокая точность определения параметров пространственного положения самолета;
- надежность функционирования комплекса;
- оперативность обработки и анализа информации;

- широкий диапазон получения траекторных измерений параметров, включая отдаленные районы испытаний, базы и полигоны, не оборудованные специальными средствами внешнетраекторных измерений.

Применение комплекса КБТИ дает всю информацию, необходимую для оценки задач самолетовождения в летных испытаниях.

### **Метод комплексного анализа материалов летных испытаний**

Ранее была определена значимость летных испытаний в процессе создания авиационной техники и актуальность задачи сокращения сроков испытаний, снижения затрат на их проведение.

Основные направления решения этой задачи:

- максимально возможное объединение испытаний летательного аппарата (получение летно-технических характеристик), силовой установки, бортового оборудования за счет комплексирования испытательных полетов;
- повышение зачетности испытательных полетов, за счет тщательной подготовки и проработки полетных заданий, повышения качества наземной отработки бортового оборудования, доведения его до уровня надежности, который обеспечивает гарантированное выполнение испытательного полета;
- тщательный совместный анализ полученных материалов после выполнения каждого полета, выполняемый как инженерами – специалистами по проведению испытаний и разработчиками бортового оборудования, так и летчиками-испытателями, которые непосредственно оценивают функционирование оборудования в условиях испытательного полета.

Важным направлением является повышение вклада летчиков-испытателей, как при подготовке к летным испытаниям, так и при проведении комплексного анализа материалов испытаний. Для обоснования этого направления более подробно рассмотрим те задачи, которые летный состав, как правило, решает в процессе испытаний отдельных систем бортового оборудования и ПНК в целом, при отработке задач самолетовождения. Схематично задачи, решаемые в ходе подготовки и проведения испытаний, показаны на рисунке 4.



Рисунок 4. Задачи, решаемые летным составом в процессе испытаний.

«Знакомство» с новым самолетом или модернизированным вариантом существующего самолета, в части обеспечения самолетовождения, начинается с изучения состава бортового оборудования, заданных требований и характеристик (ТТЗ). Рассматриваются функции и задачи, решаемые пилотажно-навигационным или прицельно-навигационным комплексом, технические руководства (логика информационного взаимодействия отдельных систем, инструкции оператору), в которых содержатся правила работы с оборудованием. Помимо, собственно, изучения этой документации, на этом этапе выполняется анализ ее качества и полноты, с точки зрения дальнейшего использования в серийной эксплуатации самолета.

Затем проводится отработка комплекса на стендовой базе разработчика, например, в ЗАО «Котлин-Новатор» (разработчики ПНК «Купол-III-76М» модернизированных самолетов Ил-76). В ходе отработки проверяется функционирование комплекса при решении различных навигационных задач:

- подготовка и оперативное изменение маршрута полета;

- имитация выполнения полета по заданному маршруту;
- выбор режима счисления координат текущего местоположения самолета;
- задание выработки поправок координат по различным навигационным системам;
- автоматическая и ручная коррекция координат;
- выбор стандартных схем вылета, прилета и захода на посадку из навигационной базы данных.

При этом проводится предварительная эргономическая оценка работы с комплексом – качество пульта управления и индикатора отображения информации:

- количество действий, которые нужно выполнить для реализации необходимой операции;
- достаточность отображаемой информации для решения конкретной навигационной задачи;
- группировка изображения на экране индикатора, количество видеостраниц, которые нужно контролировать при решении навигационной задачи;
- взаимная согласованность изображений – единое представление информации (вид с самолета на землю или с земли на самолет) на всех средствах индикации в кабине во всех режимах полета;
- правильность изображения и понятность используемых символов и условных обозначений;
- размер и расположение кнопок управления;
- контроль возможных неправильных действий оператора при выборе или вводе информации и т.д.

Важно отметить, что от степени решения этих вопросов, в конечном итоге, зависит и безопасность полетов.

Одним из факторов, который негативно влияет на продолжительность испытаний, являются постоянные модификации и новые версии программного обеспечения бортового оборудования. Это конечно так, но вместе с тем, такая модификация дает возможность достаточно оперативно внести изменения в функционирование оборудования. Материальные затраты и сроки выполнения такой модификации (с проверкой сделанных изменений и сертификацией программного обеспечения) несопоставимы, например, с изменением конструкции планера или характеристик силовой установки. Вопросы, связанные с модификацией программного обеспечения, естественно, лучше решать в процессе наземной отработки, чтобы не тратить на эти проблемы испытательные полеты.

При этом обязательно нужно учитывать уникальный опыт, который приобретает летчик-испытатель в процессе работы. Например, военный летчик или летчик гражданской авиации высокого класса, несколько лет летает на самолете одного типа и за это время досконально изучает его особенности, нюансы пилотирования, работу оборудования и всех самолетных систем. За это же время, просто в силу специфики своей работы, летчик-испытатель осваивает и выполняет полеты на самолетах разных типов. При этом приобретаются новые знания, в том числе, по работе с различными системами бортового оборудования, их недостатками и положительными моментами. Логично использовать этот опыт при создании и отработке новых комплексов.

Понятно, что невозможно (да и не нужно) предлагать новый принцип работы ПНК или решение специальных технических вопросов, но важно донести до сведения разработчиков свои предложения по реализации управления комплексом, отображения информации. Тем более эти моменты, как правило, в недостаточном объеме оговариваются в Техническом задании на комплекс. Значительно большее внимание уделяется кругу решаемых навигационных задач и точностным требованиям. Поэтому полученный результат впервые оценивается летчиком (конечным потребителем) в ходе стендовой отработки оборудования.

После окончания стендовой отработки и устранения недостатков, которые обнаружены при этом, а также реализации согласованных предложений, выполняются летные испытания. При этом летчик-испытатель вместе с ведущим инженером участвует в подготовке и разборе полетных заданий. Здесь, помимо уровня методической подготовки, на первое место выходят вопросы, связанные с общим объемом задач испытаний и результатами, полученными в предыдущих полетах (режимы работы комплекса, по оценке которых недостаточно материалов, отказы систем бортового оборудования и т.д.). Это позволяет оптимально планировать содержание испытательного полета, в том числе, подготовить несколько вариантов задания в случае получения неудовлетворительных результатов или возможных отказов оборудования в процессе полета.

Сами испытательные полеты по оценке решения навигационных задач несут меньшую психофизическую нагрузку (по сравнению, например, с полетами по оценке летно-технических характеристик), но с другой стороны, требуют постоянной концентрации внимания на протяжении длительного времени. В продолжительных маршрутных полетах особенно необходима слаженность летного экипажа и четкое понимание решаемой задачи испытаний всеми членами экипажа.

В большинстве таких полетов принимают участие инженеры-экспериментаторы и разработчики испытываемого комплекса. Конечно, современная контрольно-записывающая аппаратура может зарегистрировать всю необходимую информацию, но непосредственное участие в полете этих специалистов имеет следующие преимущества:

- оперативное устранение возможных неисправностей и получение информации, как избежать таких ситуаций в дальнейшем;
- экспресс-анализ в реальном времени – проверка функционирования оборудования и оценка решения текущей навигационной задачи, что дает дополнительную информацию в случае необходимости изменить содержание полета, вплоть до его прекращения.

Результаты экспресс-анализа (выявленные в полете недостатки и предварительные оценки) обсуждаются на послеполетном разборе для устранения обнаруженных недостатков, определения сроков и содержания следующего полета.

Обработка материалов испытаний выполняется соответствующими специалистами с помощью специализированного программно-математического обеспечения. В этом процессе важно правильно организовать взаимодействие инженеров, которые обрабатывают зарегистрированную информацию, разработчиков систем и летчиков, непосредственно работающих с ПНК в реальных условиях. Такой совместный комплексный анализ позволяет не только определить, например, значения точностных характеристик самолетовождения, но и в случае неудовлетворительной работы комплекса или несоответствия полученных характеристик заданным требованиям, выявить причины этих недостатков.

Основные принципы проведения комплексного анализа показаны на рисунке 5.

В ходе летного эксперимента выполняется качественная оценка решения навигационных задач, точности самолетовождения (выдерживание линии заданного пути – ЛЗП, выполнение зон ожидания, стандартных схем маневрирования в районе аэродрома и т.д.), качество эргономических решений.

Послеполетная обработка состоит из количественной оценки и анализа требуемых характеристик. Летчик-испытатель, который знает основные результаты проведенного анализа, располагает информацией, на что в первую очередь нужно обратить внимание в следующем полете (например, проверяемый режим счисления, используемые в этом режиме параметры систем бортового оборудования и т.д.). Эта информация помогает как при составлении и разборе полетного задания, так и при выполнении полета. Что, в свою очередь, повышает зачетность испытательных полетов.



Рисунок 5. Структурная схема комплексного анализа задач самолетовождения.

Применение комплексного анализа показано на примере оценки инерциально-спутникового режима счисления координат в комплексе «Купол-III-76М» самолета Ил-76МФ. При проведении испытаний при отладке и оценке этого режима был обнаружен ряд проблем. Например, в полете, выполненном на испытательной трассе ФГУП «ЛИИ им. М.М. Громова», отмечено хаотическое перескакивание с одного типа счисления на другой, что не позволяет с достоверностью относиться к проверяемому типу счисления. По сообщениям на пульте управления и индикации (ПУИ) происходила произвольная смена режима счисления, хотя переход из одного режима счисления на другой должен выполняться командами, вводимыми с ПУИ – принудительным деселектированием соответствующих систем комплекса. Это отражено в летной оценке, сделанной по результатам полета.

Проведенный анализ информации, зарегистрированной КБТИ, подтвердил этот вывод, сделанный в полете летным составом. Траектория выполненного полета и сформированный УВС признак режима счисления ТКМС показаны на рисунке 6.

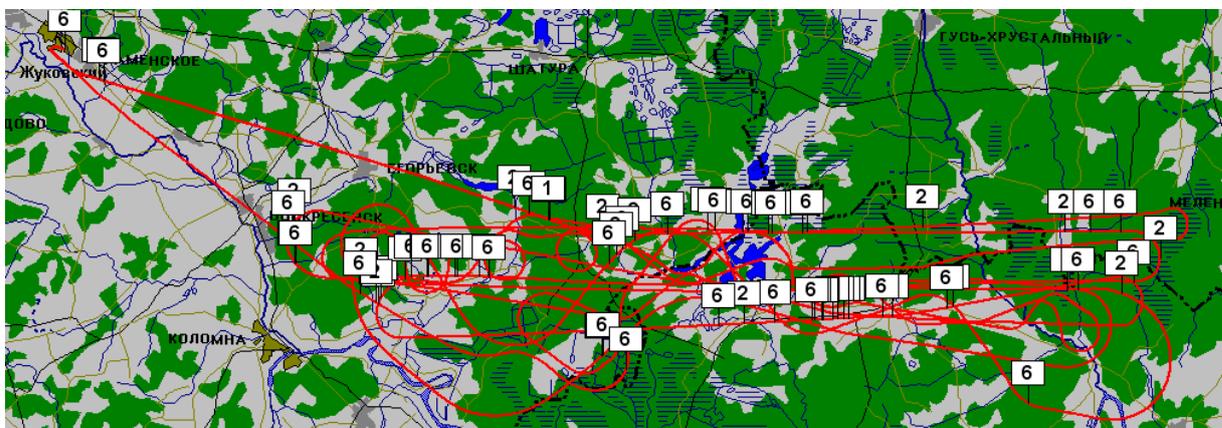


Рисунок 6. Траектория полета и признак режима счисления: «1» – инерциально-доплеровский режим; «2» – инерциальный; «6» – инерциально-спутниковый.

Погрешности ПНК и спутниковой навигационной системы (СНС) А-737, признак режима счисления, углы крена и тангажа показаны на графике (рисунок 7).

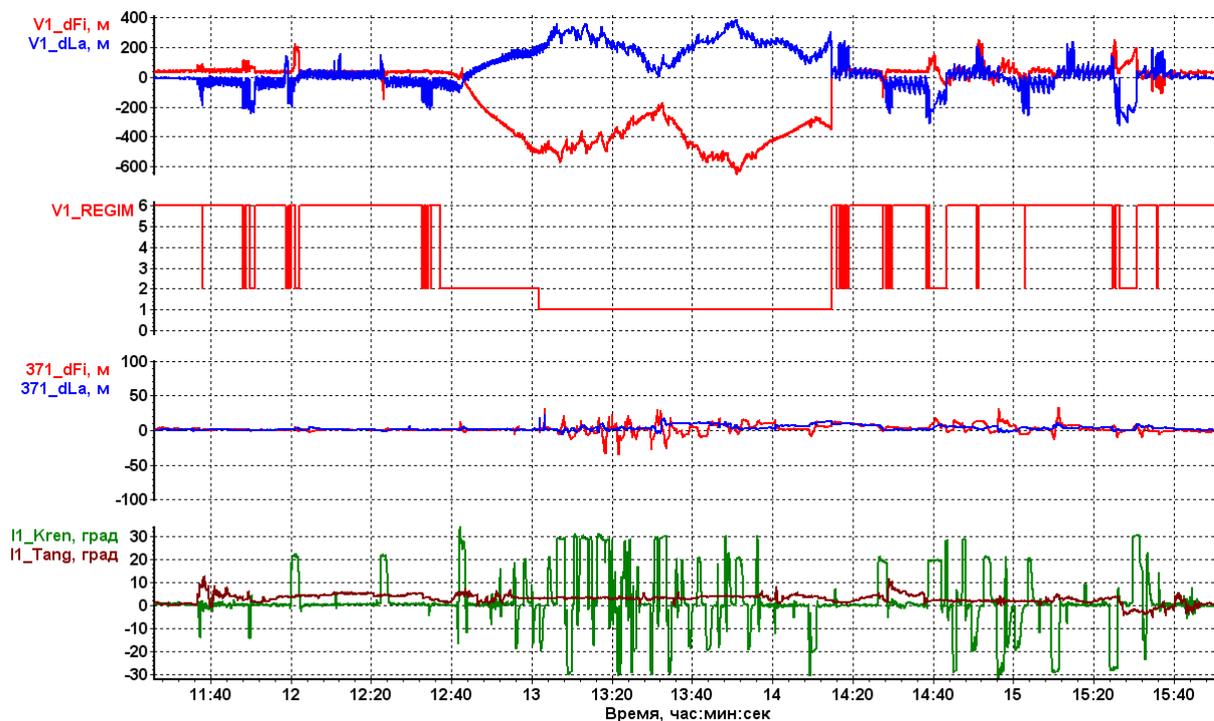


Рисунок 7. Погрешности координат ПНК (V1\_dFi, V1\_dLa), СНС А-737 (371\_dFi, 371\_dLa), признак режима счисления (V1\_REGIM), углы крена и тангажа (I1\_Kren, I1\_Tang) на протяжении полета.

Детальный анализ полученных результатов выявил проблемы реализации инерциально-спутникового режима счисления. Большинство произвольных отключений этого режима связано с углами крена  $|\gamma| > 15^\circ$  при эволюциях самолета. Также наблюдаются отключения режима, которые нельзя объяснить ни кренами самолета, ни повышенными погрешностями средства коррекции – СНС А-737.

Локализация этой причины отмены режима счисления и представление полученных материалов разработчикам комплекса позволили выполнить уточнение реализованных алгоритмов. Пример погрешностей счисления координат после устранения обнаруженной ошибки показан на рисунке 8.

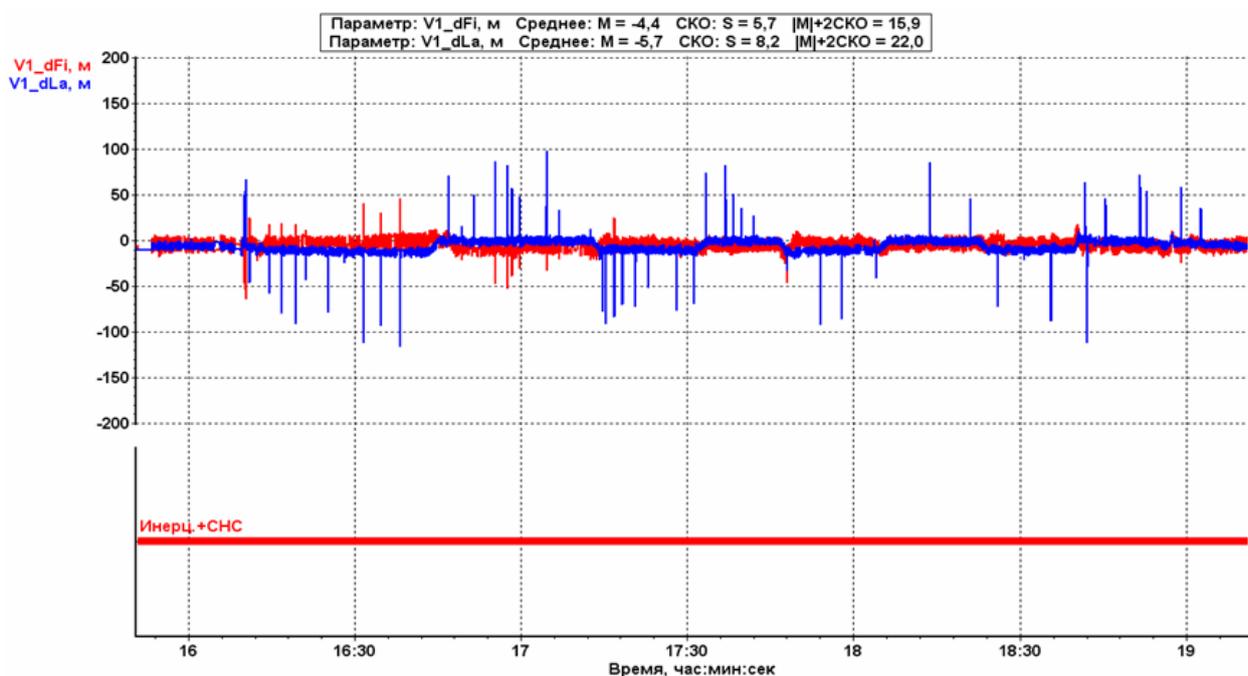


Рисунок 8. Погрешности координат ПНК (V1\_dFi, V1\_dLa) в инерциально-спутниковом режиме счисления. Статистические оценки погрешностей координат.

Подводя итог, можно отметить, что доскональное понимание сути выполняемого летного эксперимента, принципов работы испытываемых систем, летным экипажем позволяет повысить зачетность летных экспериментов и их информативность. Совместное участие в разборе полетов и анализе материалов испытаний летчиков, которые непосредственно наблюдают работу аппаратуры в реальных условиях, инженеров, занимающихся обработкой и анализом зарегистрированной информации, разработчиков систем, знающих особенности их работы, дает необходимую информацию для оперативного решения задач, которые ставятся при проведении испытаний. Наряду с использованием

современных средств регистрации и обработки информации, выполнения траекторных измерений на основе спутниковых технологий, этот подход позволяет снизить количество испытательных полетов, а значит и материальные затраты на проведение испытаний, повысить оперативность испытаний.

### **Выводы**

1. Определена значимость этапа летных испытаний в общем цикле создания современного самолета и целесообразность сокращения сроков испытаний и затрат на их проведение, за счет повышения зачетности испытательных полетов и снижения их общего количества.

2. Сформулирован комплексный подход к анализу задач самолетовождения в процессе летных испытаний, который заключается в объединении качественной оценки решения навигационных задач, точности самолетовождения, уровня эргономических решений в процессе летного эксперимента и послеполетной количественной оценки и анализа требуемых характеристик. В результате такого подхода возможно эффективное планирование летных экспериментов, составление полетных заданий, учитывающих все полученные ранее результаты, что направлено, в конечном итоге, на повышение зачетности испытательных полетов.

3. Эффективность комплексного подхода подтверждается, в том числе, сроками проведения испытаний – первый испытательный полет самолета Ил-76МФ выполнен в ноябре 2010 г., а уже в апреле 2011 г. подписан Акт по результатам испытаний [3]. При выполнении испытаний удалось сократить как общее число полетов, так и их продолжительность. Первоначально было задано выполнение 40 испытательных полетов суммарной продолжительностью 160 летных часов, а в результате, необходимый объем материалов был получен в 35 полетах суммарной продолжительностью 114 часов.

### **Библиографический список**

1. Новодворский Д.-Е., Поярков Г.И., Харин Е.Г. Методология летных испытаний пилотажно-навигационного оборудования самолетов и вертолетов. М.: Машиностроение. 1984.

2. Харин Е.Г., Цветков П.М., Волков В.К. и др. Летные испытания систем пилотажно-навигационного оборудования. М.: Машиностроение. 1986.

3. Акт по результатам испытаний самолета Ил-76МФ.

#### **Сведения об авторах**

Куимов Николай Дмитриевич, заместитель директора ЛИиДБ ОАО «Авиационный комплекс им. С. В. Ильюшина», телефон: 8-916-648-03-01.

Харин Евгений Григорьевич, начальник НИО-9 ФГУП «ЛИИ им. М.М. Громова», ..  
д. т. н., профессор, тел.: (495) 556-56-43.

Ясенюк Андрей Васильевич, начальник сектора ФГУП «ЛИИ им. М.М. Громова», к.  
т. н., тел.: (495) 556-71-37.