

Анализ полученных результатов, представленных в табл. 1, показывает следующее.

1. Увеличение амплитуды сигналов датчиков S для всех моделей БИНС приводит к пропорциональному увеличению амплитуды угловых скоростей.

2. Точность работы модели БИНС с уравнениями Пуассона выше, чем у БИНС с углами Эйлера – Крылова и в кватернионах.

3. Закономерности изменения амплитуд угловых скоростей и их ошибок измерения сохраняются для всех моделей БИНС с углами Эйлера – Крылова, с уравнением Пуассона и с кватернионами.

4. Угловые ошибки всех моделей БИНС с увеличением отношения $\frac{S}{n} = \frac{\text{сигнал}}{\text{шум}}$ уменьшаются.

Литература.

1. Инженер-механик: республиканский межотраслевой производственно-практический журнал БОИМ. — № 2 [51], апрель–июнь 2011 г. — С. 17–30.
2. Распопов, В.Я. Микросистемная авионика / В.Я. Распопов. — Тула, 2010. — 247 с.: ил.
3. Матвеев, В.В. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.В. Матвеев, В.Я. Распопов. — С.-Пб., 2009. — 278 с.: ил.
4. Бранец, В.Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела / В.Н. Бранец, И.П. Шмыгловский. — М., 1973. — 320 с.: ил.
5. Лурье, А.И. Аналитическая механика / А.И. Лурье. — М., 1961. — 824 с: ил.

УДК 629.7.018.7

ИСПЫТАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

О.М. Василенко, А.Г. Иванов, М.В. Максимова
«ФТИ НАН Беларуси», лаборатория МфСиБАК

Вновь разрабатываемые образцы беспилотных авиационных комплексов (далее — БАК), в состав которых входят беспилотные летательные аппараты (далее — БЛА), подвергаются на разных стадиях их разработки испытаниям, целью которых является принятие решения о целесообразности продолжения разработки или начале их массового производства (рис. 1).

Испытания образцов БАК (БЛА) производится по программам испытаний, которая определяет цель, объем и порядок проведения, а также условия всех работ, связанных с всесторонней оценкой ис-

пытываемого образца БАК (БЛА) и определением его характеристик. Программа испытаний разрабатывается на основе тактико-технического задания (далее — ТТЗ) или технического задания (далее — ТЗ), конструкторской и программной документации в соответствии с положениями типовых программ и методик испытаний (при их наличии) и техническими нормативными правовыми актами в области технического нормирования и стандартизации, касающихся вопросов организации и проведения испытаний [1]. Программа испытаний состоит из следующих основных разделов:



Рис. 1. Летные испытания беспилотного навигационного комплекса

- общие положения;
- объект испытаний;
- цель испытаний;
- объем испытаний;
- условия и порядок проведения испытаний;
- материально-техническое обеспечение испытаний;
- метрологическое обеспечение испытаний;
- обеспечение сохранения государственных секретов;
- отчетность;
- приложение.

Кроме перечисленных выше разделов, в программу испытаний могут быть включены разделы, определяющие объем и порядок моделирования, распределения обязанностей между участвующими в испытаниях организациями, ограничения, меры безопасности и другие вопросы.

С момента создания БАК (БЛА) до его внедрения в массовую эксплуатацию он проходит ряд испытаний:

- заводские (предварительные) испытания опытного образца;
 - государственные испытания опытного образца;
 - контрольные серийные испытания первого серийного образца опытной серии;
 - эксплуатационные испытания опытной серии ЛА;
 - контрольно-серийные испытания лидерных образцов в серии;
 - специальные испытания.
- Заводские (предварительные) испытания опытного образца* проводятся в целях:
- доводки опытного образца БЛА до состояния, обеспечивающего безопасность выполнения полетов по программе летных испытаний;
 - предварительного определения наиболее важных летно-технических характеристик;
 - проверки поведения БЛА на предельных режимах полета;
 - комплексной отработки и проверки всех систем бортового оборудования БЛА;

– отработки комплекса наземного оборудования, приспособлений и контрольно-поверочной аппаратуры;

– предварительной оценки надежности и эксплуатационного совершенства БАК и его систем;

– отработки, отладки и тарировки комплекса бортовой аппаратуры, входящей в комплекс системы измерений и проверки алгоритмов обработки материалов измерений;

– разработки временной инструкции оператору БЛАК;

– разработки временного регламента технического обслуживания БАК (БЛА);

– определения готовности опытного БАК (БЛА) к передаче на государственные испытания.

Государственные испытания опытного образца БАК (БЛА) проводятся в целях:

– проведения испытаний с целью определения характеристик опытного образца и его систем и проверки их соответствия ТТЗ (ТЗ) Заказчика;

– проверки соответствия характеристик БЛА и его систем требованиям ТТЗ (ТЗ);

– принятия решения о начале серийного производства;

– разработки инструкции оператору БЛА, определяющей безопасную эксплуатацию БАК (БЛА) по его предназначению.

Контрольные серийные испытания первого серийного образца опытной серии БАК (БЛА) проводятся в целях:

– определения соответствия основных характеристик нового образца действующей нормативной документации и тактико-техническим требованиям;

– оценки надежности и эксплуатационных качеств нового образца;

– оценки выполненных после государственных испытаний конструктивных доработок и изменений;

– оценки возможности технической эксплуатации образца и его систем в соответствии с технической документацией;

– определения достаточности средств наземного обслуживания и контрольно-поверочной аппаратуры для выполнения всех работ, предусмотренных инструкциями по технической эксплуатации образца.

Эксплуатационные испытания опытной серии БАК (БЛА) проводятся в целях:

– оценки надежности, эффективности и экономичности применения образца при его эксплуатации по предназначению;

– оценки условий жизнедеятельности опера-

торов БЛА и обслуживающего персонала в различных климатических условиях;

– обобщения опыта эксплуатации и оценка достаточности и эффективности средств наземного обслуживания;

– оценки эксплуатационно-технической документации;

– разработки методики освоения (переучивания) на новый образец при эксплуатации;

– определения эксплуатационных расходов горючего и смазочных материалов, специальных жидкостей и газов, а также запасных частей;

– оценки трудозатрат на техническую эксплуатацию нового образца.

В случае, если в процессе эксплуатации БАК (БЛА) проводится их доработка (модернизация), то после ее выполнения проводятся *контрольные испытания лидерных серий БАК (БЛА)* в целях:

– проверки соответствия основных летно-технических и тактических характеристик техническим условиям на поставку и акту государственных испытаний;

– проверки соответствия основных характеристик силовой установки и систем спецоборудования техническим условиям на поставку и акту государственных испытаний;

– проверки влияния основных конструктивных изменений, выполненных на данной серии на летно-технические и тактические характеристики, спецоборудование, другие системы;

– прогноза технического состояния серии, организации необходимых работ, проверок, доработок.

Основная цель *специальных испытаний* состоит в определении отдельных характеристик образца вооружения и решении специальных вопросов, возникающих в процессе государственных или эксплуатационных испытаний.

В зависимости от назначения БАК объем испытаний может изменяться в довольно широких пределах. Однако в любом случае при испытаниях БАК (БЛА) выделяют два этапа: этап наземных испытаний и этап летных испытаний.

1 Наземные испытания

При выполнении наземных испытаний производится комплексная проверка БАК (БЛА) и его оборудования и оценка его соответствия требованиям ТЗ, оценивается возможность и целесообразность выполнения летных испытаний.

При проведении наземных испытаний в программу обязательно включают:

– нивелировку и обмер БЛА;

– тарирование и контроль функционирования бортовых устройств регистрации (далее — БУР)

(достаточность состава оборудования и оценка качества регистрируемых параметров) (рис. 2);

- взвешивание и определение положения центра тяжести, а также зависимости его положения от загрузки БЛА;

- определение основных моментов инерции БЛА;

- проверку и регулировку силовой установки (измерение статической тяги, часового расхода электроэнергии (топлива) на различных режимах);

- определение основных характеристик системы управления (передаточные соотношения, отсутствие люфтов, плавность перемещений органов управления);

- определение запаздывания приемника воздушного давления;

- проверку соответствия характеристик оборудования и всех его систем техническим условиям;

- управляемость и устойчивость движения БЛА по ВПП при взлете по-самолетному;

- условия балансировки БЛА в процессе его движения с поднятым носовым (хвостовым) колесом;

- эффективность рулей;

- устойчивость и управляемость БЛА на скоростях близких к взлетным;

- работоспособность силовой установки и уровень вибрации;

- оценку поведения БЛА при выдерживании направления взлета.

Следует отметить, что при проведении наземных испытаний особое внимание уделяется не только объекту испытаний, но средствам объективного контроля полетов. При этом особое внимание уделяется:

- составу системы бортовых измерений и наземного измерительного комплекса;

- типу измерительной аппаратуры (датчиков и измерительных устройств) и перечню параметров, регистрируемых в каждом измерительном устройстве;

- пределам измерений и частоте регистрации каждого регистрируемого параметра;

- точности измерения каждого регистрируемого параметра;

- алгоритмам обработки результатов измерений.

Результаты работы комиссии оформляются в виде акта, в котором указывается степень готовности БЛА к летным испытаниям.

2 Летные испытания

2.1 Определение летных характеристик БЛА

Технические возможности БЛА определяются следующими летно-техническими и тактическими характеристиками:



Рис. 2. Проведение наземных испытаний

- максимальной скоростью горизонтального полета;
- вертикальной скоростью;
- статическим потолком;
- дальностью действия радиоканала;
- продолжительностью полета.

В практике летных испытаний максимальные скорости полета БЛА определяются методом разгонов.

Метод разгонов основан на измерении в неустановившемся полете продольной перегрузки, действующей на планер БЛА, величина которой в процессе разгона определяется разницей между располагаемой и потребной тягами.

Вышеперечисленные методы определения максимальной скорости полета ЛА достаточно подробно описаны в [2].

Максимальная продолжительность полета соответствует режиму работы силовой установки БЛА при котором потребная энергия (тяга) минимальна.

Дальность действия радиоканала и продолжительность полета БЛА зависят от взлетной массы БЛА, режима полета по высоте и скорости, экономичности и правильности регулировки двигателей, а также от технических возможностей, реализованных в системе приема (передачи) данных на расстояние.

2.2 Определение взлетно-посадочных характеристик для БЛА, выполняющих взлет и посадку по-самолетному

К взлетно-посадочным характеристикам (далее — ВПХ), определяемых при летных испытаниях относятся:

- длина разбега;
- время разбега;
- скорость и момент начала подъема носового (хвостового) колеса;
- скорость и угол атаки в момент отрыва от взлетно-посадочной полосы (далее — ВПП);
- длина взлетной дистанции, дистанции прерванного и продолженного взлета;
- угол наклона траектории планирования;
- скорость начала выравнивания и соответствующий ей угол атаки;
- посадочная скорость;
- скорость в момент опускания носового колеса;
- длина пробега;
- время пробега;
- длина посадочной дистанции.

В практике летных испытаний наибольшее распространение получили следующие методы определения ВПХ:

- визуальный;
- оптический (кинотеодолитный);
- радиолокационный;
- взлетно-посадочных фотокамер;
- счетчика оборотов колес;
- интегрирования скоростей и перегрузок (инерциальный).

Наиболее простым является *визуальный метод* определения ВПХ. При использовании этого метода измерения производятся непосредственно наблюдателями-хронометристами, располагаемыми вдоль ВПП на расстоянии 50–100 м друг от друга. Недостатками визуального метода являются низкая точность измерений и невозможность определения характеристик воздушных участков траекторий, поэтому указанный метод давно не применяется в практике летных испытаний.

Оптический (кинотеодолитный) метод определения ВПХ основан на съемке с помощью кинотеодолитов траекторий взлета и посадки. При применении данного метода для синхронизации записей БУР с данными внешнетраекторных измерений БЛА и кинотеодолит должны быть оборудованы системой единого времени. Этот метод достаточно прост, обладает высокой степенью точности и поэтому в настоящее время находит широкое применение.

Радиолокационный метод определения ВПХ аналогичен оптическому (кинотеодолитному), однако он менее точен и требует наличия сложного радиолокационного оборудования.

Метод взлетно-посадочных фотокамер (неподвижных или вращающихся) позволяет производить съемку БЛА в процессе взлета или посадки через заранее заданные равные интервалы времени, после чего снимки привязываются к ВПП, производится построение траекторий и расчет ВПХ.

Сущность *метода счетчика оборотов колес* заключается в записи числа оборотов колес с помощью БУР. Скорость движения БЛА при этом методе определяется дифференцированием зависимости длины разбега (пробега) от времени. По началу замедления вращения колес определяют момент отрыва, по началу раскрутки — момент касания. Метод счетчика оборотов колес по сравнению с кинотеодолитным обладает меньшей точностью и не обеспечивает возможность определения характеристик воздушных участков траекторий.

Метод интегрирования скоростей и перегрузок заключается в определении взлетной и посадочной дистанций, а также скоростей движения

БЛА на траектории по результатам математического интегрирования составляющих перегрузки и скорости, зарегистрированных БУР.

В связи с тем, что ВПХ ЛА в значительной степени зависят от его массы, атмосферных условий (температуры, давления воздуха скорости и направления ветра), после окончания летных испытаний взлетно-посадочные характеристики приводятся к стандартным условиям ($P = 760$ мм рт. ст. и $T = 15$ °С) и следующим условиям: отсутствию ветровых возмущений, регламентированной массе самолета (нормальной и максимальной), отсутствию уклона ВПП.

В практике летных испытаний, как правило, определение ВПХ производится с помощью комбинации перечисленных выше методов. В процессе испытаний каждый режим повторяется не менее трех раз.

2.3 Определение характеристик устойчивости и управляемости

Устойчивостью самолета называется его способность самостоятельно, без вмешательства оператора БЛА (или автоматической системы управления) сохранять заданный режим полета и возвращаться к нему после произвольного отклонения под действием внешних возмущений.

Условно понятие устойчивости разделяют на две части: статическую и динамическую. Статическая устойчивость характеризует движение БЛА в первый момент после начала воздействия возмущения. Она определяется знаком и величиной аэродинамических моментов, возникающих при отклонении БЛА от исходного режима балансировки на заданных углах атаки и скольжения. Динамическая устойчивость рассматривает весь процесс движения БЛА и степень затухания его колебаний в процессе и после воздействия возмущения.

Сообразно двум возможным видам движения БЛА устойчивость и управляемость разделяют на продольную и боковую. Боковую устойчивость и управляемость, в свою очередь подразделяют на поперечную и путевую [3].

Статически устойчивым в продольном отношении называется такой БЛА, на котором при нарушении угла атаки или скорости полета продольный аэродинамический момент M_z изменится в направлении возврата самолета в исходный режим балансировки. Степень продольной статической устойчивости оценивается величиной изменения коэффициента продольного момента m_z на единицу изменения коэффициента подъемной силы C_y .

Статически устойчивым в путевом отношении называется такой БЛА, у которого при скольжении возникает аэродинамический момент рысканья M_y , стремящийся уменьшить угол скольжения. Степень путевой статической устойчивости оценивается величиной изменения коэффициента момента рысканья m_y на 1 градус угла скольжения в точке $\beta = 0$.

Статически устойчивым в поперечном отношении называется такой БЛА, у которого при скольжении возникает аэродинамический момент крена M_x , стремящийся уменьшить угол скольжения. Степень поперечной статической устойчивости оценивается величиной изменения коэффициента момента крена m_x на 1 градус угла скольжения в точке $\beta = 0$.

Динамическая устойчивость самолета определяется его частотными характеристиками, а также импульсными и переходными функциями. Частотные характеристики представляют ответную реакцию БЛА на синусоидальный входной сигнал, в качестве которого могут быть использованы отклонения рулевых поверхностей. Импульсная функция характеризует реакцию БЛА на энергичное поступательно-возвратное (импульс) отклонение рулевой поверхности. Переходная функция характеризует реакцию БЛА на энергичное ступенчатое (дача) отклонение рулевой поверхности.

В качестве критериев оценки динамической устойчивости БЛА используют следующие показатели:

- время выхода на заданное установившееся значение параметра, определяющего движение БЛА в продольном или боковом канале (перегрузка, угол тангажа, угол крена и др. в зависимости от используемых законов управления);
- относительный заброс параметра, определяющего движение БЛА;
- период свободных колебаний;
- степень затухания колебаний;
- соотношение амплитуд угловых скоростей крена и рысканья.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на характеристики устойчивости и управляемости, является положение центра тяжести БЛА. Следует также отметить, что коэффициенты линейных моделей динамики движения БЛА, однозначно характеризуют его устойчивость и управляемость [4]. Методика оценки коэффициентов линейных моделей динамики движения БЛА по материалам БУР достаточно подробно изложена в работах [5, 6].

2.4 Определение характеристик силовой установки

Силовая установка БЛА включает в себя двигатель(и), движитель(и), входные, выходные устройства, а также системы обеспечивающие их работу: топливную, масляную, противообледенительную и другие.

Программа летных испытаний силовой установки зависит от конкретной конструкции отдельных ее элементов и систем и в общем случае предусматривает выполнение следующих основных работ:

по двигателям:

- проверку устойчивой работы двигателя во всем диапазоне высот и скоростей полета на максимальном и форсированных режимах при выполнении разгонов, а также на минимальном режиме при выполнении торможений;

- определение границ устойчивого запуска двигателя;

- проверку работы двигателя при эволюциях БЛА;

- определение высотно-скоростных характеристик;

- определение приемистости двигателя и определение устойчивости двигателя при встречной приемистости;

- проверку эксплуатационных и прочностных качеств воздушных винтов;

- оценку вибрационных характеристик двигателя и узлов его крепления на БЛА;

- проверку работы топливodosирующей автоматики двигателя;

- проверку высотности маслосистемы двигателя;

- проверку работоспособности маслосистемы двигателя при положительных, отрицательных и околонулевых перегрузках;

по топливной системе:

- определение высотности топливной системы;

- определение порядка и полноты выработки топлива из баков;

- проверку работоспособности топливной системы при положительных, отрицательных и околонулевых перегрузках.

Летные испытания двигателя и его доводка первоначально, как правило, проводятся на летающей лаборатории, после чего двигатель обязательно испытывается в компоновке с планером, для которого он предназначен. Если двигатель предназначен для установки на различных по конструкции БЛА, то он проходит испытания на БЛА каждого типа в отдельности. Эти испытания

являются дополнительными и обязательными, так как на летающей лаборатории испытания обычно бывают ограничены по высоте, скорости полета и маневру. Кроме того, каждый БЛА имеет свои конструктивные отличия по компоновке двигателя и его расположению на БЛА, что существенно влияет на характеристики силовой установки.

2.5 Проверка характеристик прочности

Окончательная оценка прочности современного БЛА не может быть дана только по результатам теоретических расчетов и лабораторных исследований.

Летные испытания на прочность обязательны, так как по их результатам определяется фактическое состояние прочности самолета и уточняются его летные и эксплуатационные ограничения (максимальная посадочная масса, максимально допустимые скорости и перегрузки). До начала летных испытаний БЛА на прочность обязательно должны быть выполнены следующие работы:

- определены характеристики устойчивости и управляемости БЛА;

- проверена работоспособность системы аварийного поиска БЛА.

В связи с тем, что при проведении летных испытаний на прочность необходимо выполнять полеты на предельных режимах должны быть предприняты специальные меры по обеспечению их безопасности (проведен инструктаж оператора БЛА по действиям в случае попадания БЛА в нештатную ситуацию, испытания должны выполняться на специальных полигонах на высотах не ниже 400 м).

Предельные по условиям прочности режимы полета БЛА характеризуются следующими параметрами:

- максимально допустимыми в эксплуатации значениями скоростного напора и перегрузок;

- расчетной, взлетной, полетной и посадочной массами БЛА;

- максимально допустимой скоростью полета с различными вариантами целевых нагрузок;

- максимально возможным в эксплуатации отклонением рулевых поверхностей.

В процессе проведения летных испытаний на прочность БЛА должен быть испытан в объеме, исключающем возможность возникновения в процессе его дальнейшей эксплуатации предпосылок к угрожающим отказам и аварийным ситуациям. Объем летных испытаний на прочность разрабатывается исходя из конкретных особенностей БЛА и режимов его применения, и должен предусматривать проверку всех основных режимов полета, разрешенных инструкцией по эксплуатации.

По результатам испытаний производится уточнение теоретических расчетов и наземных испытаний конструкции БЛА на прочность, разрабатываются рекомендации оператору БЛА (техническому персоналу) по предупреждению попадания БЛА на предельные по условиям прочности режимы полета.

2.6 Определение характеристик критических режимов полета БЛА

Летные испытания БЛА на критических режимах полета (полет на больших углах атаки, сваливание, штопор) проводятся в целях определения особенностей поведения БЛА и работы силовой установки на этих режимах, выбора методов управления, исключая сваливание и попадание БЛА в штопор, и методов вывода его из штопора.

При выполнении испытаний на критических режимах полета определяются:

- максимальное значение коэффициента подъемной силы;
- характеристики поведения БЛА на больших углах атаки и характерные признаки приближения к ним (тряски, кренения, раскачки и др.);
- срывные, послесрывные характеристики и характеристики входа БЛА в штопор;
- характер движения БЛА при сваливании и штопоре;
- положение органов управления вызывающего вход БЛА в штопор;
- потери высоты за время вывода БЛА из штопора;
- влияние послесрывных вращений и штопора на работу силовой установки и оборудование БЛА.

После выполнения испытаний на критических режимах полета даются рекомендации по предотвращению выхода БЛА на критические режимы полета и описываются методики выхода (вывода БЛА) из них.

Летные испытания БЛА на больших углах атаки, сваливание и штопор проводятся после определения прочностных характеристик.

Характеристики сваливания считаются удовлетворительными, если БЛА по мере приближения к границе сваливания имеет характерные предупреждающие признаки (например: аэродинамическую тряску), при сваливании опускает нос без кренения или с незначительным кренением, в процессе сваливания имеется достаточный запас управляемости и устойчивости, надежно выводится из режима сваливания и за время вывода теряет сравнительно небольшую высоту.

После выполнения данного вида испытаний для БЛА устанавливается предельно допустимое в эксплуатации значение коэффициента подъемной силы. Обычно в качестве предельно допустимого в эксплуатации значения коэффициента подъемной силы принимается значение равное 0,85 величины, соответствующей началу сваливания, либо границе неустойчивости по перегрузке.

2.7 Проверка характеристик бортового навигационного, радиоэлектронного и специального оборудования

Объем испытаний по проверке характеристик бортового навигационного, радиоэлектронного и специального оборудования БЛА определяется исходя из его назначения, условий применения и требований определенных в ТТЗ.

2.8 Оценка характеристик безопасности полетов при имитации различных аварийных ситуаций и отказов

В процессе летной эксплуатации БЛА по различным причинам возможно появление отказов отдельных его элементов и систем. При проектировании и разработке БЛА разработчиком должны быть предусмотрены технические решения, обеспечивающие безопасность полетов при любых сочетаниях внешних факторов, а также возможных отказах систем БЛА.

Методы оценки безопасности полетов, основанные на обработке статистических данных по летным происшествиям и предпосылкам к ним, при летных испытаниях самолета и его систем неприемлемы. Потому в практике летных испытаний нашли применение:

- имитационное моделирование;
- метод экспертных оценок;
- метод натуральных испытаний.

Сущность *метода имитационного моделирования* основывается на имитации воздействия внешних факторов и имитации отказов БЛА и его систем на имитационно-моделирующем стенде. Этот метод оценки безопасности полетов в основном применяется на этапе проектирования БЛА и его систем.

Сущность *метода экспертных оценок* состоит в опросе влияния аварийных факторов на безопасность полетов экспертов, в качестве которых могут выступать операторы-испытатели и ведущие инженеры по специальностям (по системам и установкам). Метод экспертных оценок может применяться как на этапе проектирования БЛА, так и в процессе его летных испытаний.

Основным методом оценки безопасности полетов, нашедшим широкое применение при лет-

ных испытаниях БЛА является *метод натурных испытаний*. Сущность этого метода состоит в определении характеристик поведения БЛА при имитации в полете наиболее вероятных и опасных ситуаций. К наиболее опасным (аварийным) ситуациям относятся:

- аварийная посадка однодвигательного БЛА с отказавшим двигателем;
- запуск двигателя в воздухе на однодвигательном БЛА;
- асимметричный отказ двигателей на многодвигательном БЛА на взлете, горизонтальном полете, при заходе на посадку и при уходе на второй круг;
- отказы системы управления;
- отказы средств улучшения ВПХ (несимметричный выпуск, не выпуск и т. п.);

Оценка характеристик безопасности полетов при имитации различных аварийных ситуаций и отказов относятся к специальным видам испытаний БЛА. Данные испытания проводятся после завершения всего цикла испытаний, перед принятием решения о массовой эксплуатации БЛА.

2.9 Установление БЛА эксплуатационных ограничений

После завершения испытаний экспертной

группой, включающей представителей разработчика БЛА и операторов-испытателей, производится анализ всего материала с целью его взаимной увязки и последующей корректировки. Такой анализ предполагает установление эксплуатационных ограничений исходя из соображений обеспечения безопасности полетов, устойчивости и управляемости БЛА на всех эксплуатационных режимах полета, обеспечения непреднамеренного выхода на предельные опасные режимы полета при отказе отдельных функциональных систем или оборудования.

По результатам комплексного анализа материалов летных испытаний устанавливаются эксплуатационные ограничения на значения:

- предельных условий применения по назначению;
- предельных углов атаки и скольжения;
- индикаторной скорости;
- времени нахождения на предельных режимах (отрицательных или околонулевых перегрузках, времени работы на форсированном режиме работы двигателя и т. п.).

Результаты работы комиссии оформляются в виде акта и вносятся в соответствующие разделы руководства по летной эксплуатации.

Литература

1. СТБ В 15.211-2007. Система разработки и постановки на производство оборонной продукции. Военная техника. Порядок разработки программ и методик испытаний опытных образцов изделий. Основные положения. — Минск: Госстандарт. — 18 с.
2. ГОСТ 20058-80. Динамика летательных аппаратов в атмосфере. Термины, определения и обозначения. — М.: Издательство стандартов, 1981. — 52 с.
3. Летные испытания самолетов и обработка результатов испытаний / И.М. Пашковский [и др.]. — М.: Машиностроение, 1985. — 410 с.
4. Снешко, Ю.И. Устойчивость и управляемость самолета в эксплуатационной области полета / Ю.И. Снешко. — М.: Машиностроение, 1987. — 136 с.
5. Исследование динамических характеристик летательных аппаратов по информации бортовых устройств регистрации: отчет о НИР, шифр «Беркут». — Минск: ВА РБ, 2000. — 65 с.
6. Разработка алгоритмов оценки динамических характеристик летательных аппаратов по материалам систем объективного контроля: отчет о НИР, шифр «Беркут-2». — Минск: «ВА РБ», 2005. — 75 с.