

Библиотека  
ЭАТ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ИНДИВИДУАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

"АНАЛИЗ ПОЛЕТА ПО ДАННЫМ ОБРАБОТКИ  
ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМОЙ "ЛУЧ"

Составитель: доц. Морозов Ю.И.

г. Самара  
2000г.

Методические указания предназначены для студентов специальности ТСОЗ при проведении индивидуально-практических занятий по разделу курса "Техническая эксплуатация ЛА и АД" - "Летно-техническая эксплуатация и безопасность полетов".

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью работы является закрепление знаний, полученных при изучении темы лекционного курса "Эксплуатация ВС в полете".

В процессе выполнения работы решаются следующие задачи:

- приобретение практических навыков анализа качества полета с использованием данных обработки системой "Луч" полетной информации, зарегистрированной МСРП;

- анализ изменения основных параметров полета, нормируемых по условиям безопасности полета на различных этапах взлета и посадки, а также выявление их отклонений от значений, установленных РЛЭ;

- формирование у студентов комплексного представления о работе систем ВС и управлении ВС в полете экипажем, выявление взаимосвязи параметров полета, знакомство с характерными ошибками при управлении ВС в полете.

## 2. РЕГИСТРАЦИЯ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ И БЕ: ОБРАБОТКА НАЗЕМНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

В качестве бортовой аппаратуры современных ВС, регистрирующих полетную информацию, используются магнитные системы регистрации параметров / МСРП / и магнитофоны. МСРП фиксируют на магнитной ленте в течение всего полета значения параметров, характеризующих режим полета, - высота, скорость, перегрузка и т.д. и работу систем ВС - режим работы СУ, включение-выключение той или иной системы и т.п. Информация, записанная МСРП, позволяет определить положение ВС в пространстве, функционирование тех или иных систем ВС и действия экипажа в полете.

Бортовые магнитофоны записывают речевую информацию в течение всего полета и фиксируют переговоры экипажа со службой УВД и между собой.

Наличие объективной информации позволяет осуществлять детальный анализ качества полета - оценивать технику пилотирования и

действия экипажа по управлению системами ВС, определять техническое состояние ВС в полете и качество руководства полетом службой УВД. На основе такого анализа разрабатываются профилактические мероприятия по повышению безопасности полетов и эффективности процесса лётной эксплуатации, а также осуществляется расследование причин авиационных происшествий и инцидентов.

Обработка - расшифровка записей МСРП и выявление отклонений параметров полета от нормируемых значений, производится с помощью наземных установок "Луч-74", "Луч-84". Результаты обработки информации выводятся в текстовой и графической форме (бланк-график полета). ЭВМ, входящая в состав системы "Луч", может работать по различным программам в зависимости от целей анализа полетной информации. Программы отличаются между собой номенклатурой выводимых на печать (или график) параметров и способом обработки полетной информации.

В обычных условиях анализ полета осуществляется с использованием программы экспресс-анализа "Техника пилотирования". Результаты обработки выводятся системой "Луч" в виде графика (бланк-график) изменения значений основных параметров, характеризующих режим полета и состояние систем ВС (включено-выключено), в течение всего времени полета. Параметры (аналоговые сигналы) представлены на бланк-графике (рис. I) в виде непрерывных линий в верхней части, состояние тех или иных систем ВС (дискретные сигналы) фиксируется в нижней части бланк-графика в виде горизонтальных линий - разовых команд. Наличие линии указывает на факт события, например: "шасси выпущено", "высотомер установлен на давление 760 мм.рт.ст." и т.п. Для идентификации графиков параметров и разовых команд используется буквенный код, который указывается над линиями графика и на полях нижней части бланк-графика, отведенной для регистрации разовых команд. Расшифровка кодов, как правило, приводится на бланк-графике. Коды основных параметров и разовых команд приведены в Приложении к данным МУ.

Численное значение контролируемого параметра (П) определяется по зависимости

$$П = \gamma \cdot М ,$$

(3.1)

где  $y$  - ордината рассматриваемого параметра, отсчитываемая от нулевого уровня в единицах шкалы (число итд);  
 $M$  - масштаб (значение контролируемого параметра, соответствующее одному делению шкалы).

Нулевой уровень каждого параметра и масштаб обычно указываются на полях бланк-графика. Для основных параметров они даны в Приложении к МУ. В верхней части бланк-графика расположена шкала текущего времени полета, которое указывается цифрами в часах и минутах, одно деление шкалы соответствует одной секунде.

### 3. ХАРАКТЕРНЫЕ МОМЕНТЫ ЭТАПОВ ПОЛЕТА И ИХ ПРИЗНАКИ

Полет включает несколько этапов, каждый из которых характеризуется сочетанием параметров и их численными значениями, а также действиями экипажа по управлению траекторией полета и работой функциональных систем ВС. К основным этапам полета относятся взлет, набор заданного эшелона, крейсерский полет, снижение, предпосадочный маневр и заход на посадку, посадка ВС. На каждом из этапов можно выделить характерные моменты, в которые экипаж осуществляет те или иные действия, а параметры полета должны соответствовать определенным значениям. Нормирование параметров осуществляется по условиям безопасности полета. Одной из задач анализа полетной информации является проверка соответствия фактических параметров их нормируемым значениям. Система "Луч" позволяет не только представить изменение параметров в графической форме, но и выявить отклонения их от нормы. При наличии такого отклонения система "Луч" выдает текстовое сообщение, которое печатается на полях бланк-графика. Достоверность сообщения обычно проверяется расшифровкой графика изменения контролируемого параметра.

#### 3.1. Основные этапы взлета, характерные моменты этапов и их признаки, нормируемые параметры взлета

Взлет - этап полета с момента начала разбега по ВПП до набора безопасной высоты (высоты круга) и перевода самолета в полетную конфигурацию. Началу взлета предшествует подготовка к нему, в процессе которой самолет вырывается с места стоянки на исполнительный старт и переводится во взлетную конфигурацию, осуществляет

ся проверка работы двигателей и систем самолета. Запись полетной информации (включение МСРП) начинается после запуска двигателей на стоянке.

После вывода самолета на исполнительный старт он устанавливается на стояночный тормоз, экипаж запрашивает разрешение на взлет и, получив его, выводит двигатели на режим взлета, выключает тормоза колес и начинает разбег. Момент начала разбега характеризуется ростом скорости. Разбег осуществляется в трехточечном положении при нейтральном положении руля высоты или небольшом отклонении его вниз. Положение руля направления и элеронов определяется условиями взлета; при наличии бокового ветра ими парируют снос самолета и крен. Угол тангажа близок к нулю или имеет небольшое отрицательное значение. По достижении скорости равной 0,95-0,97 от скорости отрыва отклонением руля высоты вверх увеличивают угол атаки и переводят самолет в двухточечное положение. Вследствие увеличения угла атаки и роста скорости разбега практически одновременно (через I-2 с после отрыва III) происходит отделение самолета от ВПП - отрыв самолета и начинается рост геометрической высоты полета. На высоте 5-8 м начинается уборка шасси. После отрыва, для обеспечения разгона самолета угол атаки несколько уменьшают отклонением руля высоты вниз, одновременно с этим уменьшают угол тангажа.

Основными нормируемыми параметрами этапа взлета до набора безопасной высоты 10,7 м являются:

- скорость отрыва III  $V_{п.с.} \geq V_{мин.эр.}$
- скорость отрыва самолета  $V_{мин.отр.}$ , соответствующая допустимому углу атаки  $\alpha_{доп.}$ ;
- скорость полета  $V_2$  при достижении  $H = 10,7$  м
- градиент набора при достижении  $H = 10,7$  м.

ПРИМЕЧАНИЕ: \*  $V_{мин.эр.}$  - минимальная эволютивная скорость разбега (скорость разбега, на которой при внезапном отказе критического двигателя обеспечивается поддержание прямолинейного движения самолета аэродинамическими органами управления).

$V_{с.1.}$  - скорость сваливания, соответствующая взлетной конфигурации самолета.

Значения нормируемого градиента набора высоты устанавливаются в зависимости от числа двигателей на самолете. Во всех случаях

После достижения безопасной высоты 120 м и скорости  $V_3$  производится уборка механизации. Вследствие уменьшения коэффициента подъемной силы при уборке закрылков, отклонением руля высоты несколько увеличивают угол атаки и разгоняют самолет до скорости  $V_4$ . Нормируемыми параметрами на этом этапе взлета являются:

- скорость набора безопасной высоты 120 м  $V_{2.0} \geq 1,3 V_{c.1}$ ;
- скорость  $V_3$  начала уборки механизации,  $V_3 = 1,2 V_c$ , где  $V_c$  соответствует полетной конфигурации самолета;
- скорость  $V_4$ , соответствующая моменту окончания перевода самолета из взлетной в полетную конфигурацию  
$$V_4 \geq 1,3 V_c;$$
- высота начала уборки механизации  $H = 120$  м;
- градиент набора высоты до достижения  $H = 120$  м и с момента начала уборки механизации.

После перевода самолета в полетную конфигурацию осуществляют разгон до скорости, соответствующей выбранному режиму набора высоты, барометрические высотомеры устанавливаются на давление 760 мм рт.ст., выключают радиовысотомер. Признаками окончания полного взлета являются: уменьшение режима работы двигателей, стабилизация скорости полета, полетное положение средств механизации и управляемого стабилизатора.

### 3.2. Основные этапы захода на посадку, характерные моменты этапов и их признаки, нормируемые параметры захода на посадку

По окончании снижения до высоты перехода (эшелона перехода) барометрические высотомеры устанавливаются на давление аэродрома посадки и выполняется предпосадочный маневр, целью которого является вывод самолета на посадочный курс на установленной схеме захода на посадку высоте. В процессе предпосадочного маневра и захода на посадку самолет переводится из полетной в посадочную конфигурацию. Заход на посадку осуществляется по установленной для всех ВС траектории - глиссаде, что обеспечивает вывод самолета по оси ВПШ на определенной высоте (обычно 15 м) к моменту пересечения входного торца ВПШ. С пролета торца ВПШ начинается этап собственно посадки самолета.

Вывод самолета в процессе предпосадочного маневра на посадочный курс и снижение самолета до высоты входа в глиссаду осу-

осуществляется по установленной для каждого аэродрома схеме. По классической схеме - "коробочка", самолет осуществляет четыре разворота. После четвертого разворота самолет выводится на посадочный курс и начинает полет по глиссаде.

Характерными моментами предпосадочного маневра и захода на посадку являются:

- установка высотомеров на давление аэродрома;
- выпуск шасси и механизации;
- выход на посадочную прямую (окончание четвертого разворота);
- вход в глиссаду;
- пролет дальнего и ближнего радиомаяков (ДПРМ и БПРМ);
- пересечение входного торца ВПП.

Признаками характерных моментов являются изменение параметров полета (скорость, высота, углы атаки и тангажа, магнитный курс полета и т.п.), графически представленных на бланк-графике, и изменение состояния функциональных систем ВС, фиксируемое с помощью разовых команд (выпуск шасси, перевод высотомеров на давление аэродрома, выпуск интерцепторов и т.п.). Перевод самолета в посадочную конфигурацию должен быть закончен до точки входа в глиссаду, которая определяется по следующим признакам - переход в установившееся снижение с постоянной скоростью полета и вертикальной скоростью снижения при неизменном магнитном курсе полета. Момент пролета маркерных радиомаяков фиксируется на бланк-графике разовыми командами.

Основными эксплуатационными ограничениями на рассматриваемом этапе полета являются:

- скорость полета при выпуске шасси и механизации;
- скорость полета при снижении по глиссаде;
- высота в момент пролета ДПРМ, БПРМ и пересечения входного торца ВПП.

Численные значения параметров зависят от типа ВС, полетной массы, фактических условий посадки, расположения аэродрома, удаления от ВПП приводных радиомаяков и приводятся в РЛЗ данного типа ВС. По условиям безопасности полета скорость полета по глиссаде должна быть не менее  $1,3 V_{C.1}$ , высота пролета торца ВПП - 15 м. Для выдерживания установленной траектории снижения (глиссады) нормируется величина вертикальной скорости снижения.

### 3.3. Основные этапы посадки, характерные моменты этапов и их признаки, нормируемые параметры посадки

Посадка, как этап полета, начинается с момента пересечения входной кромки ВПП и заканчивается остановкой самолета на ВПП или началом руления.

После пролета торца ВПП, на высоте 5-8 м двигатели устанавливаются на режим малого газа (минимальной тяги СУ), отклонением руля высоты вверх самолет из снижения переводится в горизонтальный полет - этап выравнивания, в конце которого, вследствие уменьшения скорости и подъемной силы, происходит касание колес основного шасси с ВПП. Приземление самолета происходит с некоторой вертикальной скоростью (скоростью парашютирования), по величине которой оценивается качество посадки. Приземление с

$V_y \leq 0,5$  м/с соответствует "мягкой" посадке, приземление с большими  $V_y$  приводит к грубой посадке, увеличению вертикальной перегрузки и нагрузок на элементы конструкции шасси и планера. Главным условием "мягкой" посадки является точное выдерживание высоты в момент начала выравнивания и темп взятия штурвала "на себя" пилотом, т.е. определяется мастерством пилота, совершенством его техники пилотирования. Высокое и низкое выравнивание приводят к грубой посадке. В первом случае, из-за уменьшения скорости полета, самолет парашютирует с высоты несколько метров, во втором, на этапе выравнивания не успевает гаситься вертикальная скорость снижения, которая выдерживается при полете по глиссаде. Грубая посадка опасна и может привести к разрушению элементов конструкции шасси и планера.

Начальный этап пробега происходит на основных опорах. По мере уменьшения скорости и подъемной силы крыла отклонением руля высоты вниз производят опускание самолета на носовую опору и в дальнейшем пробег осуществляется в трехточечном положении. Сразу после опускания ПШ на ВПП включаются тормоза колес, одновременно включается реверс тяги или производится снятие в/винтов с упора. На скорости не менее 100 км/час реверс выключают с целью предупреждения попадания в газоздушный тракт двигателей посторон-

\* ПРИМЕЧАНИЕ: Момент включения реверса устанавливается РЛЭ данного типа ВС.

них предметов; поднимаемых струей выходящих газов с ВПП. В конце пробега производят уборку закрылков и интерцепторов, на скорости 60-40 км/час производят сруливание с ВПП на рулежную дорожку или начинают этап руления по ВПП.

С целью экономии топлива заруливание на стоянку многомоторных самолетов осуществляют с выключением части двигателей.

Характерными моментами этапа посадки, параметры полета в которых по условиям безопасности полета и нормальной работы функциональных систем ВС нормируются, являются:

- высота пролета торца ВПП;
- высота начала выравнивания;
- скорость полета и вертикальная перегрузка при приземлении;
- скорость: опускания передней стойки шасси, включения реверса двигателей, выпуска интерцепторов, начала торможения, выключения реверса и сруливания с ВПП.

Начало выравнивания характеризуется увеличением угла атаки и тангажа с одновременным уменьшением скорости полета. В момент касания изменяется вертикальная перегрузка, геометрическая высота становится равной 0. При опускании ВПП угол тангажа уменьшается до 0 или принимает отрицательное значение, руль высоты отклоняется вниз. Выключение реверса сопровождается увеличением частоты вращения ротора двигателя, выключение - ее уменьшением. Момент уборки закрылков и перестановки стабилизатора определяется по изменению углов их установки; уборка предкрылков и интерцепторов - по соответствующей разовой команде. При сруливании с ВПП изменяется магнитный курс; выключение двигателей на стоянке сопровождается уменьшением частоты вращения ротора до 0.

Нормируемыми параметрами на этапе посадки являются:

- высота пролета торца ВПП и начала выравнивания;
- скорость полета в момент пересечения торца ВПП;
- допустимый крен /не более 3°/;
- скорость выключения (выключения) реверса двигателей и начала торможения колес основного шасси.

Конкретные значения нормируемых параметров и их номенклатура зависят от типа ВС, полетной массы или условий полета и указываются в РЛЭ.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Используя бланк-график обработки полетной информации, выданный системой "Луч", устанавливаются этапы и характерные моменты полета и определяются численные значения параметров, характеризующих режим полета. По результатам сравнения фактических параметров с их нормируемыми значениями дается заключение о качестве полета. При наличии отклонений указывается их возможная причина. По значениям параметров, полученных с помощью бланк-графика, производится приближенное вычисление параметров, не зарегистрированных МСРП.

После расшифровки бланк-графика полета составляется словесное описание полета с указанием текущего времени, действий экипажа по управлению траекторией полета и работой систем ВС и численных значений соответствующих параметров режима. По заданию преподавателей производится анализ изменения одного (или двух) параметров режима с представлением соответствующего графика; на графике указываются характерные моменты анализируемого этапа полета.

#### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Практическая часть работы включает в себя решение следующих задач:

- определение на бланк-графике характерных моментов полета и численных значений соответствующих параметров;
- сравнение фактических параметров с нормируемыми и выявление отклонений. При наличии отклонений формулируется предполагаемая причина отклонений;
- краткое словесное описание этапа полета с указанием действий экипажа по управлению ВС и его функциональными системами (составление портрета полета);
- определение косвенным методом (расчетом) значений некоторых параметров, не зафиксированных на бланк-графике (по указанию преподавателя).

### 5.1. Определение характерных моментов взлета

Момент запуска двигателей определяют по изменению частоты вращения ротора от 0 до оборотов малого газа, начало выруливания со стоянки - по изменению магнитного курса. В процессе выруливания выпускают закрылки и устанавливают стабилизатор во взлетное положение, что определяют по изменению их углов установки; производят проверку рулей и элеронов путем отклонения их в крайние положения. При составлении словесного описания подготовки к взлету указываются фактические углы отклонения предкрылков и стабилизатора, последовательность действий экипажа при подготовке к взлету, магнитный курс взлета. Момент выпуска предкрылков определяют по разовой команде, выход на исполнительный старт - изменением магнитного курса до взлетного.

Началу разбега предшествует вывод двигателей на взлетный (номинальный) режим, начало разбега определяется по началу роста скорости. Моменту отрыва III соответствует отклонение руля высоты, увеличение углов атаки и тангажа, отрыву самолета от ВПП - начало роста геометрической высоты полета. Уборка шасси фиксируется разовой командой, закрылков - по уменьшению углов их установки. За окончание полного взлета принимается момент, когда величина скорости полета стабилизируется, значение геометрической высоты на бланк-графике остается постоянным (выключается радиовысотомер), на барометрических высотомерах устанавливается давление 760 мм рт.ст.

### 5.2. Определение характерных моментов захода на посадку и посадки самолета

Предпосадочный маневр начинается с момента установки барометрических высотомеров на давление ВПП аэродрома посадки. Мо-

---

**ПРИМЕЧАНИЕ:** При отсутствии на бланк-графике момента запуска за начало этапа принимается соответствующий последующий характерный момент - проверка рулей, выруливание на исполнительный старт и т.д.

мент установки фиксируется на бланк-графике разовой командой.

В зависимости от курса полета, посадочного курса и расположения аэродрома предпосадочный маневр осуществляется по схеме "коробочка", снижения в район третьего или четвертого разворота. Действительный маневр, выполненный самолетом, определяется по изменению магнитного курса, зафиксированного на бланк-графике. При этом удобно определить сначала момент 4-го разворота, а затем предшествующие эволюции самолета в горизонтальной плоскости.

В процессе предпосадочного маневра производится перевод самолета из полетной в посадочную конфигурацию, характерными моментами этапа являются:

- выпуск шасси;
- выпуск закрылков в промежуточное положение;
- четвертый разворот и выход в створ ВПП;
- довыпуск закрылков в посадочное положение (окончательный перевод самолета в посадочную конфигурацию);
- вход в глиссаду;
- пролет дальнего и ближнего радиомаяков;
- перелет торца ВПП.

Момент выпуска шасси определяется по разовой команде, выпуск закрылков — по изменению величины угла установки. Четвертый разворот определяется по изменению магнитного курса полета и достижению им посадочного значения. Довыпуск закрылков производят, как правило, после четвертого разворота. При выпуске закрылков одновременно отклонением РУ уменьшают угол атаки. Точка входа в глиссаду характеризуется установившимся уменьшением геометрической высоты полета, постоянством скорости полета и вертикальной скорости снижения. Моменты пролета дальнего и ближнего радиомаяков фиксируются разовыми командами.

Момент пролета торца ВПП на бланк-графике не фиксируется и может быть приблизительно определен, если известно значение путевой скорости и удаленность БПРМ от торца ВПП. В рамках данной работы допустимо определять момент пролета торца ВПП по началу выравнивания в процессе посадки.

Нормируемыми параметрами при заходе на посадку являются:

- скорости в момент выпуска шасси, механизации, при полете по глиссаде;
- вертикальная скорость снижения при полете по глиссаде;
- высота пролета ДПРМ и ВПРМ;

— высота пролета входного торца ВПП.

Кроме того ограничивается величина крена (не более  $15^\circ$ ) при выполнении разворотов.

Величина нормируемых параметров зависит от посадочной массы, фактических условий посадки, угла залегания глиссады и оговаривается РЛЭ конкретного типа ВС и инструкцией, регламентирующей полеты в зоне данного аэродрома.

С момента пересечения торца ВПП начинается этап посадки. В процессе посадки необходимо уменьшить скорость полета до посадочной, а вертикальную скорость в момент приземления снизить до величины не более  $0,5 \text{ м/с}$ . С этой целью переводят самолет из режима снижения в режим близкий к горизонтальному полету без крена увеличивая угол атаки отклонением РВ вверх — момент начала выравнивания. Выравнивание характеризуется: изменением положения РВ, увеличением угла тангажа, снижением режима работы двигателей до малого газа, уменьшением скорости полета. Дальнейшее уменьшение скорости полета до посадочной происходит на этапе выдерживания, в процессе которого, вследствие уменьшения подъемной силы крыла, самолет снижается и в конце выдерживания касается ВПП колесами основного шасси. В процессе выравнивания и выдерживания скорость полета уменьшается с  $V_{зд}$  до  $V_{пос}$ . Величина изменения скорости

$$\Delta V = V_{зд} - V_{пос}$$

составляет от 20 до 30 км/час.

После приземления отклонением РВ переводят самолет в трехточечное положение, включают реверс двигателей и начинают торможение.

Признаками приземления являются: уменьшение геометрической высоты до 0, всплеск вертикальной перегрузки, достижение максимального значения  $\alpha$  и угла тангажа.

Признаками перевода самолета в трехточечное положение являются отклонение руля высоты вниз, уменьшение угла тангажа до отрицательных значений. Момент включения реверса двигателей опреде-

---

ПРИМЕЧАНИЕ: При наличии на земной поверхности неровностей местности геометрическая высота может меняться не монотонно, отслеживая рельеф земной поверхности по направлению оси ВПП.

ляется по изменению частоты вращения ротора двигателя до номинального значения, выпуск интерцепторов фиксируется разовой командой.

По окончании пробега, в начале процесса руления убирают механизацию и освобождают ВШ. После заруливания на стоянку выключают двигатели, функциональные системы приводят в стояночное положение, выключают средства объективного контроля полета - МСРП и магнитофон.

### 5.3. Определение численных значений параметров полета

Численные значения параметров определяются по зависимости (3.1). Деление шкалы, соответствующее нулевому уровню данного параметра и цена одного деления (масштаб) указываются на поле бланк-графика и в Приложении к данным МУ. Перечень параметров, определяемых для каждого характерного момента указан в таблице (см. форму отчета о работе).

### 5.4. Определение численных значений параметров, не зафиксированных на бланк-графике

К таким параметрам на взлете относятся: градиент набора высоты на различных этапах взлета, вертикальная скорость, длина разбега и взлетной дистанции. При расчете этих параметров не учитываются фактические условия взлета - давление и температура атмосферного воздуха, ветер, уклон ВШ, движение самолета принимается равноускоренным, а траектория набора на рассматриваемом участке принимается прямолинейной.

Вертикальная скорость набора находится как

$$V_{\gamma} = \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad (5.1)$$

где  $\Delta H$  - изменение геометрической высоты за интервал времени  $\Delta t$  в пределах участка, характеризующегося линейным изменением  $H$ .

Градиент набора рассчитывается по выражению

$$\eta = \operatorname{tg} \theta_H \cdot 100\% \quad (5.2)$$

где  $\theta_n$  - угол наклона траектории,  $\theta_n$  из треугольника скоростей:

$$\theta_n = \arcsin \frac{V_y}{V} \quad (5.3)$$

Скорость полета  $V$  определяется как среднее значение скорости на выбранном интервале времени. Для воздушного участка взлетной дистанции она принимается равной

$$V = \frac{V_{отр.} + V_2}{2} \quad (5.4)$$

Длина разбега и воздушного участка взлетной дистанции рассчитываются соответственно по формулам:

$$L_{раз.} = \frac{V_{отр.}^2}{2j_{ср.р}} \quad (5.5)$$

$$L_1 = \frac{V_2^2 + V_{отр.}^2}{2j_{ср.н}} \quad (5.6)$$

где  $V_{отр.}$  и  $V_2$  соответственно, скорости отрыва и в момент набора  $H = 10,7$  м;

$j_{ср.р}$  и  $j_{ср.н}$  - средняя величина ускорения в процессе разбега и начального набора высоты.

Величина  $j_{ср.}$  определяется как:

$$j_{ср.} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (5.7)$$

где  $\Delta V$  - изменение скорости самолета за интервал времени.

При определении  $j_{ср.}$  за интервал времени необходимо принимать протяженность этапа, на котором скорость движения самолета изменяется линейно. При четко выраженном нелинейном характере изменения скорости по времени рассматриваемый участок разбивается на ряд прямолинейных, в пределах которых изменение скорости может быть принято за линейное.

На этапах захода на посадку и посадки расчетом определяют следующие параметры полета:

- вертикальная скорость при полете по глиссаде;
- посадочная дистанция.

Вертикальная скорость рассчитывается по зависимости (5.1),

длина воздушного участка посадочной дистанции и длина пробега, соответственно, по выражениям

$$L_{в.ч} = \frac{V_{з.п.}^2 - V_{пос.}^2}{2j_{ср.т}}; \quad (5.8)$$

$$L_{пр} = \frac{V_{пос.}^2 - V_p^2}{2j_{ср.т}}, \quad (5.9)$$

где  $V_{з.п.}$  - скорость захода на посадку в момент пересечения входного торца ВПП;

$V_{пос.}$  - скорость касания ВПП;

$V_p$  - скорость начала руления по окончании пробега;

Величина среднего ускорения торможения  $j_{ср.т.}$  на воздушном участке посадочной дистанции и при пробеге определяется по выражению (5.7). При этом, изменение скорости в пределах воздушного участка посадочной дистанции находится как разность скоростей в момент пересечения входной кромки ВПП при касании.

$$\Delta V = V_{з.п.} - V_{пос.} \quad (5.10)$$

При пробеге величина  $j_{ср.т.}$  определяется на участках, соответствующих включенному и выключенному реверсу тяги. Соответствующие значения скоростей определяются по бланк-графику.

Полная посадочная дистанция составит сумму расстояний, пройденных самолетом на различных этапах посадки

$$L_{пос.} = L_{в.ч.} + L'_{пр} + L''_{пр} \quad (5.11)$$

где  $L_{в.ч.}$  - длина воздушного участка посадочной дистанции;

$L'_{пр}$  - длина пробега с включенным реверсом тяги;

$L''_{пр}$  - длина пробега от момента выключения реверса до начала руления.

## 6. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НА ЭТАПАХ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ

Анализ изменения отдельных параметров полета на различных его этапах имеет целью наглядно показать их взаимосвязь с управ-

ляющими действиями экипажа; выявить возможные отклонения параметров от нормируемых значений и их причины; количественно определить значения основных параметров, определяющих безопасность полета.

В качестве типовых задач по анализу могут быть заданы следующие.

На этапе взлета:

- выявление характера изменения вертикальной скорости набора и угла атаки при неизменном режиме работы двигателей;
- выявление характера изменения ускорения и угла атаки при неизменном режиме работы двигателей;
- характер изменения положения руля высоты в процессе взлета и причины, вызвавшие необходимость его отклонения.

На этапе захода на посадку и посадке:

- схема предпосадочного маневра с указанием действий экипажа по подготовке ВС к посадке;
- характер изменения режима работы двигателей в процессе захода на посадку и причины, вызвавшие необходимость его изменения;
- характер изменения угла атаки в процессе захода на посадку и посадке.

Анализ производится путем построения графика изменения соответствующих параметров по времени полета с указанием характерных моментов этапа полета и действий экипажа по управлению траекторией и системами ВС. Фактические значения параметров определяются непосредственно по записям на бланк-графике и косвенно путем вычисления параметров. При построении схемы предпосадочного маневра направление полета и высота (барометрическая) определяются по данным записи магнитного курса и высоты полета.

Задание на проведение анализа выдается преподавателем персонально каждому студенту.

## 7. СОСТАВЛЕНИЕ СЛОВЕСНОГО ОПИСАНИЯ ЭТАПА ПОЛЕТА (ПОРТРЕТА ПОЛЕТА)

Словесное описание полета должно представлять в текстовой форме хронологическое изложение событий и действий экипажа по управлению ВС и его системами. При изменении параметров полета

и действиях экипажа указываются фактические значения параметров, характеризующих режим полета. В качестве примера ниже приводится портрет этапа снижения с эшелона до высоты начала предпосадочного маневра. При указании текущего времени полета его отсчет ведется с момента начала рассматриваемого этапа.

Портрет снижения с эшелона до начала предпосадочного маневра

В 0 час 00 мин. при скорости полета (приборной) 545 км/час экипаж уменьшил режим работы двигателей с 76% до 60% и начал снижение с эшелона 10000 м с магнитным курсом  $40^{\circ}$ . Через одну минуту полета на высоте 9500 м экипаж выполнил разворот с левым креном  $15^{\circ}$  и изменил курс полета до  $10^{\circ}$ . На пятой минуте с начала снижения на высоте 6750 м и скорости 565 км/час самолет попал в восходящий поток, вследствие чего возникла положительная вертикальная перегрузка до  $n_y = 1,35$ , скорость полета возросла до 585 км/час, угол атаки с исходного значения  $2^{\circ}$  увеличился до  $5^{\circ}$ . Отклонением РВ в пределах до  $2^{\circ}$  экипаж парировал возмущение, после чего в процессе снижения полет осуществлялся со скоростью 540 км/час. К этому моменту режим работы двигателей был уменьшен до 53%. Через 6 мин с начала снижения на высоте 5000 м при скорости полета 545 км/час самолет совершил доворот с креном  $25^{\circ}$  и вышел на курс  $350^{\circ}$ , изменив его в течение последующих 50 с на курс  $300^{\circ}$  с креном  $15^{\circ}$ . Приборная скорость полета при этом достигла 585 км/ч при максимально допустимой - 600 км/час. Уменьшением вертикальной скорости снижения к моменту достижения высоты (эшелона) перехода экипаж снизил скорость полета до 545 км/час. На высоте 1200 м через 11 мин с начала снижения при скорости полета 545 км/час, магнитном курсе  $300^{\circ}$ , режиме работы двигателей 40%, экипаж установил барометрические высотомеры на давление аэродрома посадки и приступил к выполнению предпосадочного маневра.

8. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о работе должен содержать:

- бланк-график анализируемого этапа полета с указанием на нем карандашом характерных моментов этапа и численных значений параметров полета;

--- таблицу, по форме приведенной в Приложении, значений параметров полета, необходимых при определении параметров, не зафиксированных на бланк-графике;

- анализ параметров полета, в соответствии с заданием преподавателя, в виде графика, вычерченного с соблюдением масштаба и с указанием на нем характерных моментов анализируемого этапа полета;

- словесное описание (портрет) этапа полета с указанием выхода параметров за установленные ограничения и причин, обусловивших отклонения.

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями и рекомендациями, приведенными в РД КуАИ I-44-I-87 "Требования к оформлению учебных текстовых документов". После оформления отчет предоставляется преподавателю, который проверяет правильность выполнения задания и выставляет зачет по работе.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П I

Перечень аналоговых сигналов, выводимых  
на бланк-график по программе экспресс-анализа  
"Контроль техники пилотирования".

№ п/п	Наименование параметра	Код	Нулевой уровень параметра по вертикальной шкале	Масштаб и цена деления и размерность параметра
I.	Высота барометрическая	H	0	50 /м/
2.	Высота геометрическая	HG	0	5 /м/
3.	Скорость приборная	V	0	5 /км/час/
4.	Угол атаки	UA	100	1 /0/
5.	Перегрузка вертикальная	NY	225	0,05
6.	Отклонение руля высоты от нейтрального положения	RH	210	1 /°/
7.	Угол крена	KR	40	1 /°/
8.	Магнитный курс	KK	75	2 /°/
9.	Угол тангажа	TG	75	1 /°/
10.	Обороты НД: двигателя № I	NA	120	1 /°/
	- " - № 2	NB	- " -	- " -
	- " - № 3	NC	- " -	- " -
11.	Угол отклонения элеронов	EL	135	1 /°/
12.	Угол установки стабилизатора	ST	60	0,1 /°/
13.	Угол установки закрылков	ZL	0	1 /°/

Таблица П 2

Перечень дискретных сигналов, выводимых на  
бланк-график по программе «экспресс-анализа»  
"Контроль техники пилотирования"

№ п/п	Параметр (наименование разовой команды)	Код (обозначение разовой команды)
1.	Установка барометрических высотомеров : на давление 760 мм рт.ст.	: UP
2.√	Предкрылки выпущены	: PK
3.√	Шасси выпущены	: SH
4.√	Пролет маркерного радиомаяка ДПРМ, БПРМ	: MM
5.√	Внутренние интерцепторы выпущены	: WI
6.	Предельный крен	: KH
7.	Предельная скорость полета	: VH
8.	Высота принятия решения	: HR

Таблица П 3

Эксплуатационные ограничения основных параметров  
полета для самолета Ту-154

1.	Максимально допустимая скорость полета на высотах от земли до 7000 м	600 км/час
2.	Максимальная скорость полета с закрылками, откло- ненными на угол:	
	-15°	-420 км/час
	-28°	-360 км/час
	-36°	-330 км/час
	-45°	300 км/час
3.	Максимальная скорость полета при выпуске и уборке шасси	-400 км/час
4.	Максимальная скорость при отклонении внутренних интерцепторов	-300 км/час
5.	Максимальная скорость полета при перестановке стабилизатора	-425 км/час
6.	Максимальная скорость полета при выпущенных предкрылках	-425 км/час

7. Максимальная путевая скорость:
- подъема передней опоры шасси -315 км/час
  - отрыва основных опор шасси -325 км/час
  - касания основными опорами шасси -280 км/час
  - касания передней опорой шасси -270 км/час
  - начала торможения на пробеге -230 км/час
8. Допустимые углы крена:
- на высотах 250 м и ниже или при скоростях менее 340 км/час на взлете и менее 280 км/час на посадке  $\pm 15^\circ$
  - во всех остальных случаях  $\pm 33^\circ$
9. Максимально допустимая по условиям прочности перегрузка для всех масс самолета
- с убранной взлетно-посадочной механизацией +2,5  
-1,0
  - с выпущенной взлетно-посадочной механизацией +2,0  
-0,0
10. Максимально допустимая вертикальная перегрузка по условиям срыва в зависимости от полетной массы, высоты и скорости полета -1,4 -1,8

Таблица П 4

Значения характерных скоростей полета  
самолета Ту-154

1. Скорость сваливания (срыва) при полетной массе 70 и 100 т:
- закрылки и предкрылки убраны - 265 - 317 км/час
  - предкрылки выпущены, закрылки  $28^\circ$  - 197 - 235 км/час
  - предкрылки выпущены, закрылки  $45^\circ$  - 190 - 228 км/час
2. Скорости на взлете при полетной массе 90 и 100 т (закрылки  $28^\circ$ , предкрылки выпущены):
- скорость подъема передней стойки - 245 - 257 км/час
  - скорость при наборе высоты 10,7 м - 268 - 283 км/час
  - скорость начала уборки механизации с  $28^\circ$  до  $15^\circ$  - 282 - 297 км/час