

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

**Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
«МАИ»**

КАФЕДРА ДИНАМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой**

_____ А.В. Ефремов

**Лабораторный практикум по динамике и
управлению полетом**

Москва
2020 г.

Занятие на ПС

Целью проведения настоящих занятий является:

- ознакомление студентов с основной группой пилотажных приборов и их расположения на приборной доске самолета;
- получение представления об управлении самолетом на различных режимах и этапах полета при отклонении тех или иных органов управления в виде визуальных наблюдений изменения положения самолета в пространстве, показаний пилотажно-навигационных приборов и приборов контроля работы двигателя;
- приобретение при выполнении упражнений, в которых проявляются основные динамические процессы, происходящие при эволюциях самолета, практических навыков, необходимых для последующего осознанного выполнения упражнений на авиационных тренажерах и на реальных самолетах;
- закрепление и углубление знаний, полученных при изучении теоретических курсов.

Результатом предварительной подготовки должно стать сокращение времени на адаптацию студентов при выполнении полетов на авиационных тренажерах (пилотажных стендах) и на самолетах в период прохождения летной практики.

В качестве объекта управления выбран учебно–тренировочный самолет Л–39.

Самолет Л-39 представляет собой двухместный цельнометаллический моноплан с реактивным двигателем, предназначенный для первоначального обучения и дальнейшего совершенствования летчиков, позволяющий переход на боевые самолеты без затруднений.

Летные качества самолета обеспечивают выполнение всех задач обучения, включая фигуры высшего пилотажа.

Характеристики самолета Л–39.

Размеры. Размах крыла 9,46 м; длина самолета 12,13 м; высота самолета (при необжатых стойках шасси) 4,77 м; площадь крыла 18,8 м²; эффективное удлинение крыла 5,2; геометрическая крутка крыла 0°; стреловидность по линии 25% хорды 1°45'; поперечное «V» крыла 2°30'; угол установки крыла 2°; средняя аэродинамическая хорда (САХ) ba 2,15 м; удельная нагрузка на крыло (при $G = 4\ 303$ кг) 229 кг/м².

Двигатель. Аи–25ТЛ двухконтурный, турбореактивный, двухроторный с сужающимся, нерегулируемым реактивным соплом.

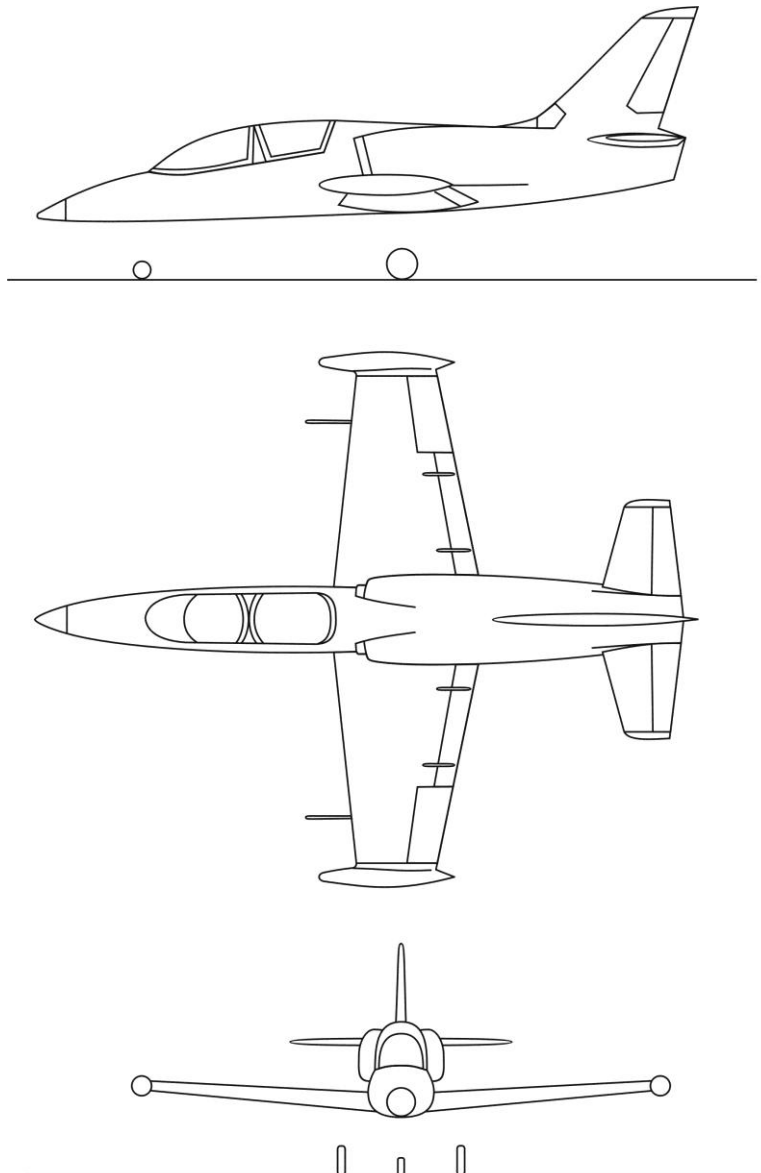
Веса, кгс: максимальный взлетный вес 4 701, максимальный посадочный вес 4 600, вес пустого самолета 3 425 кг + 1,5%; вес топлива 1014 (фюзеляжные топливные баки (1100 л) 858 кг и крыльевые (200 л) 156 кг).

Летные данные. Максимально допустимая приборная скорость полета (широкая стрелка) в диапазоне высот 0 ÷ 1300 м МСА $V_{np} = 900$ км/ч; максимальное: допустимое число M полета на высотах выше 1300 м МСА, (ниже 1300 м ограничение: по скорости) $M = 0,8$; максимально допустимая высота полета для применения взлетного

(максимального) режима двигателя 10 км МСА; максимально допустимая приборная скорость полета с выпущенным шасси $V_{np} = 340$ км/ч; максимально допустимая (приборная) скорость полета с выпущенными закрылками (положение взлет и посадка) $V_{np} = 310$ км/ч; допустимая скорость начала торможения (для всех вариантов самолета до $G_{нос.} = 4\ 600$ кг) $V = 190$ км/ч; максимально допустимая скорость бокового ветра перпендикулярно ВПП 10 м/сек; максимально допустимые перегрузки в центре масс:

для веса	= 4 200 кг	$n_y = -4 \div +8 g,$
	= 4 300 кг	$n_y = -3,75 \div +7,5 g,$
	= 4 500 кг	$n_y = -3,5 \div +7 g;$

диапазон допустимых центровок 20,7 + 25,5% САХ.



Общий вид самолета Л-39

Передняя кабина двухместного самолета Л-39 предназначена для курсантов, выполняющих полеты с инструктором, а также при выполнении ими самостоятельных полетов. По укомплектованию органами управления и приборным оборудованием она

практически ничем не отличается от задней кабины инструктора, за исключением лучшего обзора, особенно в передней полусфере.

В модели самолета, используемой в симуляторе, изображена передняя кабина, изучению интерьера и приборного оборудования которой в настоящем описании уделено наибольшее внимание.

Более подробно рассмотрим центральную приборную панель, на которой размещены пилотажно–навигационные приборы и приборы контроля работы двигателя.



Центральная приборная панель передней кабины самолета Л–39

В левой части центральной приборной панели расположена группа пилотажно–навигационных приборов, к которым относятся:

- комбинированный указатель скорости–махометр (расположен слева вверху);
- высотомер (расположен ниже указателя скорости);
- комбинированный пилотажный прибор КПП (Авиагоризонт) (расположен сверху в центре);
- вариометр (расположен справа вверху);
- указатель курса (расположен ниже авиагоризонта).

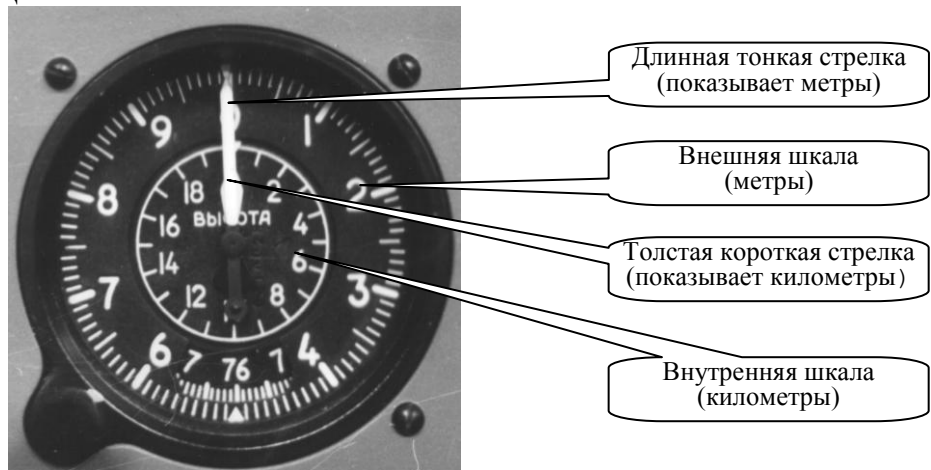
Рассмотрим более подробно указанные приборы.

1. Комбинированный указатель скорости–махометр.



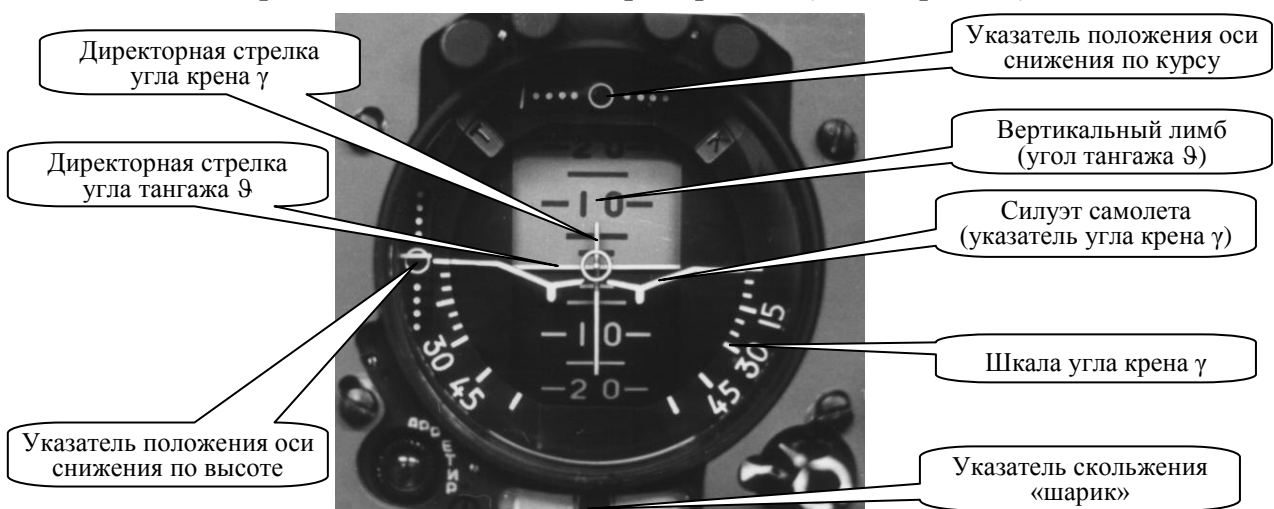
По указателю скорости определяются текущие истинная (тонкая стрелка) и приборная (толстая стрелка) скорости полета самолета, которые соответствуют показаниям прибора, умноженным на 10 (в км/ч). В окошке показывается текущее значения числа M .

2. Высотомер ВД-20.



Показывает барометрическую высоту полета самолета. Внешняя шкала прибора (длинная тонкая стрелка) показывает высоту в метрах (оцифровка шкалы умножается на 100), а внутренняя шкала (маленькая толстая стрелка) – в км. Один оборот длинной стрелки перемещает толстую стрелку на одно деление, равное 1 км.

3. Комбинированный пилотажный прибор КПП (Авиагоризонт)



Авиагоризонт дает летчику информацию о пространственном положении самолета. Вертикальный лимб показывает текущее значение угла тангажа ϑ . При наборе высоты ($\vartheta > 0$) значения угла тангажа считываются со светлого сектора лимба, при снижении самолета ($\vartheta < 0$) – с темного сектора лимба. Вертикальный лимб отградуирован в градусах и соответствует значениям маркировки.

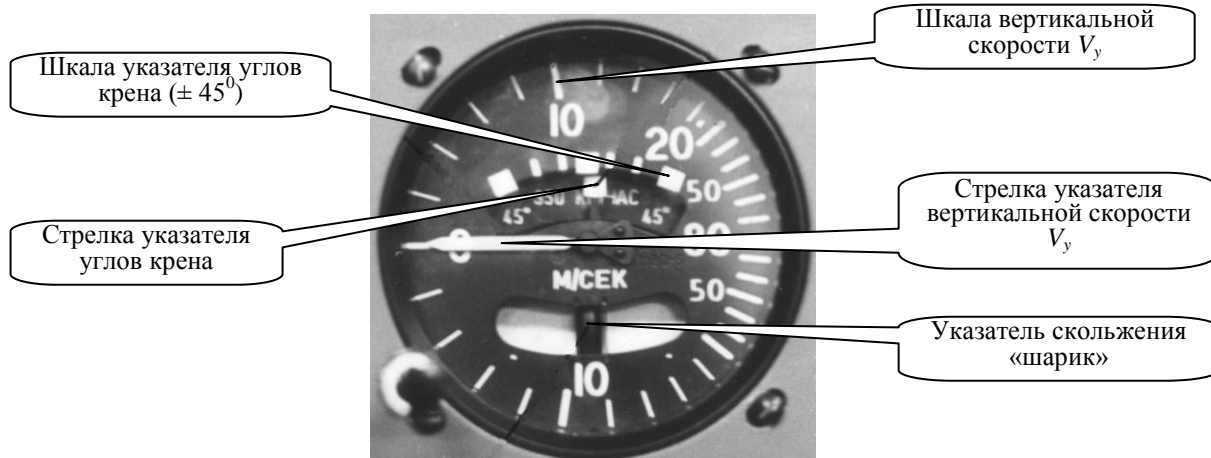
При полете самолета с креном силуэт самолета поворачивается относительно центра вращения в сторону создавшегося крена на текущий угол γ . Шкала угла крена также отградуирована в градусах и соответствует значениям маркировки.

При заходе на посадку (в зоне действия курсо–глиссадной системы) прибор показывает требуемое положение РУС'а «от себя» «на себя» (отклонение горизонтальной директорной стрелки) и «вправо» «влево» (отклонение вертикальной директорной стрелки), а также положение самолета относительно глиссады в вертикальной плоскости (левая вертикальная шкала) и в горизонтальной плоскости (верхняя горизонтальная шкала).

Движение меток положения самолета относительно глиссады дублируется с положением планок комбинированного прибора НПП, который рассматривается ниже.

Для грамотного использования летчиком приборной информации о положении самолета относительно глиссады требуются определенные навыки, которые приобретаются в процессе обучения и практических полетов на тренажере и самолете. Поэтому эта информация в настоящих практических занятиях носит ознакомительный характер.

4. Вариометр, указатель углов крена и скольжения



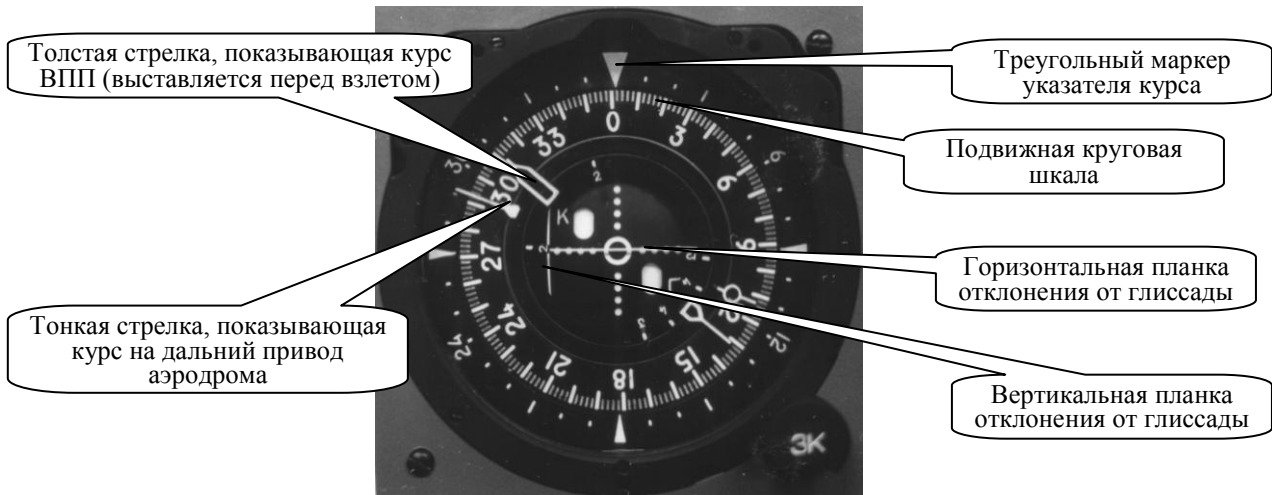
Комбинированный прибор вариометр имеет стрелочные указатели вертикальной скорости V_y , угла крена и указатель скольжения, так называемый «шарик».

При наборе высоты стрелка указателя вертикальной скорости отклоняется вверх ($V_y > 0$), а при снижении самолета – вниз ($V_y < 0$). Шкала прибора отградуирована в м/с и соответствует значениям маркировки.

Указатель углов крена показывает углы в диапазоне $\pm 45^\circ$. Шкала имеет деления через 15° .

Указатель скольжения (в авиагоризонте и в вариометре) дает только качественную оценку наличия или отсутствия скольжения, его направления (влево или вправо) и его величины (насколько далеко «шарик» отклонился от центра).

5. Комбинированный навигационно–пилотажный прибор НПП (Указатель курса)



Текущий курс самолета считывается по значению подвижной круговой шкалы, находящемуся под верхним треугольным маркером указателя курса. Шкала отградуирована от 0 до 360° . Угол курса соответствует оцифровке шкалы, умноженной на 10° .

Курс самолета на аэродром посадки показывает острый конец тонкой стрелки. Поэтому, при удалении самолета от аэродрома порядка 5 – 8 км и более, необходимо переводом самолета в разворот (отклонить ручку управления влево или вправо) совместить острый конец тонкой стрелки с треугольным маркером текущего курса самолета. Необходимо помнить, что стрелка указывает курс на дальний привод, который находится на расстоянии 400 м от торца взлетно–посадочной полосы (ВПП), направление которой показывает толстая стрелка (в реальном полете выставляется перед взлетом; на симуляторе курс ВПП задан). При правильном расчете на посадку тонкая и толстая стрелки должны совпадать острыми концами и соответствовать текущему курсу самолета. При несовпадении стрелок острыми концами (толстая стрелка повернута на 180°) самолет заходит на посадку с обратным курсом. В настоящих практических занятиях это допускается.

Для выдерживания самолета на посадочной глиссаде на приборе имеются вертикальная и горизонтальная планки, которые показывают отклонение самолета от глиссады (выше или ниже, правее или левее). При пересечении планок на кресте, изображенном в центре прибора, самолет движется строго по глиссаде. Эта информация в настоящих практических занятиях носит ознакомительный характер.

В правой части центральной приборной панели расположена группа приборов, контролирующая работу двигателя. При выполнении заданий практических работ, необходимо уделять внимание только показаниям указателя оборотов двигателя (тахометра), расположенного в верхней правой части приборной панели, который показывает (в процентах от максимального) режимы работы двигателя (обороты валов компрессоров высокого (стрелка 1) и низкого (стрелка 2) давлений). Режимы работы двигателя определяются оборотами компрессора высокого давления (стрелка 1).

Слева от рычага выпуска/уборки шасси расположено световое табло индикации выпуска/уборки шасси. При выпущенных шасси горят зеленые лампочки вне силуэта самолета, а при убранных – красные внутри силуэта.

Основные управляющие клавиши клавиатуры симулятора.

Выбор исходного режима полета одновременно нажать клавиши [Ctrl] и [;]

Клавиши управления двигателем

Запуск двигателя	клавиша [+] на цифровой панели клавиатуры
Плавное увеличение тяги двигателя	клавиша [F3]
Максимальная тяга двигателя (скачком)	клавиша [F4]
Плавное уменьшение тяги двигателя	клавиша [F2]
Минимальная тяга двигателя (скачком)	клавиша [F1]
Останов двигателя	клавиша [-] на цифровой панели клавиатуры

Клавиши управления рулем направления (педалями)

Левая педаль	клавиша [Z]
Педали в нейтральном положении	клавиша [X]
Правая педаль	клавиша [C]

Остальные управляющие клавиши клавиатуры

Выпуск / уборка шасси	клавиша [G]
Полная уборка закрылков	клавиша [F5]
Ступенчатая уборка закрылков	клавиша [F6]
Ступенчатый выпуск закрылков	клавиша [F7]
Полный выпуск закрылков	клавиша [F8]
Выпуск / уборка тормозных щитков	клавиша [/]
Торможение колес шасси	клавиша [.]
Переключение видов	клавиша [S]
Режим паузы (останов / продолжение)	клавиша [P]

Джойстик

Джойстик имеет свободное круговое перемещение от 0 до 360⁰ в левую и правую стороны. Отклонение джойстика «на себя» или «от себя» соответствует отклонениям руля высоты самолета (ручка управления «на себя» – набор высоты, «от себя» – снижение), а вправо или влево – элеронов, отклонение которых приводит к кренению самолета на крыло, в сторону которого отклонена ручка управления.

На основании джойстика слева имеется рычажок управления двигателем. Перевод рычажка вперед – увеличение оборотов двигателя до «максимала», назад – сброс оборотов до «малого газа». При выполнении заданий практического занятия для изменения

режимов работы двигателя рекомендуется пользоваться рычажком на джойстике.

На джойстике имеется гашетка (под указательным пальцем), нажатием на которую можно тормозить колеса шасси (дублирует клавишу [.] клавиатуры).

Порядок выполнения работы

На практическом занятии каждый студент должен последовательно выполнить все упражнения, приведенные ниже.

Запуск программы симулятора

Кнопкой «Пуск» включить персональный компьютер. После запуска «Windows» найти папку «Летная практика» и дважды щелкнуть по ней левой кнопкой мышки. Затем дважды щелкнуть левой кнопкой мышки по появившейся пиктограмме Л–39. После запуска симулятора в появившемся меню убедиться, что в окне «Choose a flight» активизирована позиция «_L–39» (окрашена в темно синий цвет). Нажать левой кнопкой мышки нижнюю правую кнопку «FLY NOW!». Происходит загрузка симулятора и на экране появляется изображение передней кабины самолета и закабинного пространства.

Упражнение 1. Взлет и набор высоты.

Запуск двигателя:

- проверить положение ручки управления двигателем на джойстике (она должна находиться в крайнем заднем положении режим «малого газа»);
- нажать клавишу [+] на цифровой панели клавиатуры и держать ее примерно 20с. Первая стрелка указателя оборотов двигателя (стрелка 1) вначале должна немного сместиться с 20%, а затем через какой-то промежуток времени резко выйти за 60% (отпустить клавишу [+]), и потом установиться на значении 57,8%, соответствующему режиму «малого газа».

Нажать на рычаг колесных тормозов (гашетка на джойстике).

В течение 2 ÷ 3 секунд по тахометру проверить работу двигателя (обороты должны соответствовать режиму «малого газа» 57,8%).

Приготовиться к взлету: выпустить закрылки во взлетное положение. Для этого сначала нажать на клавишу [F5] (полностью убрать закрылки), а затем нажать на клавишу [F7] (отклонить закрылки во взлетное положение).

Ручкой управления двигателем на джойстике плавно увеличить обороты двигателя до режима «максимал» (проверить по показанию тахометра 106%), убедиться, что двигатель вышел на режим и работает устойчиво, отпустить рычаг управления тормозами (отпустить гашетку на джойстике) и начать разбег.

Выдерживание направления взлета на разбеге осуществляется педалями. Следует иметь в виду, что нажатие клавиш [Z] или [C] приводит к полному отклонению руля направления самолета влево или вправо и фиксации его в этом положении. Поэтому необходимо корректировать отклонение руля направления клавишей [X] – установкой педалей (руля направления) в нейтральное положение. По мере ухода самолета с полосы влево или вправо, парировать этот уход противоположной педалью (при уходе влево – клавишей [C] затем клавиша [X], при уходе вправо – клавишей [Z] затем клавиша [X]).

По достижении скорости $V_{np} = 160$ км/ч (контролировать по указателю скорости) небольшим плавным движением джойстика «на себя» оторвать переднее колесо от ВПП (контролировать перемещением линии горизонта). Отрыв самолета от земли происходит на скорости $V_{np} = 180$ км/ч. Спустя $1 \div 2$ с после отрыва установить по авиагоризонту отклонением джойстика значение угла $\vartheta = 10^\circ$ (максимальное на взлете $\vartheta = 15^\circ$) и $V_y \cong 12 \div 15$ м/с (по вариометру).

Убрать шасси (нажать клавишу [G]). Световая индикация должна подтвердить выполнение уборки (загораются красные лампочки).

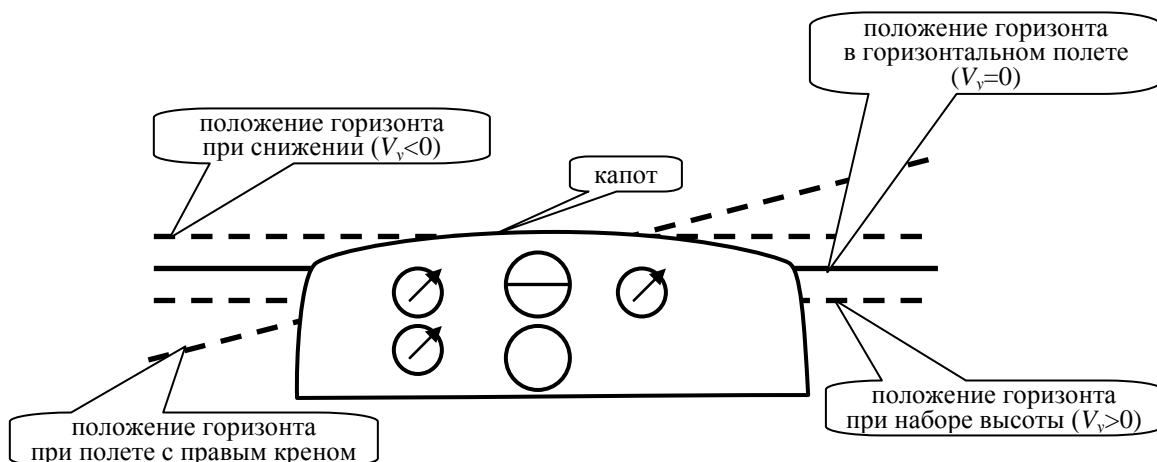
Убрать закрылки (нажать клавишу [F5]). Скорость полета при этом возрастет и будет составлять примерно $V_{np} = 260 - 280$ км/ч. Сохраняя $\vartheta \sim 10^\circ$ ($V_y \cong 8$ м/с), набрать $H = 300$ м.

Небольшим отклонением джойстика по крену влево и постановкой его в нейтральное положение выполнить разворот по курсу на 180° с одновременным набором высоты ($\gamma \leq 30^\circ$ (по авиагоризонту) и выдерживать $V_y \cong 8$ м/с (по вариометру), изменение курса контролировать по курсоглиссадному прибору).

По достижении заданного курса выровнять самолет по крену (джойстик отклонить в противоположную сторону немного за нейтральное положение, а затем поставить в нейтральное) и продолжать полет по прямой с набором высоты до $H = 1000$ м. Может получиться, что уже в развороте будет набрана высота $H = 1000$ м. В этом случае отклонением джойстика «от себя» уменьшить вертикальную скорость V_y .

Перевести самолет в горизонтальный прямолинейный установившийся полет на скорости $V_{np} = 300$ км/ч. Для выдерживания заданной скорости горизонтального полета, при необходимости, отклонением ручки управления двигателем на джойстике установить потребную тягу двигателя. При выполнении горизонтального полета следить за тем, чтобы вертикальная скорость $V_y \approx 0$ м/с и отсутствовал угол крена (его появление парировать отклонением джойстика в противоположную сторону).

На всех этапах полета необходимо научиться, в первую очередь, сопоставлять визуальную картинку (положение проекции линии горизонта относительно капота самолета) с показаниями приборов.



Для этого необходимо зафиксировать какое-то положение самолета «капот-

горизонт» и оценить его по показаниям приборов. Если показания приборов не соответствуют заданным (например, в горизонтальном полете $V_y \neq 0$), то небольшими движениями ручки управления («от себя» или «на себя») перевести самолет в другое положение и снова оценить новую проекцию «капот–горизонт» по показаниям приборов. В конечном счете, добиться полного соответствия проекции «капот–горизонт» с требуемыми показаниями приборов. Полученная проекция «капот–горизонт» и будет искомой, которую для заданного режима полета следует поддерживать небольшими предупреждающими отклонениями ручки управления. Например, при тенденции самолета к набору высоты небольшими импульсными движениями ручки управления «от себя», а затем в нейтральное положение, перевести его в режим горизонтального полета.

- Рекомендации: 1. После выполнения каждого упражнения нажать на клавишу [P], выйти в режим «пауза», прочитать по методичке содержание следующего упражнения и только после его осмысления повторным нажатием на клавишу [P] выйти в режим полета и продолжить выполнение задания.
2. При неудовлетворительных результатах выполнения упражнения (самолет разбился или все получилось не совсем правильно), одновременным нажатием клавиш [Ctrl] и [;] вернуться в исходное положение и начать выполнение упражнения 1 заново.

Упражнение 2. Горизонтальный полет.

Горизонтальный полет выполнять на скорости $V_{np} = 300$ км/ч в течение 3-х минут. Обратит внимание на параметры полета: высота полета $H = 1000$ м, вертикальная скорость $V_y = 0$ м/с, угол атаки (тангажа) должен оставаться постоянным, угол крена должен равняться нулю (появление его парировать отклонением джойстика в противоположную сторону).

Упражнение 3. Разгон и торможение в горизонтальном полете.

Исходные параметры полета: высота $H = 1000$ м, скорость $V_{np} = 300$ км/ч. Плавно увеличить обороты двигателя ручкой управления двигателем на джойстике до «максимала». Разогнать самолет до скорости $V_{np} = 450 - 500$ км/ч. Отклонением ручки управления самолета «от себя» обеспечить постоянство высоты полета ($V_y = 0$ м/с, $H = 1000$ м). Установить минимальные обороты двигателя (ручка управления двигателем на джойстике назад до упора). Затормозить самолет до скорости $V_{np} = 250$ км/ч. Отклонением ручки управления самолета «на себя» обеспечить постоянство высоты полета ($V_y = 0$ м/с, $H = 1000$ м). В процессе полета по авиагоризонту и по проекции «капот–горизонт» следить за креном (появление его парировать отклонением ручки управления в противоположную сторону).

Упражнение 4. Горка.

В горизонтальном полете на высоте $H = 1000$ м увеличить обороты двигателя до «максимала» и сбалансировать самолет на скорости $V_{np} = 450$ км/ч. Плавным, но энергичным движением ручки управления самолетом «на себя» перевести самолет в набор высоты с углом набора 30 градусов с постоянным курсом. При достижении заданного угла набора высоты ручку управления необходимо отклонить «от себя» во избежание дальнейшего его увеличения. В процессе выполнения «горки» следить за постоянством угла набора по показаниям авиагоризонта, скоростью полета по указа-

телю скорости, курса по курсоглиссадному прибору, за отсутствием крена и скольжения (стремление самолета с падением скорости уменьшить угол набора высоты парировать взятием ручки управления «на себя»). При достижении скорости полета $V_{np} = 280$ км/ч плавным движением ручки управления «от себя» вывести самолет в горизонтальный полет. В процессе вывода следить за креном (его появление парировать отклонением ручки управления в противоположную сторону).

Упражнение 5. Пикирование.

В горизонтальном полете на достигнутой после выполнения горки высоте, выбрать характерный ориентир по курсу пикирования, снизить скорость полета до $V_{np} = 250$ км/ч (ручка управления двигателем на джойстике) и плавным движением ручки управления самолетом «от себя» установить угол пикирования 30 градусов. В процессе установившегося пикирования следить за постоянством угла пикирования по показаниям авиагоризонта, нарастанием скорости и направлением пикирования на выбранный ориентир (стремление самолета с нарастанием скорости уменьшить угол пикирования парировать отдачей ручки управления «от себя»). Вывод из пикирования следует начинать на скорости не более $V_{np} = 650$ км/ч и на высоте не менее 500 м. (следить за показаниями высотомера). Плавным движением ручки управления «на себя» вывести самолет в горизонтальный полет. В процессе вывода следить за креном (появление его парировать отклонением ручки управления в противоположную сторону).

Упражнение 6. Реакция самолета на отклонение элеронов.

В горизонтальном полете на высоте $H = 1000$ м увеличить обороты двигателя и сбалансировать самолет на скорости $V_{np} = 400$ км/ч. Плавно, но энергично отклонить ручку управления самолетом на 1/3 хода влево (держать 2 – 3 с), затем убрать развившийся крен отклонением ручки управления вправо и при $\gamma \approx 0$ вернуть ручку в нейтральное положение. Оценить изменение угла крена и скольжения по показаниям авиагоризонта и вариометра (положение «шарика»). Восстановить горизонтальный полет и заданный курс самолета.

Упражнение 7. Вираж с креном 30 градусов на постоянной высоте.

Исходные параметры полета: высота $H = 1000$ м, скорость $V_{np} = 400$ км/ч. По указателю курса запомнить полетный курс самолета. Плавным движением ручки управления самолетом влево ввести самолет в вираж. Величину заданного угла крена проверять по показаниям авиагоризонта. В процессе выполнения разворота отклонением ручки управления самолетом «на себя» обеспечить постоянство высоты полета ($V_y \sim 0$ м/с, $H = 1000$ м). Выполнить разворот на 360 градусов, контролируя направление полета по указателю курса. В процессе разворота следить за креном (его появление парировать отклонением ручки управления в противоположную сторону). Обратить внимание на положение индикатора скольжения.

Упражнение 8. Реакция самолета на отклонение руля направления.

В горизонтальном полете на высоте $H = 1000$ м и скорости $V_{np} = 400$ км/ч нажать на левую педаль до упора (держать 2 – 3 с), поставить педали в нейтральное положение, а ручкой управления вернуть самолет в горизонтальный полет ($\gamma \approx 0$). Нажать на правую педаль до упора (держать 2 – 3 с), поставить педали в нейтральное положение, а ручкой управления вернуть самолет в горизонтальный полет ($\gamma \approx 0$). Оценить изме-

нение углов крена и скольжения по показаниям авиагоризонта и вариометра. Восстановить горизонтальный полет и заданный курс самолета.

Упражнение 9. Разворот в горизонтальной плоскости без крена («плоский разворот»).

Исходные параметры полета: высота $H = 1000$ м, скорость $V_{np} = 400$ км/ч. По указателю курса запомнить полетный курс самолета. Нажать на левую педаль до упора (клавиша [Z]). Самолет начнет разворачиваться влево, при этом у него вначале появится небольшой крен на правое крыло, а затем появится тенденция к кренению на левое крыло. Появление левого крена парировать отклонением ручки управления в противоположную сторону. Выполнить разворот на 180 градусов (контролировать направление полета по указателю курса). В процессе разворота следить за креном (появление его парировать отклонением ручки управления в противоположную сторону). Обратить внимание на положение индикатора скольжения.

Упражнение 10. Горизонтальный прямолинейный полет с креном и скольжением.

Исходный режим полета: высота $H = 1000$ м, скорость $V_{np} = 400$ км/ч. Нажать на левую педаль до упора (клавиша [Z]). Самолет начнет разворачиваться влево, при этом у него появится тенденция к кренению на левое крыло. Появление крена парировать отклонением ручки управления в противоположную сторону. Продолжать отклонять ручку управления до тех пор, пока самолет не перестанет разворачиваться. Выполнить полет по прямой в течение 3-х минут. Контролировать направление полета по указателю курса. В процессе полета следить за креном (изменение его значения парировать отклонением ручки управления в противоположную сторону). Отклонением ручки управления самолета «от себя» или «на себя» обеспечить постоянство высоты полета ($V_y \sim 0$ м/с, $H = 1000$ м). Обратить внимание на положение индикатора скольжения.

В процессе выполнения упражнений самолет, как правило, оказывается вне зоны видимости аэродрома. Для того, чтобы привести самолет в зону аэродрома необходимо воспользоваться показаниями курсо–глиссадного прибора. Курс самолета на аэродром посадки показывает острый конец тонкой стрелки. Поэтому, при удалении самолета от аэродрома порядка 15 – 20 км, необходимо переводом самолета в разворот (отклонить ручку управления влево или вправо) совместить острый конец тонкой стрелки с треугольным маркером текущего курса самолета. Необходимо помнить, что стрелка указывает курс на дальний привод, который находится на расстоянии 400 м от торца взлетно–посадочной полосы (ВПП), направление которой показывает толстая стрелка (в реальном полете выставляется перед взлетом; на симуляторе курс ВПП задан). При правильном расчете на посадку тонкая и толстая стрелки должны совпадать острыми концами и соответствовать текущему курсу самолета. При несовпадении стрелок острыми концами (толстая стрелка повернута на 180^0) самолет заходит на посадку с обратным курсом. Также курс на аэродром (на дальний привод) показывает стрелка радиокompаса.

На расстоянии $\sim 10 \div 12$ км от аэродрома впереди на земной поверхности появятся его очертания и расположение взлетно–посадочных полос.

В зоне аэродрома необходимо выполнить предпосадочный маневр, т.е. привести самолет в точку, отстоящую от торца ВПП на расстоянии $\sim 5 \div 8$ км, на высоте H

=500 – 700 м, со скоростью $V_{np} = 300 – 340$ км/ч и курсом, совпадающим с направлением взлетно–посадочной полосы. Для этого используйте все навыки, полученные в предыдущих упражнениях.

Выпустить шасси (клавиша [G]). Проконтролировать их выпуск по табло на приборной доске (должны погаснуть красные лампочки внутри силуэта самолета и загореться зеленые лампочки). Сбросить тягу с тем, чтобы снизить скорость полета. На скорости $V_{np} \leq 300$ км/ч выпустить закрылки в посадочное положение (клавиша [F8]).

Упражнение 11. Снижение и посадка.

На удалении ~ 1 500 м от торца ВПП на высоте $H = 300$ м начать снижение самолета по глиссаде ($V_{np} = 260 – 280$ км/ч, $V_y = -2,5$ м/с). Управляя тягой двигателя, следить за скоростью, чтобы не выйти на режим сваливания ($V_{np} \leq 250$ км/ч). Для поддержания самолета на глиссаде небольшими движениями «от себя» и «на себя» ручки управления поддерживать необходимый угол снижения, а движениями «вправо–влево» – направление по курсу в точку выравнивания в начале ВПП. Отклонением ручки управления двигателем регулировать скорость полета, которая к моменту начала выравнивания (удаление от торца ВПП ~ 50 м) не должна быть меньше $V_{np} = 250 \div 220$ км/ч. Плавно подбирая ручку управления «на себя», начать выравнивание с таким темпом, чтобы на высоте $H = 1 \div 1,5$ м над ВПП вывести самолет из угла планирования. Небольшим движением ручки управления «на себя» создать самолету посадочное положение на два основных колеса. Посадочная скорость составляет $V_{np} = 220 \div 200$ км/ч (контролировать по указателю скорости).

После касания земли основными стойками шасси зафиксировать ручку управления самолетом и дождаться опускания носовой стойки и начала пробега самолета по взлетно–посадочной полосе. Ручкой управления двигателем перевести двигатель в режим «малого газа» (установить ее в крайнее заднее положение). Гашеткой джойстика (сначала плавно, а затем полным нажатием гашетки) затормозить самолет до полной остановки и выключить двигатель (нажать клавишу [–] на цифровой панели клавиатуры).

Выйти из симулятора (одновременно нажать клавиши [Alt] + [F4], а затем во всех появляющихся меню отвечать утвердительно). Выключить компьютер.

Контрольные вопросы

1. Для чего отклоняется ручка управления «на себя» в конце разбега самолета по взлетной полосе?
2. Каков угол ϑ в горизонтальном полете (> 0 , < 0 или равен нулю)?
3. Как изменяется угол ϑ при разгоне и при торможении в горизонтальном полете?
4. Как изменяется положение ручки управления при разгоне и торможении в горизонтальном полете?
5. Куда перемещается ручка управления при вводе самолета в режим снижения и при выводе из этого режима?
6. Каково соотношение углов атаки α в горизонтальном полете, при снижении и в наборе высоты с $|\theta| = const$?

7. Почему при выполнении «дач» (импульсные отклонения ручки управления «на себя» или «от себя») рулем высоты изменяется скорость полета и высота?

8. Почему при отклонении ручки управления «вбок» отклоняется «шарик».

9. Почему при развороте с углом крена ($\gamma_a \neq 0$), но без нормальной перегрузки ($n_{y_a} = 1,0$) уменьшается высота полета?

10. Почему при выполнении виража в горизонтальном полете с $n_{y_a} = \frac{1}{\cos \gamma_a}$ при постоянных оборотах двигателя уменьшается скорость?

11. Почему при «даче» педалью перемещается «шарик»?

12. Почему при выполнении прямолинейного полета с креном и скольжением на постоянной высоте с $\beta = \text{const}$ кроме отклонения ручки управления «вбок» требуется еще отклонение ее «от себя»?