

ПОТЕРЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТИРОВКИ И УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ В ПОЛЕТЕ

А.П. Пленцов, к.т.н. В.И. Желонкин, Н.А. Законова, В.М. Боцеван

Из 323 самых серьезных происшествий (Класс А) в ВВС США за период с 1991 – 2000 гг., 20,2% связываются с пространственной дезориентацией (Devenport, 20000). Часто происшествия, произошедшие по причине пространственной дезориентации (ПД), носят фатальный характер, насчитывая около 40 унесенных жизней в год в американских ВВС, ВМС и Армии вместе взятых (Braithwaite et al, 1998; McGrath, 2000). По оценкам: 89% событий ПД в авиации общего назначения имеют фатальный исход (Nail 1999). Ежегодные потери американских военных более чем 300 млн. долларов, и примерно такие же потери в гражданской авиации. (Вестник МНАПЧАК № 1, 2 2005 г.)

Летчик в полете, являясь активным оператором (АО), воспринимает и перерабатывает информацию, преследуя две основные цели: ведение правильной пространственной ориентировки и, на этой основе, а также при наличии приобретенных навыков пилотирования, безопасное управление самолетом.

Пространственная ориентировка (ПО) - это знание человеком своего положения и характера перемещения в пространстве относительно вектора сил тяжести и окружающих предметов. ПО - это постоянно функционирующий элемент жизнедеятельности человека, такой же, как сон, дыхание, питание. Человек не мог бы существовать во времени и пространстве, если бы его ощущения не давали ему объективно-правильного представления о положении и перемещении окружающей среды. Иначе говоря, человек погибает, если пространственная ориентировка ложная, т.е. ощущения человека выдают ему субъективно-ложную информацию о положении и перемещении окружающей среды.

Человек на земле ощущает и воспринимает положение и перемещение окружающей среды с помощью двух анализаторных систем (АС): наружной АС и внутренней АС. Необходимо особо отметить, что и наружная, и внутренняя анализаторные системы формируют и представляют в центр пространственной ориентировки головного мозга (ЦПО) сигналы ощущений положения и перемещения окружающей среды подсознательно, то есть, не зависимо от воли и желания самого человека.

Сигналы наружной анализаторной системы ($C_{\text{нас}}$): зрительный ($C_{\text{зр}}$), обонятельный ($C_{\text{об}}$), осязательный ($C_{\text{ос}}$) анализаторы, ощущают и воспринимают внешнее положение и перемещение окружающей среды: земли, горизонта, предметов и выдают в ЦПО как сигналы о положении человека относительно вертикали и горизонтали земли, так и положение и перемещение относительно окружающих его предметов. Доминирующую роль при этом, естественно, играет зрительный анализатор, сообщая ЦПО более 95% ощущений.

Сигналы внутренней анализаторной системы ($C_{\text{внас}}$): вестибулярный и отолитовый аппараты ($C_{\text{в}}$), кожный ($C_{\text{к}}$), двигательный ($C_{\text{д}}$), тактильный ($C_{\text{т}}$) анализаторы, ощущают и воспринимают положение и перемещение внутренних

органов человека, кожи, мышц и выдают в ЦПО в основном сигналы о положении и перемещении человека относительно вертикали, горизонтали земли, сил тяжести, вектора угловых, линейных скоростей и ускорений. Знание человеком о положении вертикали и горизонтали позволяет ему выстроить оси координат, в системе которых он перемещает свое тело, а также видит перемещение и перемещает сам окружающие его предметы и предметы управления.

На земле, в обычных условиях, все сигналы АС согласованно, подсознательно поступают в ЦПО, подтверждают ощущение и восприятие друг друга. Проблем с выработкой решения о положении и перемещении окружающей среды, сил тяжести, построения системы координат в этом случае не возникает. В ЦПО создается единый пространственный образ положения и перемещения (ПрОПП) как окружающей среды, так и самого человека относительно окружающей среды. Существование ПрОПП легко подтвердить. Закройте глаза и вы, теперь уже умозрительно, видите и сохраняете положение горизонтали, вертикали, то есть систему координат и окружающие вас предметы, в этой системе координат. Иначе говоря, умозрительную панораму положения и перемещения окружающего пространства и вас в этом пространстве - ПрОПП. В этом пространстве какое-то время с закрытыми глазами вы, передвигаясь, можете ориентироваться. В этом случае человек создает умозрительно-сознательный сигнал $C_{узр}$, который взамен $C_{зр}$ поступает в ЦПО для формирования ПрОПП. Вы тем дольше сможете ориентироваться в пространстве, чем меньше будете двигаться, и точнее отсчитывать свое перемещение от исходной точки, сохраняя $C_{узр}$ близким к $C_{зр}$. Таким образом, с закрытыми глазами у человека формируется два вида сигналов для создания ПрОПП. Внутренняя АС продолжает снабжать информацией о положении и перемещении относительно вектора сил тяжести, то есть положение и перемещение человека по вертикали и горизонтали, а умозрительно-сознательное видение окружающей среды позволяет знать положение и перемещение относительно окружающих предметов. Однако человек с закрытыми глазами, как правило, не может выполнять управляющие действия с движущимися объектами, то есть функции активного оператора, так как $C_{узр}$ имеет ограниченный ресурс информации, которая не восполняется. Через обусловленный промежуток времени $C_{узр}$ закончится.

В особых условиях, на земле, у человека могут возникнуть трудности в определении положения и движения окружающей среды, а, следовательно, и своего положения и характера перемещения. Если вы сидите в купе поезда и видите вагон соседнего поезда, то иногда, при начале движения соседнего вагона, вы ощущаете, как ваш поезд «поехал». При этом можно сказать, что у вас появилась «иллюзия движения». Иллюзия будет длиться до тех пор, пока вы не взглянете в противоположную сторону и не увидите перрон. Вы стоите на месте. Иллюзия движения мгновенно пропадает. Если вы снова взглянете на идущий соседний поезд, иллюзия у вас возникнет вновь. Точно также у летчика при полете в облаках могут возникать иллюзии зрительного или вестибулярного характера. Но, как только самолет выйдет за облака или под облака, и летчик сможет наблюдать положение и перемещение естественных ориентиров, иллюзии мгновенно пропадают. Таким образом, можно сказать, что в этих случаях происходит кратковременная потеря пространственной ориентировки. Эти

примеры подтверждают нам также, что $C_{зр}$ является доминирующим в пространственной ориентировке, при согласованном восприятии обоих анализаторных систем. $C_{внас}$, в примере с поездом, хотя и выдавал в ЦПО сигнал неподвижного состояния тела, однако был игнорирован. В полете наоборот, $C_{внас}$, хотя и продолжает выдавать иллюзии исходящие от внутренней анализаторной системы, но, при выходе за облака или под облака, также игнорируется.

Потеря пространственной ориентировки (ППО) это такое состояние человека, когда одна или обе анализаторные системы выдают в ЦПО субъективно-ложную информацию о положении и перемещении окружающей среды и человек начинает верить этой информации. Последствия потери пространственной ориентировки для пассивного наблюдателя (ПН) событий ограничивают или исключают возможность его передвижения. Для активного оператора, управляющего объектом (например, автомобилем или самолетом), потеря пространственной ориентировки ведет к потере управления объектом из-за отсутствия базы – системы координат, для выработки правильных действий по его управлению.

Применяемая в иностранной литературе, и в некоторых российских источниках терминология - «пространственная дезориентация», - не вполне конкретно акцентирует внимание на проблеме существующей в авиации с тех пор, как начались полеты в облаках и ночью. Пространственная дезориентация, это узкая часть общей проблемы, называемой: «Потеря пространственной ориентировки летчиком в полете» и ведущей к потере управления самолетом.

Формулу восприятия на земле можно записать так:

$$\text{ПрОПП} = C_{зр} (89\%) + C_{об} (0,5\%) + C_{ос} (0,5\%) + C_{в} (7\%) + C_{к} (1\%) + C_{д} (1\%) + C_{т} (1\%),$$

где: $C_{в} + C_{к} + C_{д} + C_{т} = C_{внас}$.

$C_{об}$, $C_{ос}$ - в дальнейшем из рассмотрения исключаем.

В итоге получаем: на земле $\text{ПрОПП} = C_{зр} + C_{внас}$

Прежде чем приступить к рассмотрению процесса восприятия летчиком в полете своего положения и характера перемещения в пространстве, необходимо определить: кем является летчик и сами условия, в которых летчик выполняет процесс пилотирования.

Летчик в полете, находясь внутри сложной динамической системы и выполняя управление ею в трехмерном пространстве при ограниченном ресурсе времени, является «активным оператором с ограниченным ресурсом времени» (АООРВ). Для сравнения: пассажир в полете является: «пассивным наблюдателем с неограниченным ресурсом времени» (ПННРВ). Штурман самолета или летчик в автоматизированном полете, являются «активными наблюдателями с ограниченным ресурсом времени» (АНОРВ) или «активными наблюдателями с неограниченным ресурсом времени» (АННРВ).

С точки зрения условий ведения пространственной ориентировки все полеты необходимо разделить на три вида:

Первый вид полетов, это полеты в простых метеоусловиях (ПМУ), которые характеризуются визуальной видимостью из кабины самолета естественных ориентиров пространственной ориентировки - линии естественного горизонта, земли, облаков. При полетах в ПМУ, правильная ПО осуществляется летчиком с

помощью зрительного анализатора, в противовес ложным ощущениям внутренней анализаторной системы, из-за действующих в полете перегрузок, ускорений, вибрации. Летчик из кабины самолета наблюдает положение и перемещение линии естественного горизонта, земли, облаков и на основе приобретенных навыков пилотирования управляет самолетом. Подсознательное принятие решения в ЦПО о пространственном положении и перемещении окружающей среды полностью опирается на мощный объективно-правильный сигнал $C_{зр}$, в противовес субъективно-ложным сигналам $C_{внас}$. Летчик успешно справляется с задачей определения истинных координат по горизонтали и вертикали, умозрительно видит свое положение в этой системе координат. В любое время, взглянув за борт самолета, он может подтвердить истинность своего положения. Зная истинное положение окружающей среды, имея навыки пилотирования самолетом, летчик успешно справляется с задачей безопасного управления самолетом. Как правило, при полетах в ПМУ, потери пространственной ориентировки с дальнейшей потерей управления самолетом не происходит.

В ПМУ: $PrOПП = C_{зр} + (- C_{внас})$.

Существует довольно распространенное мнение, что летчики подразделяются на два типа восприятия окружающего пространства, то есть два типа ведения пространственной ориентировки: одни якобы ощущают положение и перемещение окружающей среды вокруг неподвижного себя самого, другие ощущают свое положение и перемещение относительно неподвижной окружающей среды. Такое расхождение произошло от не понимания различий между пассивным наблюдателем (ПН) событий и активным оператором (АО), каковым и является летчик. ПН может наблюдать и воспринимать перемещение окружающего пространства, представляя себя неподвижным. **АООРВ – летчик, находясь в объекте управления и управляя этим объектом, для безопасного выполнения полета должен воспринимать, и воспринимает перемещение управляемого объекта – самолета, и перемещение самого себя, находящегося в самолете, относительно неподвижной окружающей среды.**

Рассмотрим подробнее, что такое зрение и как формируется доминирующее ощущение - подсознательный сигнал зрительного анализатора. Зрение человека состоит из двух частей: центрального и периферического. Центральное зрение это узкий луч сознательного восприятия информации, с помощью которого человек читает, пишет, определяет удаление и величину предмета и так далее. На расстоянии 1 метра от глаз человека луч центрального зрения представляет собой круг диаметром 10 - 12 сантиметров.

Периферическое зрение это широкое поле подсознательного восприятия положения и перемещения окружающего мира: 60 градусов влево и вправо по горизонтали и по 45 градусов вверх и вниз по вертикали. На расстоянии 1 метра - это 12 квадратных метров одновременно обозреваемой площади, не зависимо от воли и желания человека. «Выключить» зрительное восприятие пространства периферическим зрением можно только закрыв глаза, в то время как центральное зрение можно «выключить», если убрать взгляд с изучаемого предмета.

Таким образом, периферическое зрение в силу особенностей своего функционирования играет основную роль в ведении пространственной ориентировки, которая осуществляется к тому же подсознательно. Проверить это

просто, сожмите трубочкой ладони и приставьте к глазам, отсекая периферическое зрение и оставляя центральное. Вы можете читать, можете определять расстояние до предмета, но определяете свое положение и перемещение в пространстве с трудом. Существует болезнь глаз, так называемое «трубчатое зрение». Человек с таким зрением может читать и писать, но признается инвалидом, и ему не разрешается управлять автомобилем или выполнять другую работу, связанную с управлением движущимися объектами.

В процессе подсознательного восприятия неподвижным человеком подвижной окружающей среды, последняя перемещается по периферии глаза и человек воспринимает это ее перемещение. Если человек сам движется среди неподвижной окружающей среды, среда также перемещается по периферии глаза и человек воспринимает это перемещение. Поэтому пассивный наблюдатель, стоящий на месте или сидящий в движущемся автомобиле, самолете и т.д., видит, как среда перемещается вокруг него. Такое состояние его вполне удовлетворяет. Активный оператор, управляя объектом, также воспринимает перемещение окружающей среды по периферии глаза, но, для решения задачи безопасного управления, должен ощущать и ощущает, как он сам перемещается, и перемещается объект им управляемый, относительно неподвижной окружающей среды. Именно этим активный оператор отличается от пассивного наблюдателя.

Второй вид полетов, это полеты в сложных метеоусловиях (СМУ), которые характеризуются отсутствием визуальной видимости естественных ориентиров: линии горизонта, земли, облаков. Как правило, это или полеты в облаках днем и ночью, или полеты над морем, или полеты ночью над безлюдной местностью.

При полетах в СМУ периферическое зрение выключено из системы ведения подсознательно-правильной пространственной ориентировки. В этих условиях летчик пространственную ориентировку *сохраняет* (не ведет) сознательно, умозрительно представляя положение и перемещение окружающей среды, в противовес ложным подсознательным сигналам внутренней анализаторной системы.

В СМУ: $PrOPP = C_{узс} + (- C_{внас})$; при $C_{зр} = 0$.

Сознательное сохранение правильной пространственной ориентировки происходит следующим образом. Перед входом в облака, летчик, запоминая положение линии естественного горизонта или земли, то есть наблюдает истинную систему координат, и знает свое положение в пространстве в этой системе координат. В дальнейшем, в облаках, при изменении положения самолета в пространстве, считывая эти изменения по приборам, он строит умозрительно новое положение системы координат и свое положение в этой системе координат. Задача летчика состоит в том, чтобы при всех изменениях параметров полета, сохранить умозрительно истинное положение системы координат, в то время, как в ЦПО от внутренней АС постоянно поступают ложные подсознательные сигналы, указывающие ложное положение координат. Идет постоянная борьба между истинным и ложным. В этой борьбе решающая роль принадлежит опыту профессиональной подготовки летчика, а также режиму конкретного полета.

Существует предел восприятия и переработки информации, даже для самого высоко подготовленного летчика. На разных этапах и в разных условиях полета скорость и величина восприятия информации различна и колеблется примерно от 8

– 10 бит в секунду, до 50 – 80 бит в секунду, которая в полете может быть даже превышена. Летчик, в определенный момент полета, при быстрых изменениях его параметров, не успевает воспринимать и перерабатывать информацию и может потерять умозрительно-сознательное знание о положении окружающего его пространства. В то же время, внутренняя АС продолжает непрерывно выдавать ложную информацию о положении и перемещении окружающей среды. Может наступить момент, когда летчик начинает верить этим ложным подсознательным ощущениям, то есть выстраивает умозрительно ложную систему координат. Происходит потеря пространственной ориентировки. Летчик выполняет управление самолетом, опираясь на ложные ощущения о положении окружающей среды. Как правило, это приводит к потере управления самолетом и, далее, к катастрофе. По данным исследований авторов более 400 аварий и катастроф, произошедших за последние 30 лет, около 20% катастроф, происходящих по причине потери пространственной ориентировки, произошли во время полетов в СМУ.

Третий вид полетов - это полеты в условиях оптических иллюзий (УОИ), которые характеризуются появлением несоответствия зрительных восприятий реальному состоянию окружающего пространства. Как правило, оптические иллюзии возникают в сумерках или ночью. Это может быть отражение звезд от гладкой водной поверхности или верхнего слоя дождевых облаков, так называемый «звездный шар». Звезды видны из кабины самолета слева и справа, сбоку и внизу, впереди и вверху. Летчику кажется, что он летит вертикально вверх. Это также может быть отражение Луны в дождевых облаках или пыльной «муре», так называемая «двойная луна». При левом крене самолета Луна видна внизу слева. Летчику кажется, что он находится в правом крене. При полете ночью на малой высоте звезды или огни корабля на горизонте создают иллюзию полета со снижением. При полетах в сумерках на восток, особенно в южных районах, линия горизонта правой стороной наклонена вниз. Такое же наклоненное положение горизонта можно наблюдать при полете между слоями облаков.

При полетах в УОИ возможны две ситуации.

Ситуация первая, когда летчик не знает о возникновении оптических иллюзий. В этом случае сигнал зрительного анализатора периферического зрения, поступающий в ЦПО, считается истинным и летчик принимает решение о пространственном положении окружающей среды, основываясь на этом ложном сигнале, что ведет к потере управления самолетом и катастрофе. Причем летчик до самого конца так и не осознает возникновение иллюзии. По данным исследований авторов 50% катастроф по причине потери пространственной ориентировки происходит в этих условиях.

Именно такое развитие событий произошло при катастрофе вертолета Ка – 27, взлетавшего ночью с борта корабля «Адмирал Трибуц» и пилотируемого Александром Топырчевым. Естественно, что вины летчика в происшедшем нет. Официальная версия о недостаточной подготовке летчика к полетам не выдерживает никакой критики.

В УОИ № 1: $PrOPP = (- C_{зр}) + (- C_{внас})$.

Ситуация вторая, когда летчик знает о возможности возникновения иллюзий, готовится к их появлению и определяет появление иллюзии. Основная задача

летчика состоит в том, чтобы «отсечь» восприятие иллюзии периферическим зрением зрительного анализатора и перейти на умозрительное восприятие истинного положения окружающей среды. Трудность решения задачи заключается в том, что ложная информация периферического зрения вызывает замедление восприятия, центральным зрением индикации приборов, доводя до нуля, когда информация перестает восприниматься, что приводит к, так называемому, «ступорному» состоянию. Если летчик все же сможет отсечь иллюзии, полет закончится благополучно. По данным исследований авторов 20% катастроф по причине потери пространственной ориентировки происходит в этих условиях.

$$\text{В УОИ № 2: ПрОПП} = C_{\text{узр}} + (-C_{\text{зр}}) + (-C_{\text{внас}}).$$

Таким образом, необходимо отметить, что основным недостатком современного приборного оборудования в кабинах самолетов является отсутствие соответствующей индикации, представляющей летчику объективно-правильную информацию о положении и перемещении окружающей среды в любых метеоусловиях полетов.

Необходимость индикации для ведения правильной пространственной ориентировки в СМУ и УОИ можно сравнить с необходимостью кислородного оборудования в кабине летчика при полетах свыше 3000 метров. Военным и гражданским самолетам запрещено летать без кислородного оборудования на высотах более 3000 метров. Во избежание катастроф по причине потери летчиком пространственной ориентировки необходимо запретить полеты в СМУ и УОИ без соответствующей индикации для ведения правильной пространственной ориентировки. Более 20 лет назад такая индикация была разработана в трех вариантах технического решения: световая, лазерная и электронная.

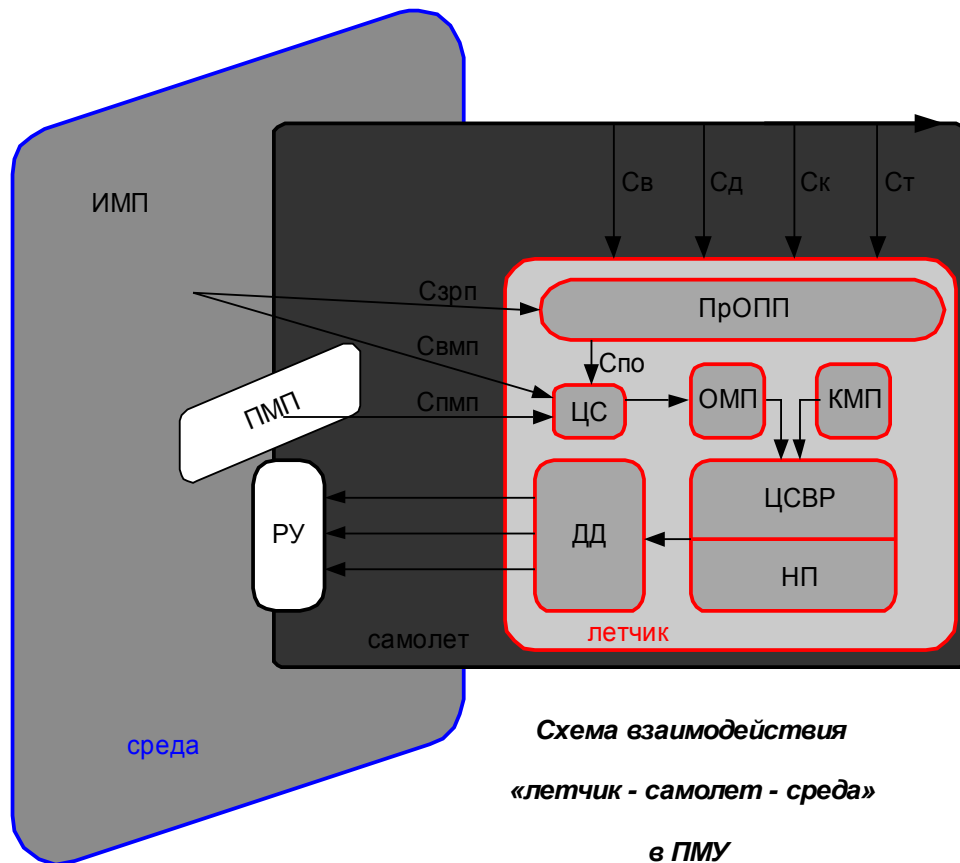
Правильная пространственная ориентировка необходима летчику и является базой для выполнения другой основной задачи: безопасного управления самолетом (БУС).

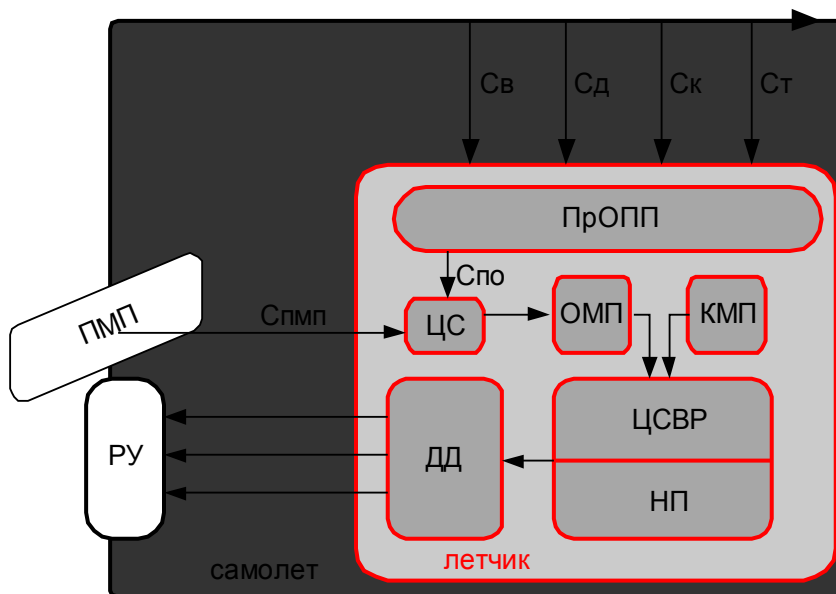
БУС - это перемещение самолета в трехмерном пространстве из одной точки в другую, достигаемое выдерживанием заданного режима полета или установлением нового и решаемое при выполнении трех необходимых условий:

1. Правильная пространственная ориентировка.
2. Наличие у летчика навыков пилотирования, соответствующих условиям полетов.
3. Наличие пилотажно-навигационного оборудования в кабине самолета.

Рассмотрим процесс управления самолетом с точки зрения авиационной эргономики.

СХЕМЫ БЕЗОПАСНОГО УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ





среда

Схема взаимодействия

«летчик - самолет - среда»

в СМУ

ИМП – информационная модель полета;

ПМП – приборная модель полета;

$S_{пмп}$ – зрительный сигнал восприятия приборной модели полета;

ВМП - визуальная модель полета;

$S_{вмп}$ - зрительный сигнал восприятия естественной окружающей среды;

ПрОПП – пространственный образ положения и перемещения летчика;

ЦС – центр согласования;

ОМП – оперативная модель полета;

КМП – концептуальная модель полета;

ЦСВР – центр сравнения и выработки решения;

НП – навыки пилотирования;

РУ – рули управления самолетом;

ДД – двигательные действия по управлению самолетом;

$S_{зрп}$ – сигнал восприятия периферическим зрением окружающей среды;

$S_{по}$ – результирующий сигнал пространственной ориентировки;

$S_{в}, S_{д}, S_{к}, S_{т}$ – сигналы: вестибулярный, двигательный, кожный, тактильный.

Для выполнения задачи БУС, должны быть согласованы три модели полета: информационная (ИМП), концептуальная (базовая) (КМП) и оперативная (рабочая) (ОМП).

Информационная модель полета (ИМП) - это модель полета, представленная в виде набора пилотажно-навигационного оборудования в кабине самолета (ПМП) и визуальной модели полета (ВМП) - зрительного наблюдения положения и

перемещения самолета в окружающем пространстве. $ИМП = ПМП + ВМП$.

ПМП состоит из основного пилотажного прибора, указывающего положение самолета в пространстве: угол крена, угол тангажа, угол скольжения, вокруг которого расположены остальные приборы, сообщающие о высоте, скорости, курсе и др.

ВМП - это зрительное восприятие положения самолета по углам крена и тангажа относительно положения окружающей среды. При полетах в СМУ, ВМП отсутствует. При полетах в УОИ визуальная модель полета является ложной.

Оперативная (рабочая) модель полета (ОМП) это модель полета, создаваемая летчиком умозрительно в процессе полета на основе результатов ведения пространственной ориентировки – ПрОПП, то есть положение системы истинных координат, что является базой, для считывания, анализа и переработки показаний ИМП при построении положения своего самолета в системе координат. В итоге ОМП – это умозрительное знание о положении и перемещении своего самолета в данный момент времени в истинной системе координат.

Концептуальная (базовая) модель полета (КМП) это модель полета, создаваемая летчиком умозрительно на земле, при подготовке к полетам. На земле в процессе подготовки к полетам летчики, с началом летной деятельности, пользуются макетом самолета, то есть уменьшенной копией своего самолета. С помощью такого макета они моделируют различные этапы и ситуации полетов. Как правило, летчики держат макет самолета носом от себя и, при создании крена, поворачивают макет вокруг продольной оси. При моделировании снижения или набора высоты они соответственно опускают или поднимают нос самолета. Данная модель управления самолетом становится основой для формирования КМП в процессе подготовки к полетам.

Сознание летчика вырабатывает ОМП и КМП в одном и том же формате, что обосновано необходимостью при дефиците времени сравнивать и принимать решения на двигательные действия по управлению самолетом при минимальном ресурсе времени с максимальной скоростью.

ИМП в системе управления «летчик-самолет-среда» должна оцениваться, с одной стороны, насколько полно и точно в ней отображается управляемый объект – самолет, с другой стороны, как отображаются результаты действия рулями управления и насколько точно ИМП соответствует ОМП и КМП.

В настоящее время в авиации используются приборные модели, в которых применяются два типа основных пилотажных приборов. ПМП с так называемой прямой индикацией и ПМП со смешанной индикацией. Причем необходимо отметить не соответствие названия и градации применяемых приборных моделей полета.

ПМП с прямой индикацией основного пилотажного прибора, так называемая «американская» система индикации (применяется на всех типах самолетов США и других западных стран), не является в полном смысле прямой индикацией, как ее называют западные авиационные психологи - **вид из кабины самолета**. На экране прибора имеется стилизованный неподвижный силуэт самолета, *наблюдаемый сзади по полету (по оси Oх)* и подвижный по углам крена и «тангажа» условный горизонт, *наблюдаемый из кабины самолета*. Верхняя часть индикатора, над линией горизонта, окрашена в синий цвет - небо, а нижняя - в коричневый – земля.

Разработчики данной индикации предполагали, что подвижная линия условного горизонта позволит летчику в полете в любых метеоусловиях вести пространственную ориентировку, а цифровые показания углов крена и «тангажа» осуществлять управление самолетом. Однако линия условного горизонта на приборе имеет такие параметры, которые не позволяют задействовать основной источник правильных ощущений при ведении пространственной ориентировки – периферическое зрение. Таким образом, для ведения правильной ПО, данный прибор использоваться не может. Нельзя его использовать и для управления самолетом, т.к. с точки зрения авиационной эргономики показания прибора алогичны ситуации полета. Подвижен горизонт, а самолет – объект управления – неподвижен, к тому же при изменении положения самолета по тангажу, линия условного горизонта на индикаторах смещается параллельно вверх или вниз относительно неподвижного силуэта самолета, указывая не положение видимой из кабины самолета линии естественного горизонта, а изменение положения линии земли, т.е. изменение высоты полета.

ПМП со смешанной индикацией основного пилотажного прибора, так называемая «советская», (применяется практически на всех типах бывших советских самолетов), также не является в полном смысле обратной индикацией, т.е. **вид сзади по полету самолета**. На экране прибора имеется стилизованный, подвижный по крену силуэт самолета, *наблюдаемый сзади по полету*, и подвижная по «тангажу» линия условного горизонта, *наблюдаемая из кабины самолета*. Верхняя часть индикатора над линией горизонта окрашена в синий цвет – небо, а нижняя часть в коричневый – земля. Разработчики данной индикации больше адаптировали прибор к выполнению задачи безопасного управления самолетом, исполнив индикатор подвижным по крену, однако по «тангажу» он так же, как и первый, показывает высоту полета.

С точки зрения активного оператора с ограниченным ресурсом времени и первый и второй типы индикации, применяемые в настоящее время, имеют ряд существенных недостатков, не позволяющих им решать проблему потери пространственной ориентировки и способствовать выполнению безопасного управления самолетом в полете:

1. Правильное название обоих приборов: указатели углов крена и **высоты полета**. Угол тангажа, с точки зрения практической аэродинамики, ни один прибор не показывает.

2. Силуэт самолета в приборах, по замыслу разработчиков, как символ своего самолета нигде и никогда в процессе подготовки к полетам летчику не встречается.

3. Силуэт самолета на экране неподвижен, а подвижна линия горизонта. Чтобы создать такую ситуацию на земле, необходимо подвесить макет самолета в воздухе на уровне глаз, встать сзади по полету, повернуть голову влево и представить, что самолет кренится вправо, присесть вниз и представить, что самолет набирает высоту. Естественно, что данная подготовка к полетам абсолютно алогична и никогда не имеет место.

4. Применяемые типы индикации при решении задачи БУС не позволяют летчику наблюдать положение своего самолета в пространстве без интерпретации через считывание цифровых значений углов крена и тангажа.

5. При полетах самолета с большими углами крена и тангажа, когда линия

горизонта уходит за обрез прибора, определить положение самолета в пространстве практически невозможно, а значит и невозможно принять правильное решение на действия рулями управления для вывода самолета в требуемое положение.

6. Индикация приборов не задействует периферическое зрение летчика в системе создания ПрОПП, поэтому вести пространственную ориентировку с их помощью невозможно.

Такая индикация более соответствует логике пассивного наблюдателя с неограниченным ресурсом времени и могла бы применяться при управлении аэростатами или дирижаблями.

Смешанная «советская» индикация отличается от прямой тем, что силуэт самолета на приборе подвижен по углам крена. При этом летчику становится легче определять положение своего самолета по крену, а значит и быстрее принимать решения на действия рулями управления. Однако все другие недостатки, особенно по пунктам 1, 2, 4, 5, 6, в нем остались прежними. Данную индикацию можно применять при полетах в ПМУ или в СМУ при пилотировании с небольшими, 10–15 градусами, углами крена и тангажа.

Градации существующих типов индикации положения и перемещения самолета в пространстве (прямая, смешанная, обратная) нет необходимости рассматривать, опираясь на то, как летчик в полете осуществляет наблюдение: из кабины или сзади по полету.

Летчик, являясь активным оператором с ограниченным ресурсом времени, требует создания такой визуализации логической индикации параметров положения и движения самолета в пространстве, которые бы воспринимались и перерабатывались в двигательные действия на уровне, близком к подсознательному. Летчику необходимы эргономически обоснованные, логические индикаторы принятия правильных решений при полетах с большими углами крена и тангажа в любых метеоусловиях полетов.

Имея два параметра - крен и тангаж и, применяя двоичную систему кодирования, примем: 0 – неподвижное положение имитатора самолета, 1 – движение имитатора. В итоге получаем четыре варианта ПМП:

- 1) крен – 0, тангаж – 0. Американский тип индикации.
- 2) крен - 1, тангаж – 0. Советский тип индикации.
- 3) крен – 0, тангаж – 1. Индикация типа АГИ-1 (применялась на МИГ-15, МИГ-15 УТИ, МИГ – 17 и др. самолетах в 50х – 70х годах).
- 4) крен – 1, тангаж – 1. Индикация типа ПИЛС, ЭПИЛС.

Эргономически обоснованная, логическая индикация должна соответствовать ОМП и КМП, в которых летчик представляет объемный макет самолета вращающимся относительно неподвижного горизонта. При этом направление движений рулями управления должно соответствовать направлению движения индикатора - макета самолета, и самого самолета. В данном случае центр согласования ЦС между ПМП и ОМП отсутствует. Время восприятия ПМП близко к подсознательному.

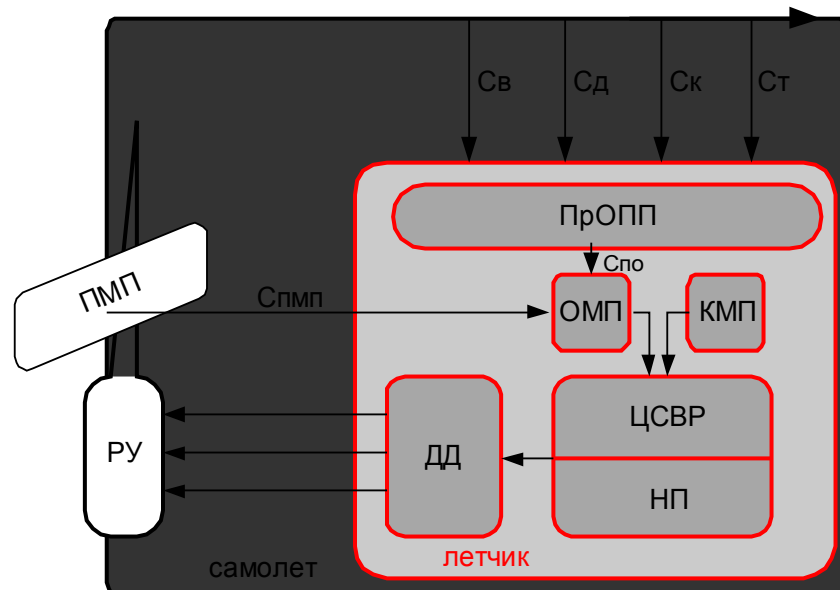
135 человек было задействовано в эксперименте по оценке электронного варианта индикации ЭПИЛС управляемого джойстиком. Из них 52 летчика истребительной авиации, 9 - бомбардировочной, 18 - пассажирских самолетов, 6

штурманов, 11 авиаспециалистов (не летчиков), 23 водителя автомобилей, 16 человек абсолютно не связанных с процессом управления. Все летчики, штурманы, авиаспециалисты через 7-10 минут уверенно пилотировали самолет, безошибочно и правильно выводили из любых вводимых положений по крену и тангажу. Для водителей автомобилей потребовалось 15-20 минут. Из 16 не имеющих опыта управления 12 начинали пилотировать и понимать действия рулями управления через 25-30 минут. Остальным четверым потребовалось около часа.

Данная проверка воспринимаемости индикации ЭПИЛС показала, что переучивать летчиков для перехода на новую индикацию практически не требуется.

Для сравнения: из 79 летчиков смогли определить положение самолета в пространстве и выполнить правильные действия рулями управления на электронном варианте прямой, «американской», индикации при создании сложного положения только 6 летчиков.

СХЕМА БЕЗОПАСНОГО УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ



среда

Схема взаимодействия

«летчик - самолет - среда»

в СМУ, индикация ЭПИЛС

В настоящее время разработаны новые объемные индикаторы логической индикации положения и перемещения самолета в пространстве. **Пилотажный индикатор логический самолетный (ПИЛС)** выполнен на основе электромеханической индикации. **Электронный пилотажный индикатор самолетный (ЭПИЛС)** выполнен на базе электронной индикации. Такие приборы способны наглядно выдавать на одном экране кроме традиционных параметров углов крена и тангажа, другие параметры: бокового скольжения, вертикального и горизонтального перемещения, вектора скорости, угла атаки и другие. На экране

самолетного монитора такая индикация воспринимается летчиком логическим подтверждением его представлений положения и перемещения самолета в пространстве. Принятие решений на двигательные действия рулями управления, и сами двигательные действия легко контролируются летчиком благодаря наглядности индикации.

Соответственно для вертолетов разработан индикатор – ПИЛВ. Для полетов на космических кораблях многоразового использования - ЭПИЛК.



Искиз лицевой части ПИЛС

Переоборудование самолетов и вертолетов на новый тип индикации не требует значительных затрат, так как электромеханические индикаторы ПИЛС и

ПИЛВ работают от тех же датчиков, и имеют те же габариты. Требуется снять с приборной доски существующий прибор-авиагоризонт и на его место поставить ПИЛС или ПИЛВ. Электронная индикация ЭПИЛС вводится в бортовой компьютер и выводится на пилотажный индикатор МФИ. Все это можно выполнить во время регламентных работ.