



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПИЛОТИРОВАНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТИРОВКИ ЛЕТЧИКОВ ВЕРТОЛЕТОВ С ПОДВИЖНЫМ И НЕПОДВИЖНЫМ СИЛУЭТОМ ЛА НА АВИАГОРИЗОНТАХ



Александр ЧУНТУЛ,
профессор, доктор медицинских наук,
лауреат Премии Правительства РФ
в области науки и техники

В авиационной практике около 100 лет существует драматическая ситуация, связанная с обеспечением надежности пространственной ориентировки летных экипажей. Речь идет о проблеме, касающейся представления на приборах информации о пространственном положении летательного аппарата (ЛА).

Проблема вида индикации пространственного положения занимает особое место среди проблем, поставленных перед авиационной психологией развитием авиации, вследствие прямой зависимости безопасности полета от пространственной ориентировки летчика. Достаточно сказать, что более 20% летных происшествий происходит из-за нарушений пространственной ориентировки, причем зарубежные специалисты отмечают тенденцию увеличения их числа. Индикация пространственного положения призвана обеспечить условия для повышения надежности пространственной ориентировки летчика в полете вне видимости естественного горизонта, ее быстрого восстановления.

Поскольку биологическая система ориентировки человека в пространстве адаптирована только к земным условиям, возникающие в полете в связи с необычными физическими воздействиями на человека и иным «видимым полем» нарушения синтеза сигналов, на основе которых формируется

* «Мы теряли высоту, а под нами горы! Отвернули в сторону моря и вышли из облаков только на высоте 100 м. Представьте себе падение парой в облаках с высоты 4700 м. ... Когда вышли из облаков на высоте 100 м, нас встретил снег, обледенение продолжалось, видимость была нулевой».

Николай Федорович Гаврилов. Миссия на Южный полюс. «Авиапанорама» №1-2007



Рис. 1. Лицевая часть авиагоризонта с подвижным силуэтом самолета, «земля неподвижна по крену и подвижна по тангажу» [вид с земли на летательный аппарат]



Рис. 2. Лицевая часть авиагоризонта с неподвижным силуэтом самолета, «земля подвижна по крену и тангажу» [вид с летательного аппарата на землю]

представление о пространственном положении, создают предпосылки к ошибкам в его оценке.

В визуальном полете подавление отрицательного влияния этих воздействий происходит без участия сознания, благодаря доминирующей роли устойчивого зрительного образа пространства, формирующегося в процессе летной подготовки. Важнейшие условия сохранения ориентировки в условиях полета вне видимости земли – сознательное отражение летчиком противоречивости поступающих сигналов, их интеллектуальная оценка. Именно биологическая неприспособленность человека к ориентации вне видимости земли обусловила потребность в разработке технических средств – индикаторов пространственного положения (авиагоризонтов), позволяющих компенсировать этот недостаток.

Существуют два основных типа индикаторов. На первом (рис. 1) представлен подвижный (относительно продольной оси, т.е. по крену) силуэт самолета. Линия горизонта перемещается относительно поперечной оси самолета вверх и вниз, параллельно этой оси. Такой способ индикации пространственного положения самолета называют: «вид на самолет»; «вид с земли на самолет»; «обратная индикация».

На втором типе индикатора (рис. 2) представлен неподвижный силуэт самолета и перемещающаяся линия горизонта, которая не только уходит вверх или вниз, но и наклоняется вправо (при левом крене) или влево (при правом крене). Такую индикацию принято называть «вид с самолета», «вид с самолета на землю». Иногда этот вид индикации характеризуют как «прямой», основываясь на

том, что на индикатор перенесено изображение видимого поля земли, т.е. перемещающегося относительно самолета пространства.

Иными словами, на индикаторе сделаны попытки визуализировать слепой полет, обеспечить внешнее сходство видимых летчиком картин в визуальном и «приборном» полете. Но является ли такое представление информации визуализацией полета? Безусловно, нет, так как визуализация, которая могла бы быть эффективной, должна строиться с таким расчетом, чтобы она могла «запустить» всю совокупность механизмов психического отражения, которые работают в визуальном полете.

Однако оба вида индикации авиагоризонта – «на самолет» и «с самолета» – не могут претендовать на визуализацию полета, поскольку информация от каждого из них требует умственных преобразований. Поэтому ни один из видов индикации не может дать абсолютно надежного определения пространственного положения самолета в особо сложных ситуациях полета. **Вопрос в том, какой вид индикации легче поддается расшифровке?** Чем проще и быстрее осуществляется преобразование визуальной инструментальной информации в представление, тем больше вероятность преодоления искажений в содержании образа пространства.

Анализ результатов отечественных и зарубежных исследований по проблеме вида индикации позволяет заключить, что, несмотря на известную их противоречивость, связанную с условиями проведения экспериментов (полет, тренажер) и особенностями оформления лицевых частей индикаторов, контингентом испытуемых в

подавляющем большинстве работ делается вывод о преимуществе вида индикации «на самолет». Вместе с тем в течение нескольких десятилетий зарубежные летчики пилотируют и ориентируются по индикатору с подвижной линией горизонта.

В нашей стране до последнего времени преобладал вид индикации авиагоризонта «на самолет», но около 35-40 лет назад начались настойчивые попытки заменить его противоположным видом – «с самолета» (на некоторых типах самолетов эта неоправданная замена уже осуществлена). При этом ведущими аргументами сторонников изменения вида индикации являются ссылка на зарубежный опыт и утверждение, что вид индикации «с самолета» приближает визуализацию полета.

Неразрешенность проблемы вида индикации ставит в затруднительное положение разработчиков систем отображения информации, а наличие в эксплуатации индикаторов, имеющих принципиально различные лицевые части, порождает задачу переучивания летного состава и вызывает интерференцию навыков, что снижает безопасность полетов.

Исходя из вышеизложенного, в интересах обоснования выбора вида индикации пространственного положения, был выполнен комплекс экспериментальных исследований по сравнительной оценке эффективности взаимодействия летчика с индикаторами пространственного положения, отличающимися видом индикации. Оценивались действия летчиков при использовании индикаторов с видом индикации по крену «на самолет» и «с самолета».

В серии экспериментов проводились сравнительные исследования эффективности и надежности действий летчика при полетах на вертолете в облаках с использованием командно-пилотажных приборов с различным видом индикации по крену: ПКП-77 и ИКП-81 (соответственно, вид индикации с «вертолета на землю» и «с земли на вертолет»).

Исследования проводились в полетах на вертолете Ми-26¹. В процессе экспериментов ведущий летчик (инструктор) располагался на правом рабочем месте кабины экипажа, а летчик, выполняющий пилотирование по приборам (испытуемый), – на левом рабочем месте.

Полетные задания предусматривали:

- выполнение маневров в вертикальной и горизонтальной плоскости вне видимости естественного горизонта;
- внезапный переход от визуального полета к полету по приборам и обратно при выполнении маневров и заходе на посадку;

- вывод вертолета из сложного положения после частичной дезориентации летчика.

С целью создания сложных положений, направленных на частичную дезориентацию, испытуемый по команде инструктора закрывал глаза, в это время ведущий летчик создавал сложное положение, выполняя маневр в вертикальной и горизонтальной плоскости. После этого испытуемому давалась команда открыть глаза и быстро вывести вертолет в режим горизонтального полета.

В качестве основных критериев оценки деятельности летчика при взаимодействии со сравниваемыми приборами использовались:

- характеристики точности выдерживания параметров полета;
- особенности распределения внимания;
- показатели психофизиологической напряженности (частота сердечных сокращений и дыхания);
- временные характеристики вывода вертолета из сложных пространственных положений;
- субъективная оценка удобства пилотирования.

При анализе качества деятельности оценивалось насколько быстро и точно, используя сравниваемые приборы, летчик переведет вертолет из одного пространственного положения в другое.

В экспериментах приняли участие 6 летчиков-испытателей 1 класса, имевших опыт полетов с обоими видами индикации. Каждым летчиком было выполнено по 6-7 полетов со сравниваемыми авиагоризонтами.

Результаты экспериментов показали большую эффективность пространственной ориентировки летчиков вертолета при использовании авиагоризонта с подвижным символом летательного аппарата. В табл. 1 представлены данные о точности выхода на заданный крен и тангаж при переходе из виража в горизонтальный полет. Как видно из таблицы, средняя ошибка по крену при пилотировании с ИКП-81 была меньше (в 2,5 раза), по сравнению с полетами по прибору ПКП-77. Аналогичная закономерность получена и по величине тангажа.

При пилотировании по прибору ИКП-81 максимальная величина ошибки в стабилизации заданного крена после выполнения виражей составляла 5°, по прибору ПКП-77-9°.

В процессе выполнения маневров по переводу вертолета из одного пространственного положения в другое летчики быстрее справлялись с задачей при использовании прибора ИКП-81. Так, максимальное время приведения вертолета в горизонтальное положение из исходного

1 Исследования проведены с участием Костина В.И., Юдина В.В., Четверика А.Н., Реброва А.А., Сучушкина С.А., Овчарова В.Е., Чунтула А.В., Верещенко А.А.

Таблица 1
Точность стабилизации летчиками вертолета по крену и тангажу при переводе с виража в горизонтальный полет

Тип используемого прибора	Средняя ошибка по крену, М ± σ, град		Средняя ошибка по тангажу, М ± σ, град	
	М	σ	М	σ
ИКП-81(вид на вертолет)	1,2	1,8	1,7	1,5
ПКП-77(вид с вертолета)	3,2	2,9	3,7	1,5

Таблица 2
Время приведения вертолета в горизонтальное положение из сложных положений

Тип используемого прибора	Восходящая спираль, с (мин.-макс.)	Нисходящая спираль, с (мин.-макс.)
ПКП-77 (вид с вертолета)	11,2 (8,1 – 14,6)	9,9 (7,1 – 18,6)

режима пилотирования (восходящая и нисходящая спираль) при использовании ИКП-81 было на 4-8 с меньше, в сравнении с режимами пилотирования по прибору ПКП-77 (табл. 2).

Установлено также, что скорость изменения положения вертолета в поперечном направлении при использовании прибора ИКП-81 достоверно выше (в 1,4 раза), в сравнении с пилотированием по прибору ПКП-77 (табл. 3).

С точки зрения обеспечения безопасности полета обращает на себя внимание тот факт, что в полетах по прибору ПКП-77 выявлено 10% случаев выходов за ограничения по крену (при выводе вертолета из режима восходящей спирали в горизонтальный полет и нисходящую спираль). В полетах с использованием прибора ИКП-81 случаев выхода за пределы ограничений не зарегистрировано.

Таблица 4
Относительное время контроля параметров полета и дискретность их восприятия в зависимости от типа используемого командно-пилотажного прибора при выполнении восходящей и нисходящей спирали

Приборы										
Командно-пилотажный		Высотометр		Указатель скорости		Навигационно-плановый		Вариометр		Прочие
Относительная продолжительность контроля, %	Дискретность восприятия, с	Относительная продолжительность контроля, %	Дискретность восприятия, с	Относительная продолжительность контроля, %	Дискретность восприятия, с	Относительная продолжительность контроля, %	Дискретность восприятия, с	Относительная продолжительность контроля, %	Дискретность восприятия, с	Относительная продолжительность контроля, %
ИКП-81 (вид на вертолет)										
53,7	0,6	3,8	16,1	14,0	2,1	24,4	1,9	3,0	10,5	1,1
ПКП-77 (вид с вертолета)										
76,5	0,5	2,6	46,2	3,9	8,5	4,6	9,7	6,5	4,4	5,9

Таблица 3
Скорость изменения положения вертолета по крену на переходных режимах

Тип используемого прибора	Статистические показатели (М ± m) град/с	
	М	m
ИКП-81 (вид на вертолет)	5,5	0,52
ПКП-77 (вид с вертолета)	3,9	0,24

Различия достоверны (P < 0,01).

Вместе с тем, на установившихся режимах полета существенных различий в точности выдерживания заданных параметров не выявлено. При этом величина ошибок по крену и тангажу при пилотировании по ИКП-81 несколько меньше, по сравнению с пилотированием по ПКП-77. Однако, эти различия не достоверны (P > 0,05).

Таким образом, установлено, что при выполнении пространственных фигур с фиксацией заданных параметров, точность выдерживания крена и тангажа по прибору ИКП-81 была выше, чем по прибору ПКП-77.

Материалы киносъемки направления взгляда летчиков при пилотировании с приборами ИКП-81 и ПКП-77 свидетельствуют о том, что структура распределения внимания существенно зависит от типа используемого прибора. Так, средняя длительность фиксации взгляда летчика на приборе ПКП-77 при выполнении фигур пилотажа в 2 раза больше, чем на приборе ИКП-81 (табл. 4).

Обращает на себя внимание и более рациональная структура сбора информации при использовании ИКП-81. Выполнение фигур по прибору ПКП-77 сопровождалось концентрацией внимания на его лицевой части, в связи, с чем существенно уменьшалось время контроля других значимых для сохранения безопасности полета параметров.

Выявленные различия связаны с формированием более адекватного образа пространственного положения при представлении информации о положении вертолета в пространстве на приборе ИКП-81 по сравнению с прибором ПКП-77. Об этом свидетельствуют и характеристики действий летчиков при выводе из сложных положений после частичной дезориентации. Так, общее количество ошибочных действий, связанных с неправильной оценкой положения вертолета по прибору ПКП-77, достигало 18,2%; по прибору ИКП-81 – только 0,8%. Ошибочные действия летчиков являлись следствием неправильной оценки положения вертолета в пространстве по крену с последующим его исправлением в нужном направлении. О затруднениях в восприятии и переработке информации при использовании прибора ПКП-77 свидетельствует возрастание латентного времени первой двигательной реакции в процессе восстановления пространственной ориентировки. Так, при использовании прибора ИКП-81 в 90% случаев летчики начинали действовать в первую секунду. В то же время по прибору ПКП-77 число таких действий составляло всего 37%. Показателем затруднений в пространственной ориентировке является также наличие пробных движений (от 29 до 60% случаев), выполняемых ручкой управления в боковом канале при устранении отклонений от заданного крена. При этом время вывода вертолета из сложного положения по прибору ПКП-77 было большим (на 1,1-2,3 с) по сравнению с пилотированием по прибору ИКП-81.

Характер изменений физиологических реакций летчиков соответствовал уровню сложности выполнения полетного задания и достоверных различий при пилотировании по сравниваемым приборам не выявлено.

Полученные объективные данные подтвердились материалами анкетного опроса летчиков, которые дали более высокую оценку прибору ИКП-81 с точки зрения удобства и эффективности пилотирования (8,0 баллов по десятибалльной шкале – ИКП-81, 2,7 балла – ПКП-77).

Основным принципиальным замечанием явилось наличие затруднений в оценке пространственного положения вертолета при использовании прибора ПКП-77, поскольку в этих случаях требуются дополнительные умственные действия по преобразованию информации о положении по крену в земную систему координат.

Пилотируя по прибору ПКП-77, летчики воспринимали неподвижный силуэт вертолета и подвижную сферу, а формировали представление о положении перемещающегося вертолета относительно неподвижной земли. Затруднения в преобразовании информации были особенно выражены при углах крена и тангажа > 10 – 15° и больших угловых скоростях перемещения

вертолета в пространстве (переходных режимах, при выходе из сложного положения, на боевом форсированном развороте и т.д.). В связи с возникающими затруднениями в оценке пространственного положения летчики рефлекторно отклоняли ручку управления для определения направления крена (использовали так называемые пробные движения). Характерно, что процесс пилотирования по прибору ПКП-77 сопровождался более высокой концентрацией внимания. Поэтому в данных условиях снижаются возможности летчиков по контролю других параметров, важных с точки зрения обеспечения пространственной ориентировки.

Таким образом, результаты экспериментов подтвердили явное преимущество вида индикации с «земли на вертолет» по показателям эффективности, надежности и безопасности действий летчика в полетах на вертолетах.

В целом, современные теоретические представления о закономерностях ориентировки, механизмах психической регуляции действий летчика, а также результаты проведенных экспериментальных исследований позволяют сделать вывод о необходимости соответствия изображения пространственного положения на индикаторе психическому образу полета. Поскольку образ полета по психофизиологическому содержанию геоцентричен, так как в нем отражаются неподвижная земля и неподвижный горизонт. Поэтому в целях повышения надежности пространственной ориентировки летчиков вне видимости земных ориентиров, используемые средства индикации должны обеспечить формирование образа, отражающего пространственные отношения в геоцентрической системе координат.

Безусловно, индикатор с любым видом индикации пространственного положения обязательно предполагает выполнение летчиком мыслительных преобразований инструментальных сигналов. Однако, использование индикатора (авиагоризонта), построенного по принципу «с самолета», «с вертолета», усложняет процесс мышления, прибавляет к циклу умственных действий дополнительное действие по преобразованию воспринимаемого изображения крена в представление о крене в геоцентрической системе координат. Вместе с тем, использование вида индикации «на самолет», «на вертолет» не требует этого сложного дополнительного преобразования. Поскольку изображение положения самолета (вертолета) на индикаторе (авиагоризонте) совпадает с образным представлением, сформированным у летчика (содержанием образа пространственного положения), что обеспечивает более безопасное пилотирование, особенно в сложных метеоусловиях, в случаях потери пространственной ориентировки, развитии иллюзий и утомления, снижения функционального состояния и др.

Напечатано по материалам книги: Чунтул А.В. Человек в вертолете. Психофизиология профессиональной деятельности экипажей современных и перспективных вертолетов. – М.: Когито-Центр, 2018. – 320 стр.



Фото из архива журнала «Авиапанорама»

ФОРМИРОВАНИЕ НОВОГО ВИДА ИНДИКАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА*



Николай БЕЗДЕТНОВ,
заслуженный летчик-испытатель СССР,
Герой Советского Союза

Хорошо известная диалоговая «понятийная» проблема при пилотировании между «геоцентрическим» и «эгоцентрическим» в представлении образа полета в методологии понимания, ощущения и со постановки, так называемого, «кажущегося» положения искусственного горизонта в полетах по приборам – все-таки может быть разрешена в пользу высокой степени обеспечения безопасности лётной деятельности.

Индикацию авиагоризонта, пригодного для полетов в сложных метеоусловиях и эргономические возможности по соответствующему оформлению кабины были разработаны, основываясь на личном опыте полетов в сложных метеоусловиях полярной ночи.

Приборное оформление кабин пилотов для пилотирования в СМУ, должно отвечать требованиям по обеспечению быстрого, наглядного и верного представления о пространственном статическом и динамическом текущем

* Анонс этой статьи – «Проблема вида индикации авиагоризонта – не дилемма» был представлен в предыдущем номере журнала «Авиапанорама», 5-2021