

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

положении (состоянии) воздушного судна (ВС) при полётах днём и ночью в любых сложных погодных условиях, вплоть до полного отсутствия видимости закабинного пространства.

Это означает, что нужно конструктивно обеспечивать надёжную возможность одновременным (фиксированным) взглядом, мгновенно (как в визуальном полёте) видеть и понимать, считывать и оценивать физические величины и их динамику изменений по крену, тангажу, высоте, вертикальной и путевой скорости полёта. Это целесообразно и может достигаться способом приборного представления «образа полёта» (максимально совпадающего по образу и подобию визуального отображения полёта) через индикацию формирования и предоставления лётчику основной пилотажной информации, комплексно основываясь на показаниях авиагоризонта и не только...

Подобная индикация, идея которой предложена Николаем Павловичем Бездетновым, прошла первоначальное тестирование в виде механического, значительно доработанного авиагоризонта, конструкцию которого разработал Игорь Александрович Эрлих в 1988 году, с положительными результатами, в основном, подтвердив идеологию выбранного решения.

Материалы тестирования были представлены в выводах той научно-исследовательской работы **.

«Результаты сравнительных инженерно-психологи-

ческих исследований эффективности взаимодействия лётчика и информационной системы показали принципиальную возможность использования информационной системы для пилотирования вертолётном.

Показатели точности пилотирования при отсутствии усложняющих факторов не выявили достоверных различий между информационной системой и штатной приборной доской.

При создании критических ситуаций информационная система обеспечивает повышение надёжности действий лётчика за счёт более высокой степени наглядности и целостности представления информации так как:

- повышает в 2 раза вероятность распознавания критической ситуации;
- сокращает в 2 раза время распознавания критической ситуации;
- на 14.3 с быстрее восстанавливается режим полёта;
- на 18% снижается количество срывов при выводе из критической ситуации.

Согласно экспертной оценке лётчиков, преимущества информационной системы:

- сосредоточение пилотажной информации на одном приборе;
- наглядная «лидерная» информация о заданных параметрах движения вертолёт в программных полуавтоматических полётах;
- улучшение условий безопасности за счёт

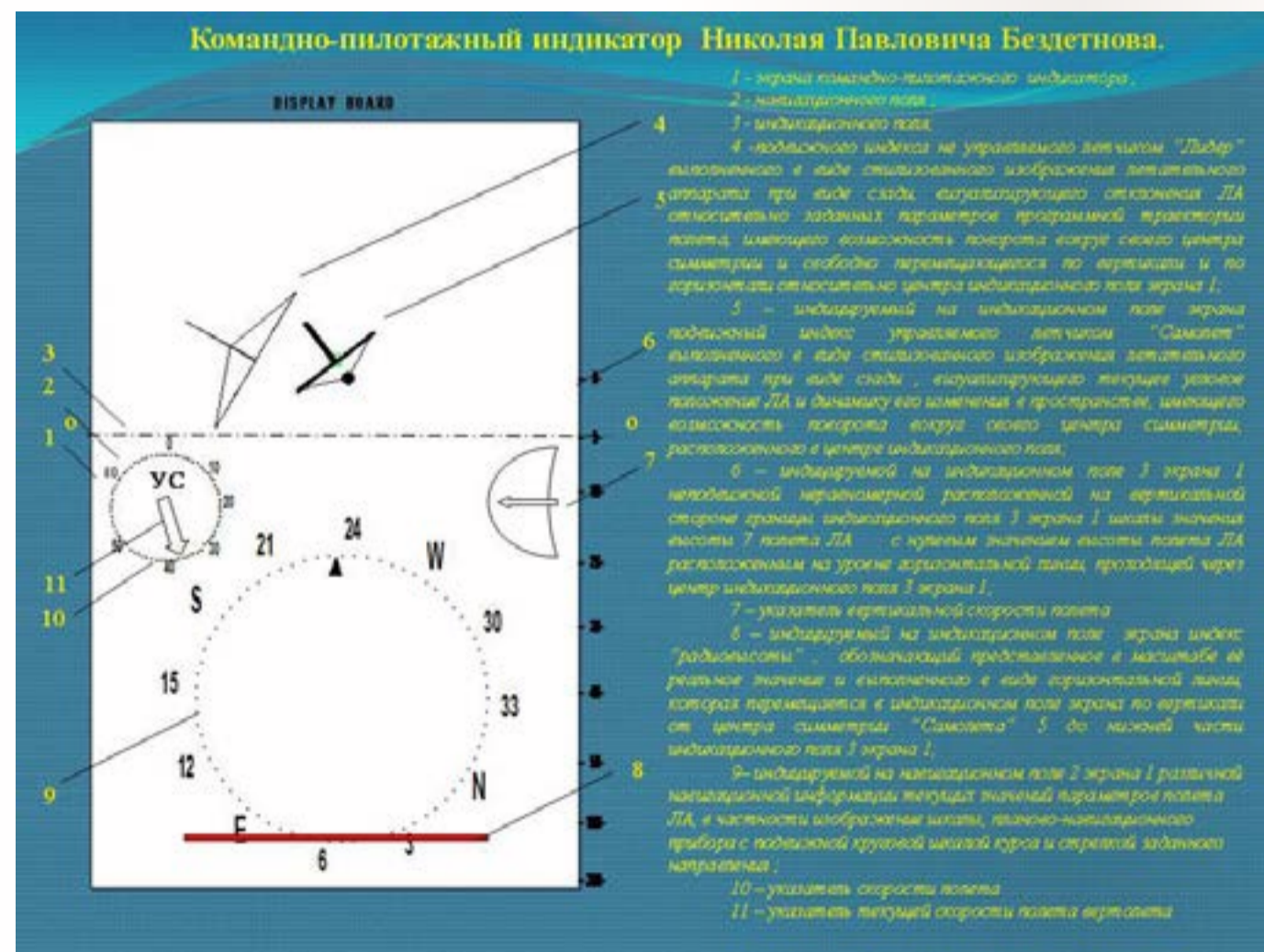


Рис.1. Принципиально-наглядное размещение индикационно-управляющих элементов нового авиационного командно-навигационно-пилотажного прибора

**Инженерно-психологическая оценка эффективности взаимодействия лётчика с информационно-командной системой индикации при полунатурном моделировании. НИИИ АиКМ, г. Москва. 1988.

изображения в «Лидере» направления парирования опасного отклонения в критической ситуации;

- улучшает наглядность представления информации о высоте, скорости полета и вертикальной скорости».

Со смертью И.А. Эрлиха работы по модернизации механического авиагоризонта, к сожалению, были свёрнуты.

В 2005 году в инициативном порядке продолжилась разработка алгоритмов уже электронной версии нового авиагоризонта для визуализации отображения информации на экране компьютера (на жидкокристаллическом индикаторе приборной панели).

В 2011 году значительно усовершенствованная электронная версия нового авиагоризонта, защищена патентом № 2011153634 Российской Федерации. В электронной версии авиагоризонта на экране компьютера лётчик «видит» параметры полёта своего ВС «крен, тангаж, скольжение, высота, скорость» мгновенно, одним взглядом, с воссозданием (представлением) образа полёта своего воздушного судна (ВС) в пространстве.

На Рис.1. представлена принципиальная схема-экран электронной версии авиагоризонта, которая по своим функциональным возможностям сопоставима с командно-пилотажным индикатором (КПИ). Экран КПИ условно разделён на две части: (1) – индикационное поле экрана; (2) – навигационное поле экрана КПИ. На индикационное поле экрана КПИ выводится стилизованное изображение индекса «Лидер» (4), и индекса воздушного судна «Самолёт» (5). Индикационное поле экрана КПИ не загромождается шкалами, стрелками и сигнальными лампочками, чтобы в поле зрения лётчика не попадали никакие

отвлекающие элементы, кроме двух основных индексов «Самолёт» и «Лидер».

С правой стороны экрана КПИ располагается переменная шкала высоты (6), которая проходит через навигационное и индикационное поле экрана, «ноль» которой в центре индикационного поля, а «максимум» в нижней части навигационного поля КПИ.

На навигационном поле экрана КПИ визуализируются параметры пилотажно-навигационных приборов: указатель вертикальной скорости полёта (скороподъёмность) – V_y (7), индекс «радиовысоты» (8), курсозадатчик (9), указатель текущей скорости полёта – V_n (10), стрелка динамики изменения текущей скорости полёта (11).

При этом вся индикация на экране КПИ формирует визуализацию полётной информации бортовым вычислителем. Индекс «Самолёт», который располагается в центре индикационного поля экрана КПИ, показывает лётчику угловое положение по крену и тангажу реально пилотируемого ВС.

Индексом «Самолёт» преимущественно управляет лётчик. Вычислитель работает на директорный индекс «Лидер».

При этом вычислитель формирует «команду» визуализации индекса «Лидер», которая состоит из вычисляемых («директорных») параметров полёта (скорость, крен, тангаж, скольжение и пространственное положение в минимальное время), чтобы лётчик видел, какие управляющие действия для маневра его ВС нужно выполнить, чтобы выйти на заданную траекторию с необходимым режимом

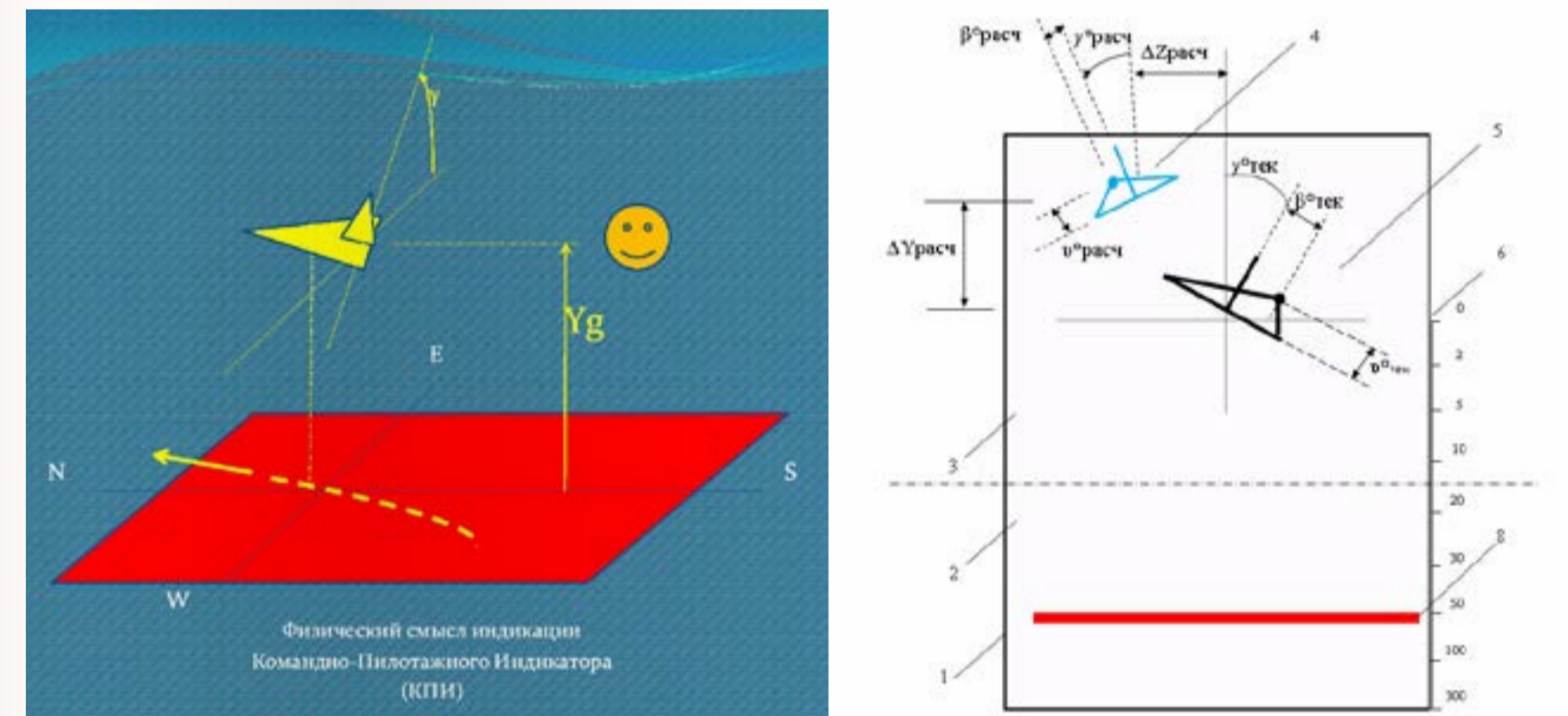


Рис. 2. Пояснение физического смысла предлагаемой приборной индикации

полёта по программе.

Например, лететь по заданному маршруту с заданной скоростью на заданной высоте. При этом геометрия индекса «Лидер» может увеличиваться и уменьшаться (в масштабе) в зависимости от скорости полёта по маршруту. При большей скорости полёта индекс «Лидер» увеличивается, давая лётчику, представлению о значительном превышении скорости полёта, показывая, как бы приближение к своему «ведущему». При меньшей скорости полёта индекс «Лидер» (его геометрия размерности) уменьшается, показывая лётчику, что он условно «отстаёт» от ведущего – тем самым «качественно-наглядно» формируется визуализация изменения скорости полёта.

Точное совпадение индекса «Лидер» [4] и «Самолёт» [5] показывает, что параметры полёта соответствуют заданным значениям манёвра. Тогда бортовой вычислитель продолжает отслеживать заданные параметры, что также не требует никаких дополнительных «загромождений» индикационного поля КПИ.

Физический смысл индикации КПИ отображен на Рис. 2, где показано, что наблюдатель (как бы находясь на красном поле на одной высоте), «смотрит» с земли, «отслеживая» все манёвры ВС, находясь в его задней полусфере. Угловое положение ВС относительно земли по крену, тангажу и скольжению, которое «видит» наблюдатель, это то, что на экране КПИ визуализируется лётчику.

Таким образом, в поле зрения лётчика на индикационной части экрана всегда реальное пространственное положение ВС.

Кроме того, индекс информации «радиовысота» [8] изменяет своё значение при определённой вертикальной скорости снижения или набора, в зависимости от значений «общей» высоты полёта. При полете на больших высотах показания высоты полета (можно передавать с барометрических датчиков высоты), которые практически не отвлекают внимание лётчика, так как радиовысотомер малых высот не подаёт сигнал в систему БЦВС. Но при приближении к земной поверхности радиовысотомер включается в работу и перемещение индекса «радиовысоты» (красная линия-указатель) становится дифференциально заметным и начинает привлекать внимание лётчика своим движением по экрану-индикатору.

Стилизованное изображение индекса «Самолёт» не предполагает «приближения» к контуру реального изображения индекса к истинным формам реальных воздушных судов, т.к. условное изображение (абстрагировано). Во-первых, это позволяет универсально использовать систему индикации. Во-вторых, представленное изображение стилизованного ВС – есть ортогональная система координат, по оси абсцисс $[O_x]$ которой (в масштабе без указания шкалы отсчёта) представлено изменение угла скольжения влево – вправо. По оси ординат $[O_y]$ в положительном направлении (вверх) – положительный угол тангажа, вниз – по отрицательному направлению оси ординат – соответственно, отрицательный угол тангажа.

Горизонтальная ось $[O_x]$ и вертикальная – $[O_y]$, образуют положительный квадрант декартовой системы координат

– некий образ, который и назван стилизованным изображением воздушного судна. На этом образе в масштабе (но без индикации шкал углов скольжения и тангажа) визуализируются углы тангажа и скольжения. Угол крена на экране КПИ формируется изменением углового положения самой декартовой системы координат относительно ее центра в диапазоне углов $\pm 0^\circ - 360^\circ$.

Бортовой вычислитель рассчитывает динамические параметры полёта, вычисляемые системой дифференциальных уравнений для «Лидера», и выводит их на экран КПИ, показывая лётчику (размер «Лидера», угол крена, угол тангажа, скольжения), как надо управлять его ВС – индексом «Самолёт», чтобы в кратчайшее время выйти на заданную траекторию полёта. Лётчик одновременно (как в визуальном полёте) видит динамику изменений параметров полёта его ВС. Крен, тангаж, вертикальную скорость полёта, приборную (или воздушную) скорость полёта и высоту, формируя представление образа полёта. Следовательно, это способствует надёжному выводу ВС в режим безопасного полёта.

При эволюционных манёврах ВС бортовой вычислитель продолжает отслеживать разницу в заданных параметрах траектории полёта и текущих значениях полёта, что также не требует никаких дополнительных «загромождений» на индикационном поле экрана КПИ. В данном варианте горизонтальная красная линия, всегда параллельна нижней части экрана КПИ.

Наблюдаемое угловое положение ВС относительно горизонтальной плоскости поверхности земли по крену, тангажу и скольжению – это истинное пространственное (угловое) положение ВС, которое определяется в земной системе координат штатными бортовыми приборами ВС (физический смысл – видит наблюдатель), которое визуализируется на экране лётчику.

Когда ВС совершает угловые манёвры, то лётчик видит:

- истинное значение угла крена, тангажа, скольжения в земной системе координат (земля неподвижна);

- параметр высоты (красная полоса на экране) одновременно заменяет линию горизонта. Поэтому в новом облике индикации на экране КПИ допускается отсутствие необходимости цветного разделения «небо–земля». По нашему мнению, лётчик не ошибётся при понимании и восприятии «образа полёта» своего ВС даже при верхнем положении шасси.

Уточняем, что вдоль оси абсцисс $[O_x]$ может визуализироваться в масштабе (без указания шкалы) значение угловой величины левого или правого скольжения. Вдоль оси ординат $[O_y]$, без указания шкалы значения, соответствующее положение угла тангажа (за счёт пространственного положения «носика-точки» относительно силуэта «крыла и киля»).

Бортовой вычислитель рассчитывает сложные динамические параметры полёта, используя заложенную в КПИ систему дифференциальных уравнений в земной, связанной и скоростной системах координат.

На представленном (Рис. 3) показано, что индекс «Самолёт» летит на высоте 400 метров с незначительным

восприятию пространственно-временного положения пилотируемого ВС, что напрямую не относится в полной мере ни к одному из названных видов индикации. Это что-то вроде «пространственно-перспективного» изображения ВС в воздушном пространстве при его пилотировании, но не в смысле простой анимации красивого изображения, а в строгом соответствии с аэродинамическими и навигационными составляющими полёта ВС.

В настоящий момент времени на директорный-индекс «Лидер» для безопасности полёта уже разработаны и возлагаются дополнительные полезные функции.

Добавлю главное, группа экспертов и группа операторов в ходе «исследовательских (виртуальных) полётов» были ознакомлены с индикацией КПИ (не больше чем за 30 минут до предполагаемой работы). Однако в ходе экспериментального вывода из «сложного» пространственного положения (СПП) индикация КПИ показала прекрасный результат в сравнении с приборами традиционной, штатной индикации ВС.

Это значит, что во время обучения курсантов (отработки навыков пилотирования) в лётных школах на изучение и выдерживание параметров полёта по информации КПИ будет затрачено меньше времени, а высвободившиеся учебные часы курсанты будут заниматься любимым делом – летать самостоятельно.

Приборную доску со множеством навигационных приборов частично заменит один прибор – экран КПИ, преимущество которого, относительно штатных разнесённых приборов навигации на приборной доске ЛА, независимо от полученных навыков считывания информации «прямой или обратной индикации» авиагоризонтов, неоспоримо.

На рис. 4. видно, что КПИ не использует какие-то дополнительные (новые) источники (датчики) информации. КПИ «принимает» физические значения параметров полёта, которые уже разработаны и используются для штатных приборов пилотирования и навигации ВС.

Специалистами авиационной-космической медицины в 2018 году проводилось дополнительное экспериментальное исследование индикации КПИ. В нем принимали участие пилоты, имеющие опыт и хорошие навыки пилотирования (управления реальным вертолётном) и операторы, имеющие опыт управления «виртуальной» версией условного вертолёта (ПМК). Основной характеристикой процесса вывода ВС из СПП считалось время до первого правильного управляющего движения (сигнала) органом управления по крену или тангажу. Условия вывода из сложного пространственного положения автором представлены для экспериментальных вариантов № 4 и № 6. Результаты других вариантов исследований в данном материале не рассматриваются с учётом конфиденциальности.

Условия варианта СПП № 4: крен = 45° , тангаж = -41° , скольжение = $5,3^\circ$, приборная скорость = 190 км/ч, вертикальная скорость = 43,8 м/с, высота = 575 м.

Вариант СПП № 4 представлен материалом сравнительного испытания по времени первого правильного



Рис. 3. Вид экрана КПИ

правым креном, с положительным тангажем, без скольжения. Параметры индекса «Лидер» говорят о том, что для выхода на заданную траекторию полёта лётчик должен, управляя своим ВС, выполнить левый крен и увеличить скорость полёта ВС (V_n), так как геометрический размер индекса «Лидер» меньше размера индекса «Самолёт».

Визуализация индекса «Лидер» позволяет даже начинающему лётчику выполнять полёты по учебным программам с точным выдерживанием маршрута, углов крена, тангажа. Лётчик-курсант (обучаемый) управляет индексом «Самолёт» (своим ВС), а при правильном полете по маршруту индекс «Лидер», визуально совмещается с индексом «Самолёт». Все сложные полёты по программе с заданными угловыми пространственными положениями выполняются (в основном) без цифровых указателей шкалы угла крена, тангажа и скольжения, что значительно упрощает обучение. Однако физические единицы выдерживания параметров полёта дополнительно индицируются по шкалам. Кроме того, возможно дублирование показаний единиц физических значений скоростей (V_y , V_n), высоты полёта – приборами на панели приборной доски лётчика, в качестве вспомогательного пилотажного оборудования.

Индикация параметров полёта ВС на экране КПИ такова, что лётчик любой квалификации одним взглядом безошибочно представляет пространственно-временное положение своего летательного аппарата. Одновременно с этим за минимальное время осуществляет первое правильное управляющее движение для вывода ВС в безопасный режим полёта, если этого потребует воздушная остановка. Залогом этого является то, что индикация КПИ физиологична для лётчиков разных групп восприятия авиагоризонтов, независимо от того, с какими авиагоризонтами («прямой» или «обратной» индикацией) они привыкли работать (пилотировать). Это и есть новое в

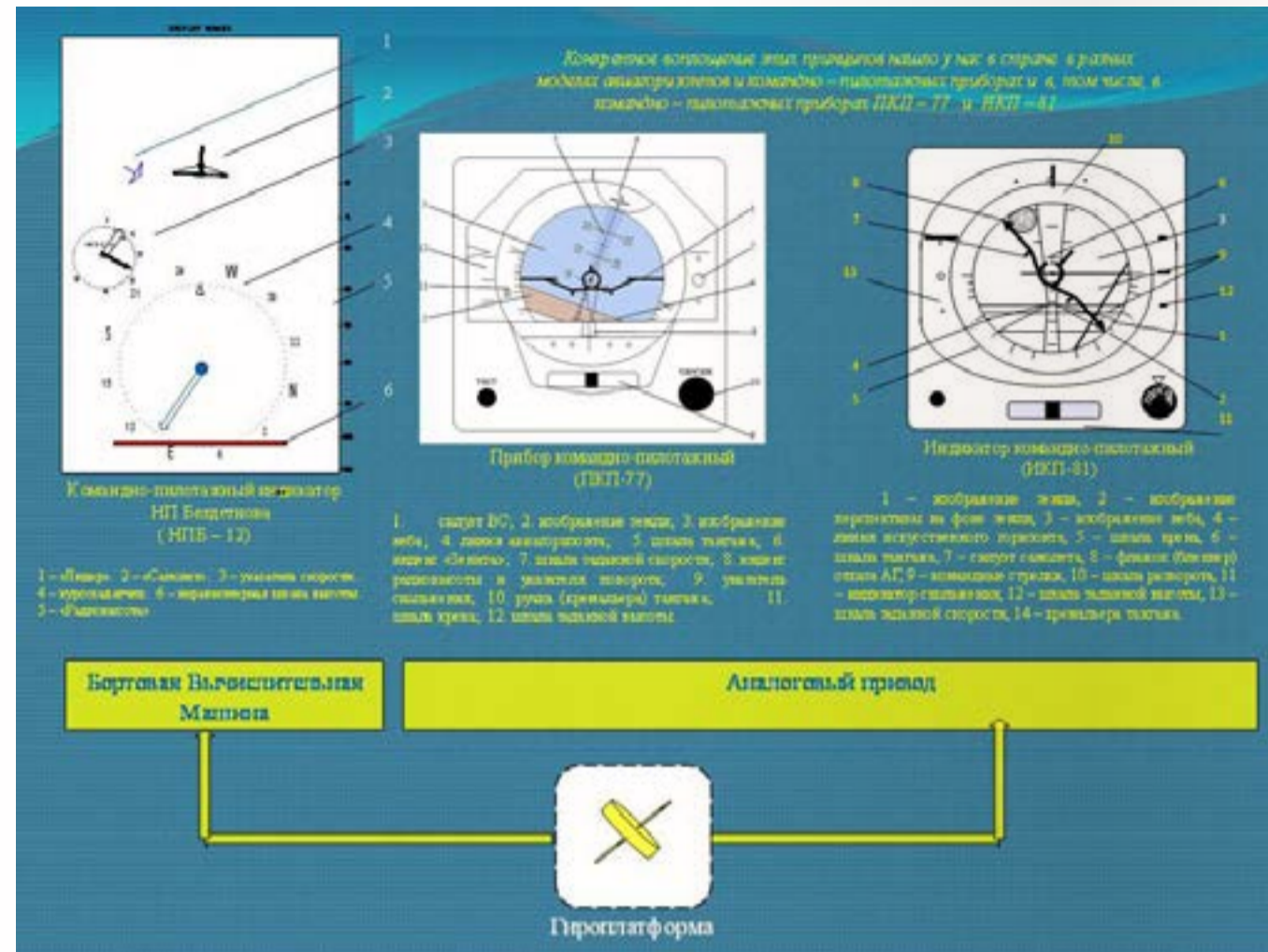


Рис.4. Условная схема электронной версии функционирования КПИ

управляющее движения при выводе из сложного пространственного положения ЛА по исследуемой индикации (Бездетнова Н.П.) и по приборам традиционной (штатной) индикации.

1. Время реакции лётчиков на первое правильное управляющее движение, по индикации КПИ – $t=1,15$ с, что меньше, чем по приборам штатной индикации ($t=1,30$ с). Разброс времени реакции лётчиков на первое правильное управляющее движение по индикации КПИ – $\Delta t=0,26$ с, что меньше, чем по приборам штатной индикации ($\Delta t=0,36$ с).

2. Условная амплитуда хода ручки управления креном по индикации КПИ – 59 ± 3 мм, что значительно меньше, чем амплитуда хода ручки управления креном по штатной индикации (76 ± 4 мм).

3. Условная амплитуда хода ручки управления по тангажу по индикации КПИ – 120 ± 4 мм, что соизмеримо с величиной амплитуды хода ручки управления по тангажу по штатной индикации (119 ± 2 мм).

4. Среднее значение минимальной высоты принятия решения по индикации КПИ на 10 м выше, чем значение минимальной высоты по штатной индикации.

5. Лётчик выходит из СПП по индикации КПИ потеряв в скорости 19 ± 8 м/с, что на 10 м/с меньше, чем по штатной индикации.

6. Среднее значение величины потери высоты при выводе из СПП по индикации КПИ 209 ± 42 м, что значительно меньше среднего значения потери высоты по штатной индикации 244 ± 22 м.

По условиям варианта СПП № 4 и результатам

сравнительного испытания делаем вывод о преимуществе индикации КПИ, так как разница по времени реакции лётчиков на первое правильное управляющее движение на $\Delta t=0,15$ с меньше и разброс по времени тоже меньше – это подтверждает то, что лётчик лучше представляет своё положение в пространстве. Кроме того, это придаёт лётчику уверенность в действиях, судя по минимальному ходу ручки управления по крену, для вывода ВС с минимальными перегрузками и запасом высоты Δ 35 м в безопасный полет.

Условия варианта СПП № 6. Крен = -85° , Тангаж = 38° , Скольжение = -28° . Приборная скорость = 210 км/ч. Вертикальная скорость = 2 м/с. Высота = 406 м.

Вариант СПП № 6 представлен в виде сравнительного анализа испытаний по тем же критериям оценки, что и в предыдущем эксперименте по сравниваемой индикации.

1. Время реакции лётчиков на первое правильное управляющее движение, по индикации КПИ ($t=0,6$ с) – это меньше, чем по приборам штатной индикации ($t=0,75$ с). Разброс времени реакции лётчиков на первое правильное управляющее движение по индикации КПИ ($\Delta t=0,12$ с) – это меньше, чем по приборам штатной индикации ($\Delta t=0,18$ с).

2. Условная амплитуда хода ручки управления креном по индикации КПИ (128 ± 4 мм), что соизмеримо со значением хода ручки управления креном по штатной индикации (124 ± 8 мм).

3. Условная амплитуда хода ручки управления по тангажу по индикации КПИ (135 ± 9 мм), меньше как по абсолютной величине, так и по величине «разброса» амплитуды

хода ручки управления по тангажу в традиционной индикации (147 ± 24 мм).

4. Среднее значение минимальной высоты принятия решения по индикации КПИ на 70 метров выше, чем значение минимальной высоты принятия решения по штатной индикации.

5. Лётчик выходит из СПП по индикации КПИ потеряв в скорости 6 ± 2 м/с, что меньше по сравнению со штатной индикацией (18 ± 2 м/с).

6. Среднее значение потери высоты при выводе из СПП по индикации КПИ (23 ± 12 м), значительно меньше среднего значения потери высоты (97 ± 35 м) по штатной индикации.

По условиям варианта СПП № 6 и результатам сравнительного испытания делаем также вывод об очевидном преимуществе индикации КПИ. Разница по времени реакции операторов на первое правильное управляющее движение на ($\Delta t=0,15$ с) меньше и разброс по времени тоже меньше – это подтверждает то, что оператор (или лётчик) представляет своё положение в пространстве лучше. Оператору (или лётчику) уверенность действий ручкой управления по тангажу (с минимальным разбросом хода) для вывода делается точнее, а вывод ВС в безопасный полет осуществляется с минимальной перегрузкой и максимальным запасом высоты в $\Delta=75$ м.

Общий вывод результатов экспериментального исследования сформирован в основном по вариантам характеристик, полученных по итогам сравнения представленных выше вариантов, которые были переданы автору в рабочем порядке:

- анализ результатов экспериментального исследования характеристик вывода ВС из СПП показывает преимущество индикации Бездетнова Н.П. в плане величины времени до первого управляющего движения и правильности физического смысла управляющего движения, что выражается в преимуществе по времени осознания положения ВС в стабилизированном пространстве земли;

- свойство предлагаемой индикации представляется целесообразным в практике использования при модификации «авиагоризонтов» существующих конфигураций пилотажно-навигационного оборудования ВС.

Как показывает статистика авиационных происшествий и анализ их в специальной литературе, большая часть случаев катастрофического развития полётной ситуации связана с потерей лётчиком пространственной ориентировки (ПО) в воздухе при ограниченной видимости естественного горизонта.

Для устранения проблемы потери пространственной ориентировки в полете (для существующих ВС) может быть предложен путь замены традиционного отображения пилотажных параметров тангажа и крена в штатном кадре командно-пилотажных приборов, на предложенный в статье вариант визуализации. Как правило, при этом не потребуется кардинальных изменений в существующих системах СОИ. Модифицированная индикация КПИ по новому методу может быть рекомендована в качестве варианта «авиагоризонта» для оснащения СОИ существующих и/или перспективных пилотажно-

навигационных систем формирования и отображения всей полноты информации об истинном положении ВС в воздушном пространстве.

Инновационная индикация КПИ, основанная на понятии образа полета при формировании «геометрии» пространственного положения ВС, была разработана, с учётом накопленного значительного опыта пилотирования ВС, что, безусловно, соответствуют современным требованиям.

Комплексно воспринимаемая информация, «получаемая» с экрана КПИ по «крену, тангажу, скорости, высоте» обеспечивает безошибочное восприятие параметров полёта лётчиками не только любой квалификации, но и понятна лётчикам разных групп мыслительной деятельности при пилотировании в пространстве относительно горизонта (прямой и обратной индикации, так называемых «эгоцентриков» и «геоцентриков»). В данном контексте, лётчикам становится интуитивно понятно представленное отображение информации, которая адекватна реально складывающейся воздушной обстановке, особенно в сложных метеоусловиях (вне видимости естественного горизонта) или при другой нештатной ситуации.

Идеология функционирования новой системы на практике может позволить:

- исключение пилотажных ошибок, аварийных и катастрофических ситуаций, связанных с потерей лётчиком пространственной ориентации;

- безаварийный (инстинктивно верный) выход из сложного пространственного положения в условиях сильной психофизиологической нагрузки за минимальное время, начиная с первого правильного управляющего движения ручкой управления, особенно по крену и тангажу. При этом перевод из критического состояния управляемого полёта в логично-адекватное безопасное пространственное положение, будет осуществлен при возможном минимально располагаемом времени, «отпущенном» на обдумывание ситуации и на принятие решения в целом;

- во всех случаях достаточно точно выполнять полётные задания даже при полном или частичном отказе автоматизированных систем управления.

Основное и главное преимущество предлагаемой индикации КПИ состоит в том, что есть возможность минимизировать (на индикационном поле экрана) отображение необходимых и достаточных шкал-указателей, стрелок и световых индикаторных сигналов.

В этих преимуществах, с нашей точки зрения, и заключается новизна подходов в индикации, решая главную авиаприборостроительную и технологическую задачу – формирования на приборной панели «образа», находящегося в пространстве ВС и отображения искусственного горизонта (авиагоризонта), а также другой информации, данные которой (в значительной степени) позволят исключить вероятность ошибки пилота. Особенно при «попадании» его в нештатные ситуации. При этом лётчики будут устойчиво и уверенно летать, не чувствуя за собой тяжести груза незаслуженных обвинений в неумении управлять ВС в сложных метеоусловиях или при потере пространственной ориентировки.