

УДК 159.9:62

Разработка эргономических предложений к электронной индикации пилотажно-навигационных параметров на перспективных и модернизируемых вертолётах

А.Н. Яценко

Аннотация

Современный этап развития вертолётостроения характеризуется активным оснащением кабин летательных аппаратов (ЛА) многофункциональными индикаторами (МФИ), сопряжёнными с бортовыми цифро-аналоговыми устройствами и позволяющими представлять лётчику информацию о пилотажно-навигационных параметрах вертолёта. Использование МФИ открывает возможность создания кабин принципиально отличающихся от традиционных по конфигурации и представлению информации [1]. В настоящее время сложилась ситуация, когда использование традиционных электромеханических приборов в качестве основных сопровождается представлением информации на МФИ. Однако, в будущем, в качестве основного индикатора, представляющего лётчику пилотажно-навигационную информацию, предлагается использовать МФИ [2, 3].

При этом следует отметить отсутствие единой точки зрения на компоновку параметров, отображаемых на электронных индикаторах (ЭИ) и способы их кодирования. Отмечается исключительное разнообразие в представлении пилотажно-навигационной информации на ЭИ, а способы её кодирования весьма варьируются [4]. Так, например, такие параметры как скорость и высота представляются счётчиками, круглыми и вертикальными шкалами (с подвижным индексом отсчёта или перемещающейся шкалой), столбиком по типу термометра и пр.

Вместе с тем, как показывает практика, применение электронной индикации пилотажно-навигационных параметров на МФИ без должного научного обоснования объёма и вида представляемой информации может являться причиной возникновения затруднений в информационном обеспечении экипажей и вызвать потерю пространственной ориентировки.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы является разработка эргономических предложений по представлению пилотажно-навигационной информации на МФИ модернизируемых и перспективных вертолётов.

Для достижения поставленной цели был проведен анализ литературных данных по проблеме использования ЭИ в системах отображения информации (СОИ). По результатам этого анализа, а также экспериментально-экспертной эргономической оценки предлагаемых к эксплуатации пилотажно-навигационных кадров были выявлены существенные недостатки, касающиеся состава, компоновки и оформления лицевых частей отображаемых параметров, обоснована необходимость оптимизации и унификации объема и вида представления пилотажно-навигационной информации на МФИ модернизируемых и перспективных вертолётов.

Настоящие исследования проводились в наземных условиях и в полётах на вертолётах.

Наземная экспериментальная оценка и обоснование оптимального варианта индикации пилотажно-навигационных параметров осуществлялась на диалогово-моделирующем комплексе. Оценка эффективности деятельности лётчика при взаимодействии с оптимизированным информационным кадром в этой серии исследований показала, что его использование обеспечивает высокое качество пилотирования, сохранение резервов внимания лётчика и преемственность структуры сбора информации (по сравнению с пилотированием по электромеханическим приборам).

Лётная экспериментальная оценка особенностей взаимодействия лётчика с оптимизированным информационным кадром пилотажно-навигационных параметров на МФИ проводилась на вертолёте-лаборатории с участием лётного состава ОАО «МВЗ им. М.Л. Миля». Эффективность пилотирования и пространственной ориентировки лётчика в полётах с оптимизированным кадром оценивалась на следующих режимах: горизонтальный полёт, вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$, вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$. Для повышения валидности исследования, проводилась сравнительная оценка эффективности пилотирования лётчика при использовании группы основных пилотажно-навигационных электромеханических приборов и электронного кадра на МФИ.

Результаты исследований показали, что разработанный кадр пилотажно-навигационных параметров на МФИ сохраняет стереотип сбора и контроля информации, обеспечивает быстрый переход от пилотирования по электромеханическим приборам к МФИ с высоким качеством выдерживания заданных параметров полёта. Полученные материалы свидетельствуют о формировании в полётах по разработанному электронному кадру психического образа, регулирующего деятельность лётчика вертолёта, аналогичного образу, формируемому в полётах при использовании традиционных электромеханических приборов.

Сформированные в работе и принятые к реализации эргономические рекомендации к информационному кадру пилотажно-навигационных параметров на МФИ, могут быть использованы также при разработке нормативно-технических документов, определяющих требования к объёму и виду электронной индикации пространственных параметров в системах «лётчик – летательный аппарат».

Ключевые слова

Многофункциональный индикатор; информационный кадр; пилотажно-навигационные параметры; вертолёт.

Введение

1 Анализ литературных данных по проблеме использования электронных индикаторов в системе отображения информации вертолёта.

В настоящее время, для модернизированных и перспективных вертолётных комплексов активно разрабатываются принципиально новые бортовые комплексы, включающие в себя МФИ, представляющие лётчику информацию о пилотажно-навигационных параметрах, состоянии общевертолётных систем и др. [5].

Первые попытки внедрения МФИ на самолётах и вертолётах показали, что по своим эргономическим характеристикам они не только не обеспечивали в полной мере эффективность выполнения профессиональных задач, но и снижали безопасность полётов. В частности, в процессе разработки этих комплексов не учитывался возросший уровень информационного взаимодействия, который связан с декодированием воспринимаемых сигналов и формированием психического образа состояния и положения управляемых объектов. Отсюда является актуальной проблема инженерно-психологического обоснования требований к составу и виду информации, отображаемой на ЭИ кабины вертолёта.

К настоящему времени определены и сформулированы основные принципы, которые в той или иной степени воплощаются при разработке ЭИ. Перечислим некоторые из них:

1) Принцип наглядности. Зарубежные авторы называют его ещё принципом «картинного реализма». Отечественные авторы, в отличие от зарубежных, этот принцип называют инструментальной «визуализацией полёта» [6]. Суть его сводится к тому, что индицируемая информация по виду является как бы пространственным аналогом реальной внекабинной обстановки.

2) Принцип интегративности. Данный принцип рассматривается в литературе в двух аспектах. Во-первых, это представление лётчику большого числа переменных в упорядоченной системе координат на малом информационном поле. И, во-вторых, представление лётчику единого символа, на который может выдаваться обобщённый информационный сигнал.

3) Принцип совместимости движений индексов дисплея с управляющими движениями лётчика, т. е. подвижный элемент на индикаторе должен двигаться в том же самом направлении, что и органы управления ЛА.

4) Принцип прогнозирования. Суть принципа заключается в определении расчётным путём последовательности прогнозируемых состояний ЛА или отдельных его систем на основании оценки их текущего состояния и управляющих сигналов для сопоставления с заданным состоянием.

Существуют и другие принципы, которые могут быть реализованы в информационных дисплеях благодаря развитию новых технологий. В частности, рассматриваются возможности использования виртуальных и трёхмерных изображений.

Несмотря на многообразие подходов к проблеме отображения информации на ЭИ, можно выделить два основных типа индикаторов по принципу предъявления информации. Первый тип – попытка сформировать картинный вид окружающего пространства, на котором количественная информация представлена минимально.

Второй тип индикаторов предъявляет информацию в символической форме в виде шкал и индексов. Индикаторы этого типа по полноте информации не уступают комплексу электромеханических приборов (ЭМП), расположенных на приборной доске. Такие индикаторы в принципе могут полностью удовлетворить потребности лётчика в информации при управлении ЛА и пригодны для замены существующей приборной доски.

Вместе с тем, научно доказано, что для формирования двигательных действий лётчика не все приборы играют одинаковую роль. Одни, обычно вариометр и авиагоризонт, используются для корректировки двигательных действий – это приборы управления. Другие – служат для контроля качества управления, т.е. точности выдерживания заданных параметров, – это приборы контроля (высотомер, указатель скорости, курсовой прибор). Установлено [8], что если изменяются шкалы на приборах, по показаниям которых лётчик непосредственно формирует движения органами управления, то это нарушало структуру управляющих движений в связи с изменением представления о соотношении визуальных и проприоцептивных сигналов. Видимое перемещение индекса вызывало привычные двигательные реакции, определенные двигательные воздействия. Происходило

рассогласование перцептивного и моторного образов, в результате чего нарушалась координация движений и, как следствие, ухудшалось качество управления. В то же время смена масштабов на приборах контроля приводила к ошибочным считываниям показаний этих приборов из-за затруднений перцептивно-мыслительного плана. В эксперименте, проведённом на моделирующем стенде, были выявлены случаи ошибочных считываний показаний топливомера, когда на одном и том же месте по мере выработки топлива поочередно высвечивались шкалы двух масштабов. Следует подчеркнуть, что указанные ошибки не случайны. В их генезе лежат психофизиологические закономерности структуры деятельности лётчика по управлению ЛА.

Ранее выполненными исследованиями [9] установлено, что в процессе пилотирования ЛА лётчик, обращаясь к прибору, не считывает его показания как совершенно новые, а сличает текущие показания с оперативным образом ожидаемого результата. Происходит сличение образа восприятия с образом представления прогнозируемого результата, поэтому он может за короткое время фиксации взгляда (0,3 – 0,6 с) точно воспринять показания любого прибора. Лётчик ищет не неизвестное событие, а лишь подтверждает наличие предвидимого, т. е. он ожидает увидеть стрелку прибора в определённом месте шкалы. Именно процесс экстраполяции позволяет лётчику быстро и безошибочно воспринимать показания приборов. Не случайно время считывания показаний приборов у более опытного лётчика в 1,5 – 2 раза меньше, чем у менее опытного. Это время уменьшается не за счёт быстроты восприятия (у молодых лётчиков реакция восприятия быстрее, чем у людей среднего возраста), а за счёт развития способности лучше предвидеть развитие событий, в частности, точнее прогнозировать показания приборов, которые предстоит считывать. Более точное предвидение высвобождает внимание лётчика для других действий. Причём лётчик в большинстве случаев при фиксации взгляда на приборах не считывает цифры, на которых стоит стрелка, а лишь сличает – в той ли точке шкалы находится стрелка или нет. В данном случае имеет место более простой способ использования прибора – качественное считывание. Поэтому смена масштабов шкал, если это происходит автоматически, может быть лётчиком просто не замечена, что приведёт к ошибочным действиям.

Ошибочное считывание показаний прибора при смене масштаба шкалы может быть обусловлено также высоким нервно-эмоциональным напряжением (НЭН) лётчика в полёте. В условиях стресса лётчик может «забыть» о том, что масштаб шкалы изменился. Объясняется это теми сложными корреляционными зависимостями, которые существуют между выраженностью стресса и эффективностью деятельности человека.

Накоплено множество данных, свидетельствующих о том, что под влиянием сильного эмоционального возбуждения происходит значительное ухудшение интеллектуальных процессов, что проявляется, в частности, в упрощении процессов мышления, в тенденции к стереотипам [10].

Таким образом, восприятие и оценка информации о состоянии объекта управления стали основным содержанием деятельности человека-оператора.

ЭИ призваны решить не только технические проблемы, но и эргономические – оптимизировать условия для восприятия информации, повысить её наглядность, сократить объём одновременно выдаваемой лётчику информации.

В настоящее время, предпринимаются попытки применения новых нетрадиционных способов представления информации на ЭИ. Так, например, разработан интегративный информационный кадр на основе единой геометрической фигуры, отображающей основные пилотажные параметры и их рекомендованные изменения с учётом закономерности и согласованности изменений. Предлагаемый нетрадиционный интегральный способ представления пилотажных параметров в виде единого символа выявил, по мнению авторов, новые возможности по отображению углового и траекторного положения самолёта, что способствует более полному использованию маневренных возможностей самолёта и повышению безопасности полёта [4].

Проводятся исследования по формированию с помощью различных способов и средств трёхмерных (стереоскопических) изображений, обеспечивающих такие же условия пространственного восприятия, как и зрение человека в визуальном полёте. Однако до практического внедрения на борт создаваемых ЛА эти разработки ещё не доведены. Более того, как показали исследования, использование стереоскопических изображений связано с рядом ограничений и затруднений, основными из которых являются существенные отличия метрик стереоскопического и реального визуального пространства, а также затруднения реализации навыков оценки абсолютной и относительной удалённости.

В последнее время исследователи большие надежды возлагают на цветовое кодирование информации на ЭИ. Считается, что цветовое кодирование повышает эффективность управления ЛА и надёжность пространственной ориентировки лётчика. Судя по субъективным мнениям лётчиков, они отдают явное предпочтение ЭИ с цветовым кодированием, подчеркивая, что наличие цвета позволяет действовать более уверенно и надёжно. Целесообразность применения цвета как дополнительного признака при кодировании информации на бортовых ЭИ показана во многих работах. Установлено, что использование цветового кодирования улучшает характеристики поиска значимых

изменений параметров и, кроме того, существенно улучшает качество управления [11, 12, 13].

В общем, МФИ, по мнению многих исследователей, призваны заменить существующую на ЛА традиционную приборную доску, а электромеханические приборы будут использоваться как резервные или вообще отсутствовать, поскольку их функцию предполагается возложить на ЭИ малого размера.

Для вновь разрабатываемых ЛА можно выделить следующие основные тенденции построения информационно-управляющих полей (ИУП):

- во-первых, характерной чертой ИУП кабин этих ЛА является реализация концепции многоэкранной системы индикации;
- во-вторых, отмечается как рост суммарной площади экранов электронных дисплеев, так и площади отдельного индикатора;
- в-третьих, предусматривается использование только плоских индикаторов на базе матрицы жидкокристаллических (ЖК) элементов.

Концепция использования многоэкранной бортовой системы индикации реализуется при разработке как зарубежных (Eurocopter AS-350, Bell 206, Sikosky S-61), так и отечественных ЛА (Ка-52, Ми-38 и др.) [14, 15].

Вопрос о целесообразности оборудования кабин ЛА электронными индикаторами не подлежит сомнению. Однако следует отметить отсутствие единой точки зрения на компоновку индицируемых параметров и способы кодирования информации на авиационных дисплеях.

Анализ литературных источников показывает, что отмечается исключительное разнообразие в представлении информации на ЭИ, а способы её кодирования весьма варьируют [4, 16, 17].

Отсутствие стандартизированной символики затрудняет унификацию информационных кадров МФИ даже для однотипных ЛА. Так, например, для отечественных вертолётов разработаны несколько видов электронных индикаторов. При проведении эргономической оценки информационных кадров было выявлено, что информационное содержание и логика управления индикацией пилотажно-навигационных параметров на индикаторах имели существенные различия.

Унификация деятельности, в широком смысле этого слова, состоит в её организации на основе единых принципов при работе с техническими средствами любых типов. Типизация и унификация осуществляется посредством соответствующей разработки алгоритмов деятельности и ИУП, на которых они выполняются.

Вместе с тем, в действующих стандартах требования к лицевым частям электронных индикаторов представлены крайне недостаточно. В частности, ГОСТ 27626 [18], в котором определены эргономические требования к элементам лицевых частей авиационных индикаторов (видам циферблатов, стрелок, индексов и др.), в основном касается электромеханических приборов. На электронные индикаторы распространяются лишь некоторые пункты. Причем эти требования носят общий характер.

Таким образом, приведенные выше особенности взаимодействия лётного состава с электронными СОИ на вертолётах, а также недостаточно проработанные вопросы эргономического характера при их создании, являются, теми факторами, которые определяют компоновку приборных досок перспективных и модернизируемых вертолётов.

До настоящего времени на приборных досках вертолётов находят применение комбинированные СОИ, в которых, наряду с электронными дисплеями, используются традиционные электромеханические приборы. Это связано с тем, что не решён вопрос об использовании электронных индикаторов в качестве основного средства отображения пилотажно-навигационной информации. Результаты выполненных эргономических исследований позволяют сделать заключение о принципиальной возможности использования полихроматических экранных индикаторов в качестве основных средств отображения полетной информации. Однако практическая реализация этой возможности ограничивается в настоящее время следующими условиями и обстоятельствами.

Во-первых, энергетические и пространственные характеристики конкретных индикаторов (разрешение, яркостной и цветовой контраст и др.) не обеспечивают оптимальных условий для восприятия высвечиваемой информации, а возможные пространственные искажения изображения по рабочему полю (ступенчатость линий, дрожание и др.) могут оказать отрицательное влияние, как на эффективность пилотирования, так и на зрительную работоспособность лётчика. Следует подчеркнуть, что даже при условии соответствия визуальных характеристик экрана МФИ минимальным требованием ОСТ 1 00345 [19] не обеспечивается надежное восприятие индицируемой информации, что указывает на необходимость уточнения (пересмотра) требований данного ОСТ применительно к МФИ на основе ЖК-элементов.

Во-вторых, состав, компоновка и оформление элементов индикации на пилотажно-навигационных кадрах МФИ не в полной мере отвечают эргономическим требованиям.

В частности, на кадрах современных МФИ на 25-35% уменьшены, по сравнению со штатными электромеханическими приборами, размеры шкал основных пилотажно-навигационных параметров, произвольно нарушается их взаимное размещение и

существенно варьируют элементы оформления, что приводит к частичной деавтоматизации навыков пилотирования, повышению загрузки лётчика процессом управления.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о многообразии подходов к проектированию СОИ.

В связи с этим, целью данного исследования являлась разработка эргономических предложений к электронной индикации пилотажно-навигационных параметров, представляемых на МФИ современных и перспективных вертолётов.

Для достижения поставленной цели работы был проведен анализ литературных данных по проблеме использования электронных дисплеев в системах отображения информации. По результатам этого анализа, а также экспериментально-экспертной эргономической оценки предлагаемых к эксплуатации пилотажно-навигационных кадров были выявлены существенные недостатки, касающиеся состава, компоновки и оформления лицевых частей отображаемых параметров, обоснована необходимость оптимизации и унификации объёма и видов представления пилотажно-навигационной информации на МФИ модернизируемых и перспективных вертолётов.

Суммируя изложенное выше, следует подчеркнуть, что как в нашей стране, так и за рубежом ведутся интенсивные исследования в области разработки и совершенствования принципов организации информационного поля на ЭИ. Их результаты свидетельствуют об актуальности и необходимости дальнейших исследований по психофизиологической оптимизации и унификации информационных форматов ЭИ для обеспечения эффективности использования экипажами возможностей создаваемых вертолётов и повышения безопасности полётов.

2. Методика работы.

2.1. Методика наземных исследований по обоснованию состава, компоновки и оформлению лицевых частей пилотажно-навигационных параметров на МФИ вертолётов.

Наземные исследования по обоснованию состава, компоновки и оформлению лицевых частей пилотажно-навигационных параметров на МФИ вертолётов проводились на базе ФГУ «ГосНИИИ ВМ Минобороны России». Работа выполнялась в два этапа.

На первом этапе исследования проводились на диалогово-моделирующем комплексе (ДМК) с целью отработки и оценки различных вариантов пилотажно-навигационных кадров электронных СОИ вертолётов.

Во второй серии экспериментов ставилась задача оценить эффективность взаимодействия лётчика с разработанным вариантом оптимизированного информационного

кадра в процессе пилотирования. Исследования выполнялись на ДМК, на котором моделировались динамика полёта вертолёта и индикация основных пилотажных параметров на МФИ. Лётчики выполняли полётное задание, которое включало следующие режимы: висение, полёт по маршруту, виражи и спирали. С целью выявления загруженности лётчика процессом пилотирования применялась методика «Резервы внимания», реализуемая с помощью аппаратуры «Физиолог-М». Коэффициент загруженности (K_3) лётчика вычислялись по формуле:

$$K_3 = 1 - \frac{n - n_{ош}}{m - m_{ош}}$$

где n – суммарное число сенсомоторных реакций за время решения задачи, $n_{ош}$ – суммарное число ошибочных сенсомоторных реакций за время решения задачи; m – суммарное число сенсомоторных реакций до эксперимента, $m_{ош}$ – суммарное число ошибочных сенсомоторных реакций до эксперимента.

Для оценки структуры распределения внимания лётчика регистрировалось направление его взгляда с помощью прибора «Нас». По окончании эксперимента с лётчиком проводилась беседа для выявления особенностей использования оцениваемых информационных кадров, отмеченных недостатков, а также предложений по оптимизации эргономических характеристик лицевых частей индикаторов.

В качестве критериев оценки эффективности взаимодействия лётчика с информационными кадрами использовались:

1. Показатели точности пилотирования: средние значения и величины среднеквадратичных отклонений от заданных параметров.
2. Характеристики сбора и переработки информации по данным регистрации направления взгляда лётчика: относительное время контроля параметра и длительность фиксации взгляда на приборах.
3. Показатель загруженности внимания лётчика процессом пилотирования: коэффициент загруженности.
4. Субъективная оценка лётчиком способов представления индицируемых параметров на МФИ (по материалам беседы).

Лётчики, участвовавшие в экспериментах (6 человек), перед выполнением полётного задания проходили тренировку для ознакомления с особенностями информационного кадра и логикой функционирования его элементов.

По результатам проведённых наземных исследований, пилотажно-навигационный кадр МФИ был доработан и принят к последующим лётным испытаниям.

2.2. Методика лётной оценка эффективности пилотирования лётчика при использовании кадра пилотажно-навигационных параметров МФИ.

Лётная оценка эффективности пилотирования лётчика при использовании кадра пилотажно-навигационных параметров МФИ проводилась на базе ОАО «Московский вертолётный завод им. М.Л. Миля», с участием лётчиков-испытателей.

В ходе оценки исследовался комплекс показателей, характеризующих процессы взаимодействия лётчика с системами отображения информации вертолёт. В ходе работы регистрировались и обрабатывались данные, позволяющие оценить качество выдерживания заданных параметров полёта, количество и структуру управляющих движений, уровень НЭН лётчика при пилотировании вертолёт по электромеханическим приборам и МФИ в дневных условиях.

Оценка взаимодействия лётчика с различными средствами отображения информации проводилась на следующих режимах:

- горизонтальный полёт (ГП), вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$, вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$ при пилотировании по группе основных пилотажно-навигационных электромеханических приборов;

- ГП, вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$, вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$ при пилотировании по МФИ.

Оценка проводилась на вертолёте-лаборатории.

Оценка качества пилотирования осуществлялась по значениям крена, тангажа, скорости и высоты.

В ходе работы был произведён подсчёт управляющих движений лётчика рычагом общего шага (РОШ), рычагом циклического шага (РЦШ) по тангажу, РЦШ по крену и ножными органами управления (педалями). Также было оценено и представлено в виде диаграмм процентное соотношение управляющих движений лётчика РОШ, РЦШ по тангажу, РЦШ по крену и педалями в структуре управляющих движений лётчика в процессе выполнения заданного режима полёта.

Для исследования уровня НЭН лётчика в процессе пилотирования вертолёт использовался цифровой накопитель Anna Flash 2000, предназначенный для съёма и передачи в компьютер электрических потенциалов сердца. Данные, полученные при проведении экспериментального исследования, подвергались обработке с помощью компьютерной программы Anna Flash 2000.

Для поиска статистически достоверных различий между исследуемыми величинами, характеризующими деятельность лётчика при пилотировании по электромеханическим приборам и МФИ, использовался параметрический критерий t-Стьюдента.

3. Результаты работы.

3.1. Результаты оценки лётным составом пилотажно-навигационных кадров МФИ вертолётов в наземных условиях.

3.1.1. Результаты экспериментально-экспертной эргономической оценки пилотажно-навигационных кадров МФИ, предлагаемых к реализации.

В экспериментах на ДМК, в которых осуществлялось пилотирование вертолёт на режимах – полёт по маршруту, заход на посадку, выполнение виражей, набора высоты и пикирования, было выявлено, что лётчики испытывали затруднения и допускали ошибочные действия при использовании пилотажных кадров МФИ, обусловленные, в основном, их эргономическими характеристиками. Так, при выполнении захода на посадку и в полёте по маршруту по нескольким навигационным точкам, лётчики испытывали затруднения при работе с курсовым индикатором, выполненным в виде полукруга. При этом лётчики подчеркнули, что в случае использования полного круга индикатора гораздо легче определять отклонения от заданного маршрута, поскольку у них выработался навык определения направления отклонения от линии заданного пути по смещению обратного конца стрелки автоматического радиокompаса от стрелки курсозадатчика. При использовании полукруговой шкалы отображается только один конец стрелки. По этой же причине по данной шкале труднее строить и манёвр при заходе на посадку «по коробочке».

При выполнении виражей наиболее характерной ошибкой, которую допускали лётчики, было непроизвольное скольжение. Основными причинами этого отклонения, как известно, являются некоординированные действия ручкой управления и педалями, а также недостаточный контроль индикатора углов скольжения. Поэтому не случайно, индикатор скольжения в электромеханических приборах размещен в одном корпусе с авиагоризонтом, т. е. в пределах оперативного поля зрения. На оцениваемом кадре МФИ, индикатор скольжения размещен у нижнего края экрана, поэтому для контроля этого параметра лётчик вынужден переносить взгляд из верхней части экрана (где расположен авиагоризонт) – в нижнюю. Ранее проведенными исследованиями [20] доказано, что при увеличении расстояния между индикаторами, по которым осуществляются сочетанные сенсомоторные действия слежения, качество их выполнения снижается. Таким образом, необходимость размещения авиагоризонта и индикатора скольжения в непосредственной близости друг от друга диктуется не только здравым смыслом, но и подтверждена экспериментально.

При выполнении режима пикирования, лётчики допускали ошибки в выдерживании высоты полёта при выводе из пикирования. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что

потеря высоты при энергичном выводе из пикирования (просадка) зависит от вертикальной скорости, достигнутой к началу вывода, и составляет:

- 120-150 м – при вертикальной скорости 30 м/с;
- 50-60 м – при вертикальной скорости 20 м/с;
- 25-30 м – при вертикальной скорости 10 м/с.

Однако диапазон измерения вертикальной скорости на вариометре МФИ составляет всего ± 15 м/с. Следовательно, диапазон шкалы индикатора вертикальной скорости, реализованной на МФИ, явно недостаточен и должен составлять как минимум ± 30 м/с.

В результате экспериментально-экспертной эргономической оценки пилотажных кадров МФИ выявлены следующие основные недостатки, касающиеся состава, компоновки и оформления лицевых частей отображаемых параметров:

1. По составу отображаемых параметров. На пилотажных кадрах отсутствует индикация:

- шага несущего винта;
- угла скольжения;
- перегрузки;
- малых продольной и боковой скоростей;
- цифровых индикаторов значений барометрической высоты, радиовысоты, вертикальной скорости, воздушной скорости, текущего магнитного курса;
- предельно допустимых значений приборной скорости, углов крена и тангажа;
- скорости и направления метеорологического ветра;
- центрального сигнального огня.

2. По компоновке (размещению) индицируемых параметров:

- индикатор приборной скорости расположен под высотомером, что не соответствует ГОСТ 19340 [21].

- индикатор угла скольжения расположен не под авиагоризонтом как на электромеханическом приборе, а в нижней части экрана МФИ.

3. По оформлению элементов лицевых частей индикаторов:

- шкала курсового индикатора представлена в виде сегмента;
- части циферблатов вертикальной скорости, приборной скорости, барометрической и радиовысоты срезаны обрамлением экрана;
- мал диапазон индикации вертикальной скорости (15 м/с);
- аварийные табло опасных значений крена и тангажа («крен», «тангаж») не раскрывают смысла случившегося, что не соответствует ОСТ 100345;

- оцифровка и цена деления индикаторов приборной скорости и радиовысоты отличаются от электромеханических приборов;

- высота цифр цифровых индикаторов менее 20 угл. мин, что не соответствует ОСТ 100444.

Из анализа материалов испытаний и мнений лётного состава следует, что оцениваемые пилотажно-навигационные кадры МФИ в принципе позволяют экипажу выполнять пилотирование вертолётa на различных режимах. Однако отмечается ряд особенностей взаимодействия лётного состава с электронными СОИ, по сравнению с электромеханическими приборами. В первую очередь это коснулось структуры сенсомоторных действий лётчика при пилотировании по ЭИ. По мнению лётного состава, ЭИ обладают «более высокой чувствительностью» по сравнению с электромеханическими приборами, т. е. несколько изменились пространственно-временные соотношения «стимул-реакция». Это обстоятельство можно объяснить тем, что электромеханические приборы обладают большей инерционностью. Отсюда и затруднения в «точном выдерживании» заданных параметров полёта, которые отметили лётчики. С научной точки зрения этот феномен хорошо известен и довольно полно изучен с позиции теории слежения, согласно которой изменение передаточных чисел в процессе слежения требует перестройки сенсомоторных навыков, а в данном случае – навыков пилотирования.

Однако, в материалах последующих испытаний электронных СОИ этот факт не нашёл своего отражения. Объясняется это, по-видимому, тем, что лётчики, участвовавшие в испытаниях, уже приобрели определённые навыки пилотирования по МФИ.

Как положительный аспект, лётный состав отмечает, что индикаторы пилотажных параметров на экране МФИ расположены более компактно, чем электромеханические приборы на приборной доске. В то же время, ограниченные размеры экрана МФИ явились причиной того, что уменьшились на 25-35% лицевые части индикаторов (по сравнению с электромеханическими приборами), а, следовательно, и угловые размеры элементов лицевых частей, что затрудняет их восприятие.

Существенные замечания отмечаются в материалах оценки относительно светотехнических характеристик конкретных МФИ, а также по составу, компоновке и оформлению лицевых частей.

Основные замечания, отмеченные лётным составом в процессе оценки пилотажно-навигационных кадров МФИ:

- затруднено восприятие элементов изображения вследствие недостаточного яркостного контраста, особенно при высоком уровне освещённости. В связи с этим лётный

состав предлагает затенять экран от засветов ярким внешним освещением;

- размытость и ступенчатость элементов изображения при выполнении энергичных эволюции вертолѐта;

- отсутствует индикация: параметров малых продольной и боковой скоростей, шага несущего винта, а также информации, предупреждающей о достижении вертолѐтом предельных эксплуатационных параметров и режимов полѐта;

- затруднено считывание цифровых индикаторов приборной скорости, барометрической и геометрической высот;

- затруднено восприятие информации о пространственном положении вертолѐта из-за несоответствия внешнего вида силуэта на МФИ и штатном электромеханическом приборе;

- не информативен указатель скорости и направления метеорологического ветра;

- цена деления шкалы индикатора радиовысоты в диапазоне 0..10 м не обеспечивает точность и быстроту отсчѐта при ограниченном времени наблюдения;

- элементы лицевой части курсового индикатора не соответствуют штатному электромеханическому прибору.

3.1.2. Результаты оценки эффективности деятельности лѐтчика при взаимодействии с оптимизированным пилотажным кадром на ДМК.

На основании результатов анализа литературы по проблеме разработки электронных пилотажных дисплеев, материалов экспериментальных исследований, требований и рекомендаций нормативных документов был сформирован оптимизированный пилотажный кадр и проведена его эргономическая оценка на ДМК.

Полученные в ходе экспериментов результаты оценки точности выдерживания заданных значений параметров полѐта на различных режимах пилотирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Среднеквадратические отклонения (σ) от заданных значений параметров полѐта

Режим полѐта	Без дополнительной задачи			С дополнительной задачей		
	γ , град	$V_{\text{приб}}$, км/ч	H, м	γ , град	$V_{\text{приб}}$, км/ч	H, м
Горизонтальный полет	3,75	1,78	3,2	3,0	6,0	2,7
Виращ	3,8	19,0	6,7	3,8	19,0	8,3
Восходящая спираль	6,7	14,0	-	6,07	13,4	-
Нисходящая спираль	4,14	23,5	-	4,14	23,5	-

Полученные данные показывают, что качество пилотирования при использовании оптимизированного пилотажного кадра было достаточно высоким. Следует отметить, что введение дополнительной задачи не приводило к существенному увеличению ошибки выдерживания заданных значений параметров полёта, что косвенно свидетельствует о наличии резервов внимания лётчика в процессе пилотирования. Данные о загруженности внимания лётчика (K_3) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Загрузка внимания лётчиков (K_3) в процессе пилотирования (на ДМК) с использованием оптимизированного электронного пилотажного кадра

Лётчик	Режим полёта			
	Горизонтальный полет	Виращ	Восходящая спираль	Нисходящая спираль
1	0,46	0,75	0,44	0,66
2	0,34	0,73	0,37	0,5
3	0,3	0,51	0,26	0,29
4	0,41	0,54	0,38	0,54
5	0,51	0,75	0,44	0,61
6	0,6	0,71	0,52	0,7

Вместе с тем, чтобы понять, насколько велика или мала загруженность внимания лётчика при пилотировании с использованием электронного кадра, считаем целесообразным сопоставить приведенные в таблице 2 данные с результатами, полученными ранее в реальном полёте на вертолёте-лаборатории (Ми-8), где пилотирование осуществлялось по электромеханическим приборам (таблица 3).

При рассмотрении этих материалов обращает на себя внимание то, что значения K_3 , полученные на ДМК и в реальном полёте, различаются незначительно. В экспериментах на ДМК загруженность лётчика в некоторых случаях несколько ниже, чем в реальном полёте.

Одной из важнейших составляющих эффективности взаимодействия лётчика с СОИ является время считывания информации с индикатора или продолжительность фиксации взгляда на нём. Обработка результатов видеорегистрации направления взгляда лётчика в реальном полёте и на ДМК показала, что в реальном полёте продолжительность фиксации взгляда лётчика на отдельных индикаторах электронных СОИ несколько больше, чем на электромеханических приборах (таблица 4).

Таблица 3

Загруженность внимания лётчиков (K_3) в процессе пилотирования вертолётно-лаборатории¹

Режим полёта	Лётчики-испытатели	Строевые лётчики 1 и 2 класса
ГП в ПМУ	$\frac{0,44}{0,53-0,38}$	$\frac{0,62}{0,65-0,58}$
ГП по приборам (под шторкой)	$\frac{0,51}{0,69-0,37}$	$\frac{0,67}{0,76-0,53}$
Висение	$\frac{0,49}{0,64-0,41}$	$\frac{0,66}{0,83-0,55}$
Перемещение на высоте 10 м со скоростью 10 км/ч	$\frac{0,56}{0,69-0,46}$	$\frac{0,76}{0,82-0,72}$

Таблица 4

Средняя продолжительность фиксации взгляда (с) на электромеханических приборах и индикаторах электронного дисплея в горизонтальном полёте

Условия пилотирования	Прибор				
	авиагоризонт	НПП	вариометр	высотомер	указатель скорости
По ЭМП	0,7	0,8	0,5	0,6	0,5
По ЭИ	1,24	0,74	0,47	0,74	0,78

В таблице 5 приведены данные о продолжительности фиксации взгляда на индикаторах оцениваемого пилотажного кадра в условиях выполнения дополнительной задачи.

Как видно из приведенных в таблице данных, продолжительность фиксации взгляда на индикаторах электронного кадра сократилась и стала соизмерима с продолжительностью фиксации на электромеханических приборах.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что при пилотировании на ДМК по электронному дисплею с использованием оптимизированного пилотажного кадра

¹ в числителе указана средняя величина K_3 в группе лётчиков, в знаменателе – диапазон колебаний значения K_3 в группе.

загруженность и структура распределения внимания лётчика по приборам сопоставимы с данными, полученными в полёте на вертолёте, оборудованном электромеханическими приборами.

Таблица 5

Средняя продолжительность фиксации взгляда на индикаторах электронного дисплея в условиях выполнения дополнительной задачи

Режим полёта	Контролируемый индикатор					
	авиа-горизонт	вариометр	НПП	радио-высотомер	указатель скорости	Баровысотомер
ГП	0,39	0,59	0,33	0,35	0,39	0,46
Виращ	1,4	0,4	0,33	0,3	0,37	0,51
Восходящая спираль	0,36	0,46	-	-	0,4	0,41
Нисходящая спираль	0,66	0,43	-	0,35	0,36	0,42

Вместе с тем, при трактовке полученных результатов, необходимо сделать существенную оговорку – в экспериментах на ДМК были созданы практически идеальные условия для восприятия информации с индикатора:

- разрешение экрана монитора – 1024×768 пкс;
- частота смены кадров – 70 Гц;
- уровень внешнего освещения – 50 лк;
- яркостной контраст – 1,0;
- расстояние оператора от экрана – 800 мм;
- угол линии визирования к экрану – 90°.

При этом отсутствовали факторы, снижающие эффективность восприятия информации с индикатора, которые имеют место в реальном полёте, такие как:

- засветка экрана индикатора прямыми солнечными лучами;
- вибрация;
- наличие пылевого слоя на экране;
- неоптимальные светотехнические и энергетические характеристики индикаторов (яркостной контраст, равномерность свечения экрана и др.)

3.2. Результаты оценки взаимодействия лётчика с пилотажно-навигационным кадром МФИ в ходе лётных экспериментов

В таблице 6 представлены результаты оценки качества пилотирования на режимах горизонтального полёта и виражей с креном $\approx \pm 30^\circ$ и $\approx \pm 45^\circ$, в дневных условиях.

Полученные в результате проведённого исследования данные по средним отклонениям от заданных значений по каналам крена, тангажа, скорости и высоты на режимах «горизонтальный полёт», «вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$ », «вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$ » свидетельствуют о достаточно высоком качестве сохранения лётчиками-испытателями пространственного положения вертолёта как при пилотировании по группе основных пилотажно-навигационных электромеханических приборов, так и по МФИ.

Проведённая статистическая обработка данных не выявила различий в средних отклонениях от заданных значений крена, тангажа, скорости и высоты при пилотировании по электромеханическим приборам и по пилотажно-навигационным параметрам МФИ на исследуемых режимах.

Таблица 6

Средние отклонения от заданных значений по каналам крена, тангажа, скорости и высоты при пилотировании по электромеханическим приборам и МФИ на различных режимах полёта, в дневных условиях

Режимы	σ крен, в град		σ тангаж, в град		σ скорость, в км/ч		σ высота, в м	
	ЭМП	МФИ	ЭМП	МФИ	ЭМП	МФИ	ЭМП	МФИ
Горизонтальный полёт	1,61	2,44	1	0,86	6,05	6,42	6,36	9,63
Вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$	6,75	7,31	1,36	1,38	6,55	6,26	8,78	12,05
Вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$	9,34	8,25	2,47	2,21	6,98	8,05	19,78	19,97

В таблице 7 представлены данные о количестве управляющих движений лётчика на режимах «горизонтальный полёт», «вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$ », «вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$ » при пилотировании по группе основных пилотажно-навигационных электромеханических приборов и по МФИ.

Таблица 7

Количество управляющих движений, выполняемых лётчиком на различных этапах полёта, при пилотировании по электромеханическим приборам и МФИ

Этапы полёта	Количество управляющих движений в минуту при пилотировании по ЭМП	Количество управляющих движений в минуту при пилотировании по МФИ
Горизонтальный полёт	43,3	40,1
Виращ с креном $\approx \pm 30^\circ$	45	39
Виращ с креном $\approx \pm 45^\circ$	81	87

Как видно из данных таблицы 7, количество управляющих движений при пилотировании по электромеханическим приборам и пилотажно-навигационному кадру МФИ сопоставимы и не имеют статистически достоверных различий.

Возрастание количества управляющих движений лётчика на режиме «виращ с креном $\approx \pm 45^\circ$ » как при пилотировании по электромеханическим приборам, так и по МФИ, обусловлено сложностью данного режима по сравнению с режимами «виращ с креном $\approx \pm 30^\circ$ » и «горизонтальный полёт».

Анализ структуры управляющих движений лётчика при выполнении полётного задания (диаграмма 1 – диаграмма 6) также не выявил существенной разницы между пилотированием по электромеханическим приборам и по пилотажно-навигационному кадру МФИ.

В таблице 8 представлены значения частоты сердечных сокращений (ЧСС) лётчика вертолёта при выполнении режимов пилотирования по группе основных пилотажно-навигационных электромеханических приборов и по МФИ.

Как видно из представленных данных, характер физиологических реакций лётчиков соответствует уровню сложности выполнения полётного задания и умеренному уровню нервно-эмоционального напряжения. Достоверных различий между ЧСС лётчика при пилотировании по сравниваемым средствам отображения информации не выявлено.

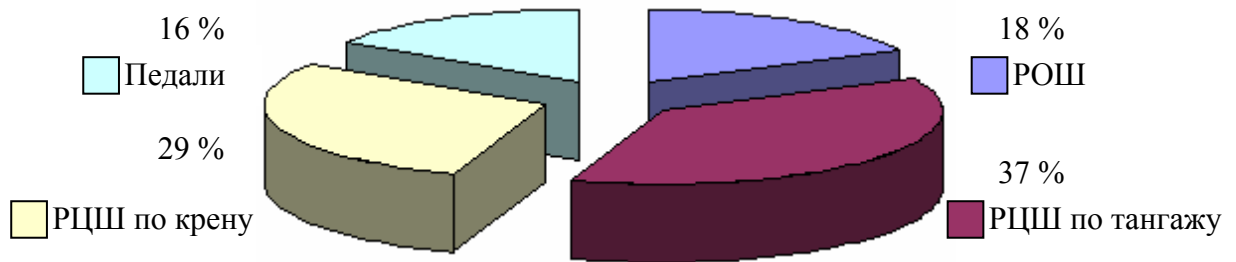


Диаграмма 1 – Структура управляющих движений лётчика при пилотировании по электромеханическим приборам, режим «горизонтальный полёт»

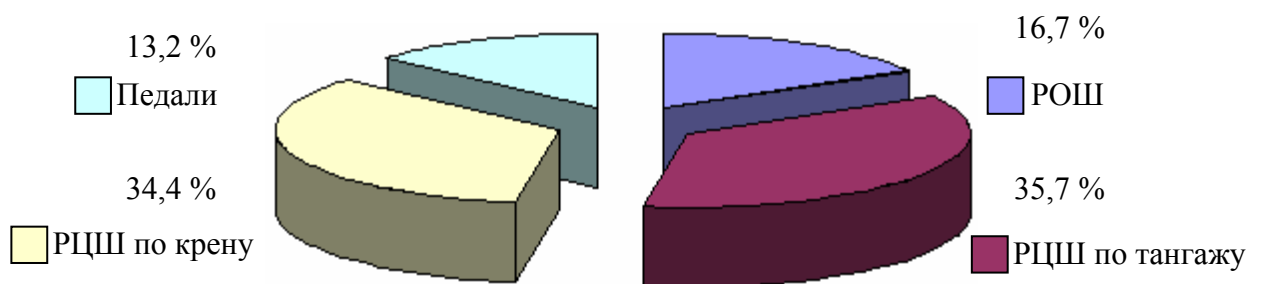


Диаграмма 2 – Структура управляющих движений лётчика при пилотировании по МФИ, режим «горизонтальный полёт»

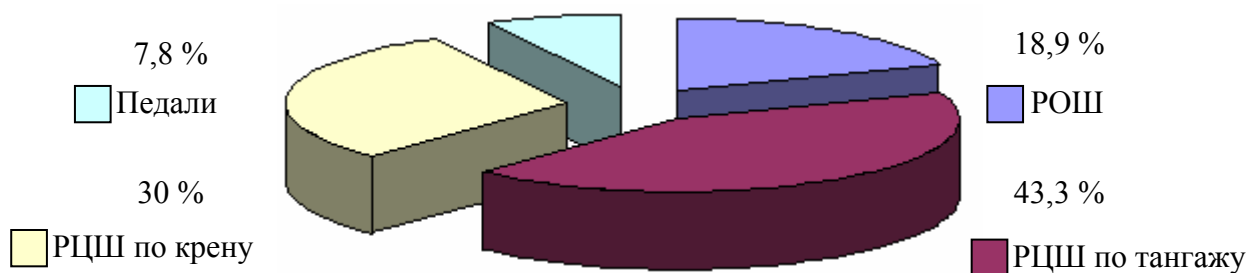


Диаграмма 3 – Структура управляющих движений лётчика при пилотировании по электромеханическим приборам, режим «вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$ »

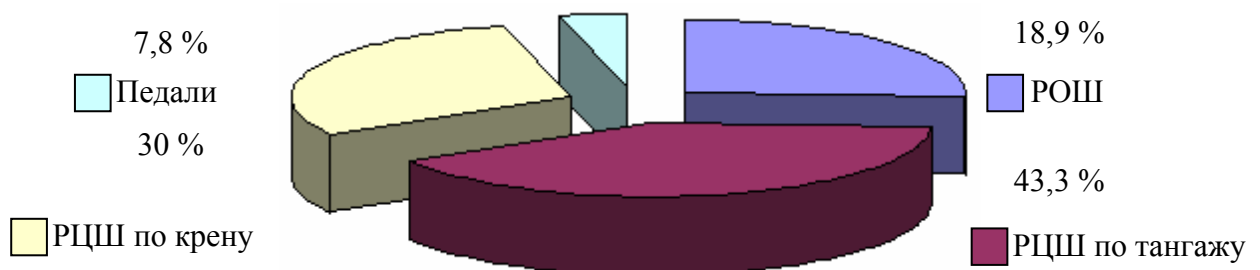


Диаграмма 4 – Структура управляющих движений лётчика при пилотировании по МФИ, режим «вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$ »

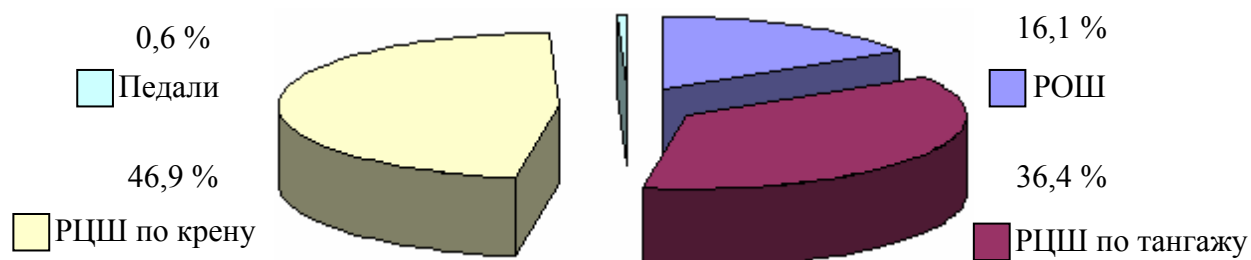


Диаграмма 5 – Структура управляющих движений лётчика при пилотировании по электромеханическим приборам, режим «вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$ »

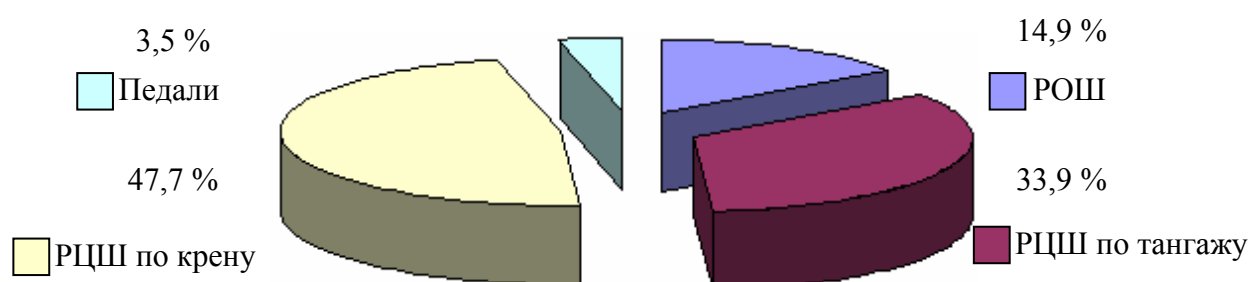


Диаграмма 6 – Структура управляющих движений лётчика при пилотировании по МФИ, режим «вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$ »

Таблица 8

Уровень ЧСС (уд/мин) лётчика при выполнении режимов пилотирования по электромеханическим приборам и по МФИ, в дневных условиях

Этапы полёта и регистрации ЧСС	ЧСС при пилотировании по ЭМП, уд/мин	ЧСС при пилотировании по МФИ, уд/мин
Исходный уровень ЧСС	75	75
Горизонтальный полёт	88	89
Вираж с креном $\approx \pm 30^\circ$	93	92
Вираж с креном $\approx \pm 45^\circ$	98	99

4 Обсуждение полученных результатов.

Результаты оценки эффективности деятельности лётчика при взаимодействии с оптимизированным информационным кадром в проведённых наземных и лётных экспериментах показали, что его использование обеспечивает высокое качество пилотирования и преимущество структуры сбора информации по сравнению с пилотированием по традиционным электромеханическим пилотажно-навигационным приборам.

Материалы исследований подтверждают принципиальную возможность использования МФИ, представляющего пилотажно-навигационные параметры, в качестве средства отображения информации в кабине вертолѐта. При этом индикация параметров пространственного положения более приемлема в виде круглых шкал, позволяющих выдавать информацию не только о количественных значениях параметров, но и тенденцию их изменений.

Этим обеспечивается преимущество кодирования аналогично с электромеханическими приборами, простота и качество считывания информации. Известно [22, 23], что совместное использование двух разнокодовых информационных моделей приводит к необходимости формирования двух оперативных образов, требующих перестройки умственного компонента навыка пилотирования. Как показано исследованиями на этапе восприятия информации лѐтчик не испытывает затруднений, связанных со спецификой кодирования пилотажной информации. Затруднения возникают на этапе преобразования информации при прогнозировании динамики изменения как отдельных параметров, так и полѐтной ситуации в целом, что требует перестройки психических образов.

Результаты настоящих исследований дают основание говорить о психическом сходстве информационных моделей, отображающих идентичные параметры полѐта. При этом большую роль играет сходство опорных элементов электронных шкал разных типов, что в конечном итоге обеспечивает сравнимую с пилотированием по электромеханическим приборам эффективность действий лѐтчика. Поэтому можно говорить о принципе подобия двух информационных моделей, отображающих идентичные параметры.

Реализация принципа подобия кодирования параметров определяет единство психических образов, регулирующих эффективность действий лѐтчика при переходе из одной информационной модели на другую. Обеспечение психологического сходства преобразования информации от используемых информационных моделей на современных вертолѐтах позволяет сформировать их обобщенный эталон, благодаря которому переход с одной информационной модели на другую не будет "требовать" запуска психологического механизма перестройки оперативных образов, сохраняя таким образом устойчивость произвольного внимания, обеспечивающего процессы прогнозирования динамики полѐта.

Вместе с тем, материалы проведѐнных исследований свидетельствуют о важности учѐта закономерностей психической регуляции действий лѐтчика при определении необходимого объѐма и вида кодирования параметров движения вертолѐта в пространстве.

В заключение, необходимо отметить, что сами по себе технические возможности многофункциональных индикаторов не в состоянии обеспечить должную эффективность и надежность деятельности лётчика, если объём и способы кодирования предъявляемой информации не согласованы с его психическим образом, регулирующим действия по пилотированию вертолётa и пространственной ориентировке.

Заключение

1. Анализ материалов выполненных эргономических исследований взаимодействия лётчика с электронными пилотажно-навигационными индикаторами позволил установить, что несоответствие эргономическим требованиям светотехнических и визуальных характеристик МФИ, состава, компоновки и способов кодирования индицируемых параметров приводят к повышению загруженности лётчика процессом пилотирования и

частичной деавтоматизации лётных навыков. Наиболее существенными недостатками являются:

- недостаточный яркостной контраст, особенно при интенсивном внешнем освещении;
- отсутствие индикации ряда параметров (шага несущего винта, малых продольной и боковых скоростей, перегрузки, информации, предупреждающей о достижении вертолётном предельных эксплуатационных значений параметров и др.);
- нерациональная компоновка индицируемых параметров;
- уменьшенные (на 25-35%), по сравнению со штатными электромеханическими приборами, размеры шкал основных пилотажных параметров, что затрудняет восприятие их показаний;
- различия способов кодирования одних и тех же параметров (в частности, шкалы курсового индикатора).

2. На основе анализа материалов эргономической оценки различных вариантов пилотажно-навигационных кадров МФИ, требований действующих нормативно-технических документов по составу пилотажных параметров, компоновке пилотажно-навигационных приборов, их размерам и оформлению лицевых частей, разработан оптимизированный вариант информационного пилотажного кадра для полихроматических МФИ вертолётов, принятый к наземным и лётным испытаниям.

3. Экспериментальная оценка на ДМК взаимодействия лётчика с оптимизированным информационным кадром пилотажно-навигационных параметров на полихроматическом МФИ при оптимальных условиях восприятия информации (разрешение экрана – 1024×768 пикселей, частота смены кадров – 70 Гц, яркостной контраст – 1,0, уровень внешнего освещения – 50 лк) и отсутствии влияния факторов полёта показала возможность эффективного выполнения режимов пилотирования, о чем свидетельствуют:

- высокая точность выдерживания заданных значений параметров полёта;
- наличие достаточных резервов внимания лётчика в процессе пилотирования, их зависимость от уровня сложности режимов полёта;
- преемственность структуры сбора информации лётчиком с данными, полученными в реальных полётах на вертолёте с использованием штатных электромеханических приборов.

4. Проведённая в ходе лётных исследований оценка разработанного пилотажно-навигационного кадра, показала высокий уровень качества пилотирования и пространственной ориентировки лётчика аналогичный полёту по традиционным электромеханическим приборам.

5. Разработанный электронный кадр МФИ на базе ЖК-элементов может рассматриваться в качестве основного средства отображения пилотажно-навигационной информации на вертолётах при условии реализации эргономических требований к его визуальным и светотехническим характеристикам, объёму и видам кодирования параметров полёта, а также элементам оформления шкал и индексов (размер циферблатов, цена делений, форма стрелок и др.).

6. В целях соблюдения единообразия способов и видов кодирования пилотажно-навигационных параметров на многофункциональных электронных индикаторах для самолётов и вертолётов требуется разработка соответствующих стандартов.

7. Разработанные предложения к объёму, виду и компоновке пилотажно-навигационного кадра МФИ могут быть приняты в качестве исходных материалов для разработки стандартов на электронные СОИ для вертолётов.

Библиографический список

[1] Глава 3. Устройства отображения информации, органы управления и конструкция кабины экипажа. Циркуляр ИКАО 238-AN/143. Человеческий фактор. Сборник материалов № 6. Эргономика. Международная организация гражданской авиации. Монреаль, Канада, 1992, 19 – 34 с.

[2] Чунтул А.В., Петрова А.Н. Эргономические особенности разработки и внедрения электронных СОИ на вертолётах. – В сб.: Восьмой форум российского вертолётного общества. – М., 2008, VII-1 – VII-7 с.

[3] Чунтул А.В., Петрова А.Н. Методические подходы к формированию кадров электронной индикации пилотажно-навигационных параметров для вертолётов. – В сб.: Человеческий фактор в авиации и космонавтике: Сборник научных трудов / Под ред. А.А. Меденкова. – М.: Полет, 2007, 220 – 221 с.

[4] Давыдов В.В., Иванов А.И., Лапа В.В., Лемещенко Н.А., Рябинин В.А., Чунтул А.В. Проблема использования электронных пилотажных дисплеев в системе отображения информации вертолётов. – В сб.: Вестник МНАПЧАК №3 (26), 2007, 40 – 50 с.

[5] Чунтул А.В., Поляков В.В., Яценко А.Н. Эргономические аспекты разработки перспективных и модернизируемых вертолётов. – В сб.: Проблемы фундаментальной и прикладной психологии профессиональной деятельности (Труды института психологии РАН) / Под ред. В.А. Бодрова и А.Л. Журавлева. М.: Изд-во "Институт психологии РАН", 2008. 570 – 576 с.

- [6] Завалова Н.Д., Ломов Б.А., Пономаренко В.А. Образ в системе психической регуляции деятельности. – М.: «Наука», 1986, 176с.
- [7] Энциклопедический справочник по авиационной эргономике и экологии. – М.: Изд.-во ИП РАН, 1997, 270 с.
- [8] Пономаренко В.А., Завалова Н.Д., Муравьева С.Б. Инженерно-психологические вопросы внедрения и использования бортовых индикаторов на электронно-лучевых трубках. – В сб.: Проблемы безопасности полетов, 1979, № 7, 60-72 с.
- [9] Пономаренко В.А., Завалова Н.Д. Авиационная психология. – М.: Институт авиационной и космической медицины, 1992, 200 с.
- [10] Китаев-Смык Л.А. Психология стресса. – М.: «Наука», 1983, 367 с.
- [11] Справочник по инженерной психологии. Под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982, 368 с., ил.
- [12] Основы инженерной психологии. Учебное пособие. Под ред. Б.Ф. Ломова. – М., «Высш. Школа», 1977, 335 с.
- [13] Денисов В.Г., Онищенко В. Ф. Инженерная психология в авиации и космонавтике. – М., «Машиностроение», 1972, 316 с.
- [14] Sikosky S-61 Glass Cockpit Retrofit. www.sagemavionics.com.
<http://www.sagemavionics.com/Products/Products.aspx?category=Cockpit%20Display%20Systems>
. 31.03.2010 г.
- [15] AIR FLEET. RUSSIAN AIR FORCE, AIRCRAFT & SPACE REVIEW, 1999 г. №8, 80 с.
- [16] MFD-5.4/1 5×4 inch Multi-Function Display. [www.barco.com](http://www.barco.com/en/product/1173).
<http://www.barco.com/en/product/1173>. 31.03.2010 г.
- [17] МФИ-104 – Бортовой многофункциональный индикатор-вычислитель. www.kronshtadt.ru.
<http://www.kronshtadt.ru/ru/products/aviation/detail.php?ID=366>. 31.03.2010 г.
- [18] «Лицевые части авиационных индикаторов и приборов. Общие эргономические требования», ГОСТ 27626-88. – М.: «Издательство стандартов», 1988 г., 20 с.
- [19] «Индикаторы и приборы. Механические и электромеханические. Требования к цветовому кодированию лицевой части», ОСТ 1 02582-86. – 1986 г., 7 с.
- [20] Авиационная медицина (Руководство под ред. Н.М. Рудного, П.В. Васильева, С.А. Гозулова), – М.: Медицина, 1986, 580 с.
- [21] «Доски приборные кабины вертолѐта. Требования к компоновке и установке приборных досок лѣтчиков», ГОСТ 19340-91. – М.: «Издательство стандартов», 1991 г., 14 с.

[22] Крылов А.А. Особенности выполнения совмещённой деятельности на сигналы разной модальности. – В сб.: Проблемы психологии. – М. : Наука, 1967.

[23] Зараковский Г.М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. – М.: Наука, 1967. 114 с.

Сведения об авторе

Яценко Анастасия Николаевна

ОАО «Московский вертолётный завод им. М.Л. Миля»

Начальник бригады эргономики вертолётов

Почтовый адрес ОАО «МВЗ им. М.Л. Миля»: 107113, г. Москва, Сокольнический вал, д. 2А.

Тел.: (495) 649-33-40, доб. 2-39. Факс: (499) 264-55-71

E-mail: mvz@mi-helicopter.ru

Моб. тел.: 8-905-514-78-69