

ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА

УДК 159.9

ГРНТИ 15.81.29

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕТЧИКА ВЕРТОЛЕТА СО СРЕДСТВАМИ ОТОБРАЖЕНИЯ ПИЛОТАЖНО- НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

© 2026 г. А.Н. Яценко*, В.А. Рябинин**, А.В. Чунтул***

** Руководитель группы, отдел эргономики и технических средств подготовки авиационного персонала, АО «Национальный центр вертолётостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова», пгт. Томилино, г.о. Люберцы, Московская обл.
e-mail: nastya.yatsenko@gmail.com*

*** Кандидат медицинских наук, главный конструктор по эргономике и разработке технических средств подготовки авиационного персонала, АО «Национальный центр вертолётостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова», пгт. Томилино, г.о. Люберцы, Московская обл.
e-mail: v.ryabinin@nhcmk.ru*

**** Доктор медицинских наук, генеральный директор, ООО «Корпорация Русская эргономика и интеллектуальные системы», г. Москва.
e-mail: creiscorp@yandex.ru*

Актуальность настоящих исследований определяется отсутствием достаточной нормативной базы, учитывающей условия совместного использования летчиком в одном информационном поле традиционных электромеханических приборов и многофункциональных индикаторов. Целью данной работы является исследование особенностей взаимодействия в системе «летчик — система отображения информации — вертолет», а также разработка эргономических предложений к предъявлению пилотажно-навигационной информации на дисплее электронного индикатора. Учитывая профессиографические особенности деятельности летчика, в части взаимодействия с

системой отображения информации, включающей как электромеханические приборы, так и многофункциональные индикаторы, предполагалось, что эффективная деятельность летчика может быть достигнута при обеспечении идентичности способов кодирования пилотажно-навигационных параметров, преемственности взаимного расположения шкал и сохранения их масштаба, а также цены деления, местоположения нулевой отметки на шкале, направления движения стрелок и указателей. В процессе выполнения полетов на вертолетах-лабораториях, летчикам ставилась задача использовать в полете попеременно только один источник пилотажно-навигационной информации: электромеханические приборы или многофункциональный индикатор. Состав электромеханических пилотажно-навигационных индикаторов соответствовал требованиям нормативной документации. Состав пилотажно-навигационных параметров на многофункциональном индикаторе был аналогичен группе электромеханических приборов, однако информационная модель была дополнена счетчиками текущих значений параметров вертикальной скорости, приборной скорости, барометрической высоты, текущего курса. В качестве усложнения условий деятельности, летчикам в полетных заданиях предписывалось выполнение виражей с выдерживанием заданных значений крена. Критериальный аппарат оценки качества пилотирования включал: выходные характеристики действий по точности выдерживания заданных параметров; вегетативный показатель по частоте сердечных сокращений; структуру управляющих движений по характеристикам перемещений основных органов управления вертолетом. В экспериментальных исследованиях были задействованы три вертолета-лаборатории с участием 10 летчиков-испытателей. Всего по программе было выполнено 25 полетов. Результаты выполненной работы позволили выявить особенности взаимодействия летчика с системой отображения информации, включающей многофункциональные индикаторы и электромеханические приборы, а также показали возможность эффективного выполнения деятельности летчиком при пилотировании по пилотажно-навигационным параметрам, отображаемым на дисплее электронного индикатора, при соблюдении требований и рекомендаций в части эргономики к характеристикам предъявляемой информации.

Ключевые слова: многофункциональный индикатор, электромеханический прибор, система отображения информации, информационная модель, летчик, вертолет

ВВЕДЕНИЕ

Новые технологии, внедряемые в системы отображения информации (СОИ) вертолетов, направлены на оптимизацию информационного обеспечения экипажа, и, как следствие, повышение безопасности полёта (Brzeska et al., 2024).

Вместе с тем, анализ авиационных происшествий показывает (Ерусалимский, 2012), что в основе более 50% из них лежит общий фактор — недостаточное или полное

непонимание экипажем длительное время развивающейся ситуации. Для определения данного фактора используется термин «информационная или ситуационная осведомленность» или «ситуационное понимание». При этом, эргономические характеристики СОИ будут оказывать прямое влияние на ситуационную осведомленность и, соответственно, безопасность полета, т.к. время реакции летчика определяется временем, которое требуется для получения информации, её обработки и, в конечном итоге, для принятия решения на выполнение действий по парированию развивающейся ситуации. Следовательно, требования к СОИ, в части обеспечения быстрого и надежного восприятия летчиком поступающих данных, должны закладываться на ранних этапах проектирования информационно-управляющего поля кабин экипажей вертолетов и самолетов (Эргономика в проектировании ..., 2023), с учетом решаемых летчиком (экипажем) профессиональных задач, организации и формы сигналов на информационно-управляющем поле, способов восприятия, оценки и преобразования летчиком поступающей информации.

Таким образом, исследования, направленные на изучение особенностей взаимодействия летчика со средствами отображения пилотажно-навигационной информации, являются актуальной задачей поиска путей и разработки способов обеспечения эффективного и безопасного функционирования системы «летчик (экипаж) — вертолет — среда».

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Известно, что первоначально все летательные аппараты (ЛА) были оснащены аналоговыми (позднее, электромеханическими) приборами, каждый из которых представлял лётчику конкретные данные о пилотажно-навигационных параметрах на шкалах. Устанавливаемые в кабинах экипажа, современные бортовые комплексы обеспечивают возможность вывода на дисплеи цифровых экранных индикаторов (ЭИ) данных от нескольких источников информации как в виде шкал, так и в виде счётчиков,

применения кодирования цветом, формой, размером, выдачи интегральных и командных сигналов и т.д. Однако, анализ материалов летных испытаний и эргономических исследований выявил и существенные недостатки внедрения ЭИ, затрудняющие восприятие информации летчиком: уменьшенные (на 25-35%), по сравнению со штатными электромеханическими приборами (ЭМП), размеры шкал основных пилотажно-навигационных параметров; различия способов кодирования одних и тех же параметров (например, шкалы курсового индикатора) (Эргономика в системе проектирования..., 2015).

Результаты работы зарубежных авторов (Tang et al., 2024), проведенной на авиасимуляторе, показали, что, так называемая «стеклянная» панель, предполагающая использование только ЭИ, лучше ориентирована на обеспечение ситуационной осведомленности, по сравнению с ЭМП, поскольку при её использовании участники испытывали меньшую умственную нагрузку. Вместе с тем, ряд исследователей (Brzeska et al., 2024) подчеркивают необходимость более глубокого изучения особенностей взаимодействия, субъективных предпочтений и ошибочных действий летчиков, имеющих опыт полетов на ЛА с традиционными ЭМП и ЭИ.

Данные, полученные в исследовании по оценке возможности ошибок в работе и изучению индивидуальных мнений летчиков с лицензией частного пилота (максимальное время налета — 450 часов), имеющих опыт полетов по традиционным аналоговым приборам и цифровым ЭИ (Brzeska et al., 2024) показали, что в части легкости считывания, сравнение аналоговых приборов со «стеклянной» кабиной дало очень похожие результаты — 40% и 38% опрошенных, соответственно. Применительно к вопросу о лёгкости считывания информации, для 22% опрошенных не имеет большого значения, как отображаются показания в кабине летчика. По мнению летчиков, в отношении безопасности при возникновении аварийной ситуации на борту и аналоговые приборы и цифровые ЭИ будут удобны для восприятия информации и позволят адекватно реагировать на происходящее (40% и 34% опрошенных, соответственно).

Авторы подчеркивают легкость, с которой летчики в большинстве случаев могут управлять ЛА в полете с помощью цифровых ЭИ.

Приведенные в упомянутой выше работе результаты показывают, что, более низкая частота ошибок у опрошенных летчиков наблюдается при полётах на ЛА с цифровым отображением данных: 24% респондентов сообщили, что при использовании цифровых ЭИ они никогда не допускают ошибок в полёте — как при считывании пилотажных параметров, так при решении навигационных задач. При использовании аналоговых приборов только 4% опрошенных сообщают об отсутствии ошибок в считывании показаний приборов и 6% — при ведении навигации. Отмечается, что на частоту ошибок влияет сложное взаимодействие факторов, в том числе умение масштабировать шкалы приборов, точность анализа и интерпретации показаний приборов. Явление параллакса при наблюдении индикационных элементов и шкал аналоговых приборов также оказывает влияние на частоту ошибок при их использовании. Основываясь на полученных данных, авторы делают вывод о том, что вероятность возникновения ошибок считывания информации с использованием аналоговых приборов гораздо выше, чем с помощью цифровых ЭИ. В своем докладе авторы указывают, что летчики предпочитают «стеклянные» кабины в самолётах.

Интересными представляются результаты работы (Agizpe et al., 2023), в которой рассматривались особенности восприятия символьной информации в зависимости от типа индикатора (отражающие — шкалы на лицевых частях ЭМП, излучающие — цифровой ЭИ), в условиях высоких уровней внешней освещенности. Результаты исследования показали, что при использовании отражающих лицевых частей ЭМП происходит более быстрое восстановление способности считывать текущие показания после вспышки с высокой интенсивностью (100 кд/м^2), а использование излучающих цифровых ЭИ более комфортно при низких уровнях внешней освещенности (1 кд/м^2).

Необходимо отметить, что активное внедрение ЭИ на борту ЛА привело к многообразию компоновочных решений приборных досок, находящихся в эксплуатации

самолётов и вертолётов (Socha et al., 2020). В частности, установленная в кабине экипажа сертифицированного среднего многоцелевого вертолётa Ка-62 (Ка-62 ..., 2022), СОИ включает многофункциональные индикаторы (МФИ) на основе жидкокристаллических матриц, предназначенные для отображения основных пилотажно-навигационных параметров, и ЭМП для отображения резервной пилотажно-навигационной информации (рис. 1).



Примечание: 1 – группа резервных пилотажно-навигационных приборов; 2 – МФИ для предъявления пилотажно-навигационных параметров; 3 – МФИ для предъявления цифровой карты, данных о работе общевертолетного оборудования и других систем.

Рис. 1. Приборная доска вертолётa Ка-62

Для обеспечения оптимальных условий восприятия информации, в случаях использования ЭМП и МФИ в качестве источников пилотажно-навигационной информации, следует учитывать результаты работ, выполненных отечественными специалистами (Пономаренко, Лапа, 2009). Оказалось, что использование лётчиками разнокодовых информационных моделей в кабинах ЛА нового поколения (МФИ и традиционные ЭМП) может существенно затруднить их совместное использование. Доказано, что решающую роль в повышении эффективности совместного использования лётчиком информационных моделей, сформированных с использованием различных типов средств отображения информации, играет их психологическое сходство, означающее обеспечение идентичности способов кодирования пилотажных параметров,

преимущества взаимного расположения шкал и сохранение их основных элементов — масштаба, цены деления, местоположения нулевой отметки на шкале, направления движения стрелок и указателей.

В современных исследованиях отечественных психологов (Косьянчук и др., 2022) особое внимание уделяется поиску эргономических и психологических уязвимостей при взаимодействии человека-оператора с интерфейсами. Применительно к летной деятельности, показана актуальность выявления эргономических уязвимостей прошедших эргономическую экспертизу и испытания СОИ, при решении одновременно двух и более разноцелевых профессиональных задач, в усложненных условиях выполнения полетного задания (Обознов и др., 2020).

Несмотря на опыт проведенных инженерно-психологических работ, определение оптимальных способов кодирования пилотажно-навигационной информации, а также исследование особенностей взаимодействия экипажей вертолетов с электронными средствами отображения информации остаются актуальными и сегодня. Необходимость таких работ определяет отсутствие достаточной нормативной базы, учитывающей многообразие компоновочных решений приборных досок, находящихся в эксплуатации ЛА.

Целью настоящей работы является исследование особенностей взаимодействия летчика вертолета с СОИ, включающей ЭМП и МФИ, а также разработка эргономических требований к индикации пилотажно-навигационной информации для обеспечения эффективного информационного взаимодействия в системе «летчик — СОИ — вертолет».

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу разработки методики были положены принципы (Эргономика в проектировании ..., 2024), предусматривающие:

- априорное профессиографическое описание особенностей деятельности летчика, в части взаимодействия с СОИ, включающей как ЭМП, так и МФИ;

- исследование особенностей информационного взаимодействия летчика с СОИ, по данным анкетного опроса;

- моделирование деятельности: взаимодействие с информационной системой вертолета-лаборатории в ходе выполнения экспериментальных режимов полета (горизонтальный полет, вираж).

Априорный анализ особенностей содержания деятельности летчиков вертолетов осуществлялся по данным руководства по летной эксплуатации (РЛЭ) вертолетов, СОИ которых включала ЭМП и МФИ. Рассматривались особенности информационного взаимодействия летчика с СОИ в усложненных условиях полета, в частности, при отказах приборного оборудования.

В ходе анкетного опроса, летчикам было предложено оценить время потребное для перехода от контроля основных пилотажно-навигационных параметров на МФИ к соответствующим ЭМП (и, наоборот): практически мгновенно; менее 3 сек; более 3 сек. Временной интервал (3 сек) выбран согласно требованиям нормативных документов (ОСТ 1 00345), регламентирующим определение летчиком пространственного положения вертолета и выполняемой им эволюции по индикаторам основных пилотажно-навигационных параметров.

Вместе с тем, летчикам предлагалось оценить в баллах объем пилотажно-навигационной информации, отображаемой на МФИ. Особое внимание в ходе опроса уделялось характеристикам, по которым, как было отмечено ранее, могут быть выявлены различия в оценке особенностей взаимодействия летчика с рассматриваемыми источниками информации: цветовое кодирование индикационных элементов (восприятие цветности), размер индикационных элементов цифр, букв и т.п. (восприятие размерности).

Балльная оценка осуществлялась по таблице эмоциональной оценки (шкала Цуварева (Энциклопедический справочник..., 1997).

Всего в опросе приняли участие 21 летчик, с опытом эксплуатации вертолетов, оснащенных:

- МФИ в качестве основного источника пилотажно-навигационной информации, с резервной группой ЭМП;

- ЭМП в качестве основного источника пилотажно-навигационной информации, с резервным МФИ.

В ходе моделирования деятельности в полетах на вертолетах-лабораториях, летчикам была поставлена задача использования в полете только одного источника пилотажно-навигационной информации (ЭМП или МФИ), при этом необходимо было выполнять полет по маршруту, с выдерживанием заданных значений высоты и скорости.

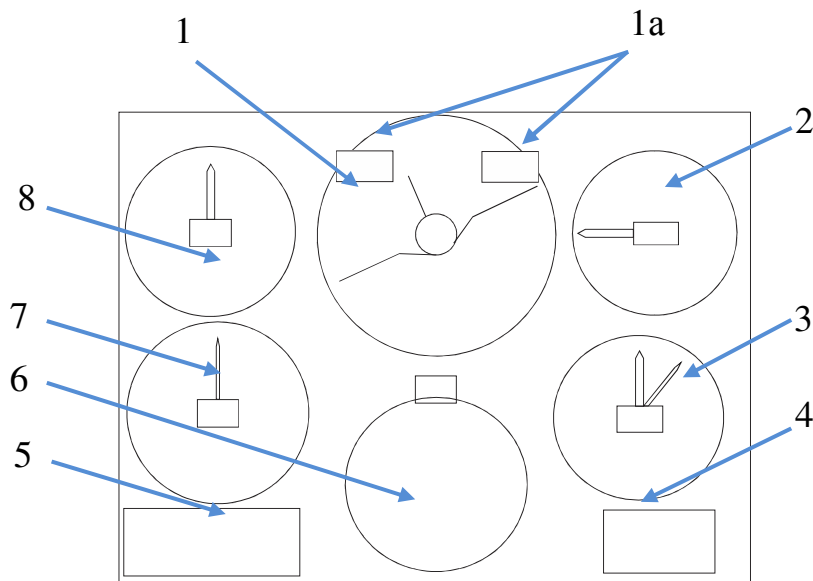
Группа штатных ЭМП включала основные пилотажно-навигационные приборы согласно требованиям ГОСТ 19340: авиагоризонт (указатели крена и тангажа), вариометр (вертикальная скорость), индикатор приборной скорости, баровысотометр, навигационный индикатор.

Информационный кадр на МФИ (размер экрана 6" x 8") был сформирован согласно разработанным ранее рекомендациям (Эргономика в системе проектирования ..., 2015), основными из которых являются:

- состав и взаимное расположение шкал на МФИ должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации (НТД) для группы основных пилотажно-навигационных приборов (ГОСТ 19340, 1992; Нормы летной годности ..., 2022);

- оформление шкал пилотажно-навигационных параметров на МФИ должно быть выполнено с обеспечением максимальной преемственности их индикационных элементов с лицевыми частями соответствующих ЭМП.

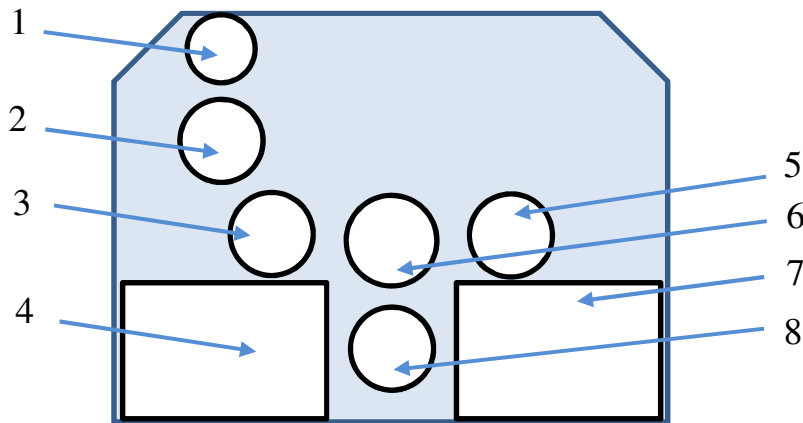
Состав отображаемых пилотажно-навигационных параметров на МФИ вертолета-лаборатории был аналогичен группе ЭМП, однако информационная модель была дополнена счетчиками текущих значений параметров вертикальной скорости, приборной скорости, барометрической и радиовысоты, текущего курса. Взаимное расположение основных пилотажно-навигационных параметров на МФИ показано на рис. 2.



Примечание: 1 — авигоризонт с индикацией подвижного по крену силуэта вертолета, шкалы крена и тангажа, директорных планок; 1a — светосигнальные табло, индицируемые при достижении критических значений по соответствующим параметрам; 2 — указатель вертикальной скорости, со счетчиком текущего значения; 3 — указатель барометрической высоты, со счетчиком текущего значения; 4 — дополнительная информация, вызываемая с помощью кнопочного обрамления МФИ; 5 — таблица навигационных параметров; 6 — навигационно-плановый прибор, со счетчиком текущего значения; 7 — радиовысотомер, со счетчиком текущего значения; 8 — указатель скорости, со счетчиком текущего значения.

Рис. 2. Схема размещения пилотажно-навигационных параметров на МФИ (кадр «Пилотаж») вертолета-лаборатории

На рис. 3 представлена схема взаимного расположения основных пилотажно-навигационных ЭМП, обусловленного особенностями конструкции приборной доски летчика вертолета-лаборатории.



Примечание: 1 – радиовысотомер; 2 – указатель барометрической высоты; 3 – указатель скорости; 4, 7 – МФИ; 5 – указатель вертикальной скорости; 6 – авиагоризонт с индикацией подвижного по крену силуэта вертолета, шкалы крена и тангажа, директорных планок; 8 – навигационно-плановый прибор.

Рис. 3. Схема взаимного расположения пилотажно-навигационных ЭМП на приборной доске летчика вертолета-лаборатории

В качестве усложнения условий деятельности летчикам, в рамках основного полетного задания, устанавливалась дополнительная экспериментальная задача – выполнить виражи с заданным значением по крену. При этом оценивались: выходные характеристики действий – точность пилотирования; вегетативный показатель – частота сердечных сокращений (ЧСС); структура действий – структура управляющих движений.

Данные о точности пилотирования выступали в качестве критерия эффективности выполнения полетного задания. В широком смысле, под эффективностью деятельности принято понимать степень соответствия реально достигнутого в процессе деятельности результата намеченной цели и нормативным требованиям (Военная психология ..., 2023). При этом отмечается, что эффективность труда является интегративным показателем, определяющимся продуктивностью труда и его надежностью. В этой связи, эффективность летной деятельности может быть оценена по показателям точности выдерживания заданных параметров полета, таких как крен и тангаж.

Однако известно, что высокая эффективность деятельности может быть достигнута высокомотивированным специалистом за счет волевых усилий, чрезмерного

напряжения сил, работой на пределе психофизиологических возможностей организма, на грани срыва, который может наступить так внезапно, что его невозможно спрогнозировать, если контролировать только объем, количество и время выполнения операций, количество и характер допускаемых ошибок. Справедливо предположить, что при этом надежность профессиональной деятельности может оказаться довольно низкой, особенно при усложнении условий, в которых выполняется задание (Кукушкин и др., 2008). Поэтому, с целью повышения объективности оценки эффективности деятельности летчика и учета степени нервно-эмоционального напряжения, являющейся косвенным показателем, в ходе выполнения полетного задания, проводилась регистрация ЧСС летчика.

Необходимо отметить, что согласно представлениям об образе полета, регулирующем действия летчика, процесс пилотирования всегда сознательно контролируется летчиком и ему постоянно приходится осознавать не только конечную цель полета, но и сам процесс управления (Пономаренко, Лапа, 2009). При этом деятельность летчика по управлению включает вербально-логический процесс считывания показаний приборов, который завершается интеграцией разрозненных показаний в целостное представление о режиме полета, а также формированием конкретных способов действия, обеспечивающих достижение определенной эволюции ЛА. В связи с этим, для выявления возможного влияния используемых средств отображения информации (ЭМП и МФИ) на формирование и поддержание образа полета, в ходе проведения исследования были зарегистрированы управляющие движения летчика основными органами управления вертолетом (ручка продольно-поперечного управления — РППУ, рычаг общего шага — РОШ, педали), характеризующие структуру управляющих движений летчика в целом.

Всего в исследованиях были задействованы три вертолета-лаборатории. В экспериментальных полетах приняли участие 10 летчиков-испытателей. Представляемые

в работе данные были получены в 25 полетах, в процессе которых выполнено 130 экспериментальных режимов.

АППАРАТУРА ДЛЯ СБОРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Данные об изменении значений крена и тангажа, а также об отклонении основных органов управления вертолетом (РППУ, РОШ, педали) в ходе выполнения экспериментальных полетов фиксировались бортовыми системами регистрации вертолета-лаборатории.

Значения ЧСС фиксировались с помощью портативного электрокардиографа AnnaFlash и, в последующем, обрабатывались с использованием специализированного программного модуля Escreen.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ОПРОСА

Для статистической оценки данных, полученных в результате анкетного опроса использовался критерий Т-Вилкоксона, а также критерий Краскала-Уоллиса.

В связи с размером выборки, различиями испытуемых в части опыта, возраста, количества типов освоенных вертолетов, а также основного полётного задания, погодными условиями и т.д., для оценки качества пилотирования, структуры управляющих движений и ЧСС было принято решение использовать непараметрический метод сравнения двух зависимых выборок, с использованием критерия Т-Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Априорное профессиографическое описание особенностей деятельности летчика, в части взаимодействия с СОИ, включающей ЭМП и МФИ

Для исследования особенностей взаимодействия экипажа с СОИ вертолёт, включающей МФИ в качестве основного средства отображения пилотажно-навигационной информации и резервные ЭМП, были проанализированы ситуации отказа приборного оборудования.

Согласно данным РЛЭ вертолета, при отказе авиагоризонта (информация о крене и тангаже), барометрического высотомера и вариометра на МФИ, экипажу следует контролировать соответствующие резервные ЭМП. Аналогично, при отказе резервных авиагоризонта, барометрического высотомера и вариометра, экипажу следует контролировать данные по кадру «пилотаж» на МФИ.

Таким образом, особенностью информационного взаимодействия экипажа с такими СОИ, является выполнение оперативного перехода сбора данных от одной информационной модели к другой (от контроля пилотажно-навигационной информации на МФИ к контролю соответствующих параметров по резервной группе ЭМП, и наоборот), при возникновении отказной ситуации.

Исследование особенностей информационного взаимодействия летчика с СОИ, по данным анкетного опроса

Результаты анкетного опроса лётчиков вертолётчиков не выявили наличия затруднений при переходе от контроля пилотажно-навигационных параметров по ЭМП к их контролю по МФИ, и наоборот.

При этом, в ходе опроса летчиками было оценено время, потребное для перехода от контроля пилотажно-навигационных параметров по ЭМП к их контролю по кадру «пилотаж» на МФИ (рис. 4):

- переход практически мгновенный, без особенностей – 68,75% летчиков;
- требуется менее 3 секунд для перехода – 31,25% летчиков.

В результате оценки времени, потребного для перехода от контроля пилотажно-навигационных параметров в кадре «пилотаж» на МФИ к их контролю по ЭМП, получены следующие данные (рис. 4):

- переход практически мгновенный, без особенностей – 56,25% летчиков;
- требуется менее 3 секунд для перехода – 43,75% летчиков.



Рис. 4. Результаты экспертной оценки времени перехода от контроля пилотажно-навигационных параметров по ЭМП к МФИ, и наоборот, в %.

Разница в количестве экспертов, осуществляющих практически мгновенно переход от контроля пилотажно-навигационных параметров по кадру «пилотаж» на МФИ к их контролю по ЭМП (56,25%), и наоборот (68,75%), может объясняться наличием дополнительных данных в информационной модели (счетчики), реализованной на МФИ, обеспечивающим сокращение времени сравнения и интерпретации данных.

Объём, представляемых на МФИ пилотажно-навигационных параметров, в целом, получил высокие оценки экспертов: среднее значение составляет 4,4 балла по шкале Цуварева (в соответствии с таблицей эмоциональной оценки: 4,4 балла – «не ясно, бывает лучше или нет»). Однако, интересными представляются результаты экспертных оценок, с учетом времени налета в часах. Учитывая налет в часах, опрошенные летчики были разделены на 3 группы (табл. 1): налет до 250 ч (43,75% экспертов); налёт 251 – 500 ч (31,25% экспертов); налет 501 ч и более (25% экспертов).

Таблица 1

Результаты экспертной оценки летчиками объема пилотажно-навигационной информации (в баллах), предъявляемой на МФИ, в зависимости от количества часов полета

Стаж	Оценка, в баллах	Количество экспертов, в %
Налет до 250 ч	4,3	43,75
Налет 251 – 500 ч	5	31,25
Налет 501 ч и более	5	25
<i>Эмпирическое значение критерия Краскала-Уоллиса</i>	<i>8,766, $p=2, \rho=0,012$</i>	

Летчики с налетом более 250 ч оценили объем пилотажно-навигационной информации на МФИ на 5 баллов («отлично»), летчики с налетом 250 ч и менее – на 4,3 балла («не ясно, бывает лучше или нет»). Таким образом, можно предполагать, что несмотря на, в целом, высокие оценки по критерию объема предъявляемых данных, предпочтения экспертов зависят от опыта полетов на вертолетах, оборудованных МФИ, представляющими пилотажно-навигационные параметры (критерий Краскала-Уоллиса, $N_{\text{эмп}}=8,766, \rho=0,012$). Данное обстоятельство подчеркивает необходимость проведения исследований условий и особенностей взаимодействия экипажей с МФИ, для оптимизации процессов обучения и освоения вертолётной техники.

В ходе анкетного опроса, экспертам предлагалось также оценить восприятие цветности и размерности шкал, оцифровки, индикационных элементов на лицевых частях ЭМП и МФИ, а также места расположения параметров (табл. 2).

Таблица 2

Экспертная оценка восприятия цветности, размерности и расположения ЭМП и пилотажно-навигационных параметров на МФИ, в баллах

Оцениваемый параметр	Оцениваемый элемент	Восприятие цветности		Восприятие размерности		Рациональность расположения	
		ЭМП	МФИ	ЭМП	МФИ	ЭМП	МФИ
Барометрическая высота	Шкала	4,3	4,5	4,7	3,5	4	4,5
	Оцифровка	4,3	4,5	4,7	4		
	Стрелка	4,3	4,5	4,7	3,5		

Приборная скорость	Шкала	4,3	4,5	4,7	3,5	4,8	4,5
	Оцифровка	4,3	4,5	4,7	4		
	Стрелка	4,3	4,5	4,7	4		
Вертикальная скорость	Шкала	4,5	4,5	5	3,5	4,7	4,5
	Оцифровка	4,5	4,5	5	4		
	Стрелка	4,5	4,5	5	4		
Радиовысотомер	Шкала	4,3	4,5	3,3	3,5	4,2	4
	Оцифровка	4,3	4,5	3,7	4		
	Стрелка	4,3	4,5	3,7	4		
Курс	Шкала	4,3	4,5	4,3	3,5	3	4,5
	Оцифровка	4,3	4,5	4,3	4		
	Стрелка	4,3	4,25	4,3	3,5		
Авиагоризонт	Шкала	4,3	4,5	4,3	4	4,5	5
	Оцифровка	4,3	4,5	4,3	4		
	Стрелка	4,3	4,5	4,3	4,5		
<i>Эмпирическое значение критерия Т-Вилкоксона:</i>		<i>0,5, $\rho < 0,01$</i>		<i>13, $\rho < 0,01$</i>		<i>45, $\rho < 0,1$</i>	

Обработка данных по критерию Т-Вилкоксона показала, что балльные оценки восприятия цветности параметров, предъявляемых на МФИ, статистически достоверно выше оценок восприятия цветности данных на лицевых частях ЭМП. Так же подтвердилось предположение, что балльные оценки восприятия размерности индикационных элементов (шкала, оцифровка, стрелка) лицевых частей ЭМП статистически достоверно выше оценок восприятия размерности индикационных элементов, предъявляемых на МФИ.

В ходе оценки рациональности расположения, пилотажно-навигационные параметры на МФИ получили более высокие оценки по сравнению с ЭМП. Данное обстоятельство вызвано тем, что из-за особенностей конструкции приборной доски, электромеханический индикатор барометрической высоты был размещен в левой верхней ее части, что не соответствует требованиям НТД. Наименьшие оценки были присвоены экспертами электромеханическому навигационно-плановому прибору. Летчиками было отмечено, что данный прибор был расположен в нижней центральной части приборной

доски и частично перекрывался оголовком РППУ при ее максимальном отклонении вперед, в направлении полета.

Таким образом, несмотря на то что размеры экранов МФИ, установленных в кабине вертолета, не обеспечивают возможность отображение шкал пилотажно-навигационных параметров соответствующих ЭМП по величине диаметра, широкие возможности по применению цветового кодирования и отображению информации способствуют улучшению условий восприятия информации и обеспечивают выполнение требований НТД в части взаимного расположения шкал.

Результаты экспериментов в полетах на вертолете-лаборатории

В табл. 3 приведены результаты оценки качества пилотирования по значениям среднеквадратических отклонений параметров полета (крена и тангажа) от среднего значения в ходе выполнения ГП и виражей на вертолете-лаборатории.

Таблица 3

Значения среднеквадратических отклонений параметра полета от среднего значения в ходе выполнения полета на вертолете-лаборатории

Режим полета	Контролируемый параметр	ЭМП	МФИ
ГП	Крен	0,86	0,9
	Тангаж	0,96	0,78
Вираж	Крен	8,25	8,21
	Тангаж	2,14	1,74

Значения среднеквадратических отклонений параметров полета от среднего значения в ходе выполнения полетов с использованием группы ЭМП и МФИ на режимах ГП и вираже аналогичны. При этом не было выявлено статистически достоверных различий (по критерию Т-Вилкоксона) между значениями среднеквадратических отклонений параметров полета по крену и тангажу при выполнении горизонтального полета ($T_{\text{эмп}}=8$, $\rho>0,1$ и $T_{\text{эмп}}=5$, $\rho>0,1$, соответственно) и виражей ($T_{\text{эмп}}=11$, $\rho>0,1$ и $T_{\text{эмп}}=8$, $\rho>0,1$, соответственно), с использованием ЭМП и МФИ.

В табл. 4 представлены данные ЧСС (прирост к фоновому значению, %) у летчиков при выполнении полетов с использованием информации от ЭМП и на МФИ.

Таблица 4

Значения ЧСС (прирост к фоновому значению, %) у летчиков при выполнении полетов с использованием информации от ЭМП и на МФИ

Режим полёта	ГП		Виращ	
	ЭМП	МФИ	ЭМП	МФИ
Используемый источник информации				
ЧСС, прирост к фоновому значению, %	17,7	19,9	30	30,7

Полученные данные ЧСС (прирост к фоновому значению, %) при выполнении горизонтального полета соответствуют труду средней напряженности (Пыжикова, 2007).

При выполнении виражей, уровень ЧСС у летчиков увеличивается адекватно сложности выполняемого полетного задания и соответствует труду высокой напряженности. Статистически достоверных различий (по критерию Т-Вилкоксона) между значениями ЧСС при выполнении ГП ($T_{эмп}=15, p>0,1$) и виражей ($T_{эмп}=31, p>0,1$) с использованием информации от ЭМП и на МФИ не выявлено.

Таким образом, полученные в ходе исследования данные показали, что уровни эффективности выполнения экспериментального задания (ГП, виращ) летчиками как по ЭМП, так и по МФИ аналогичны, при значениях ЧСС, соответствующих сложности задания.

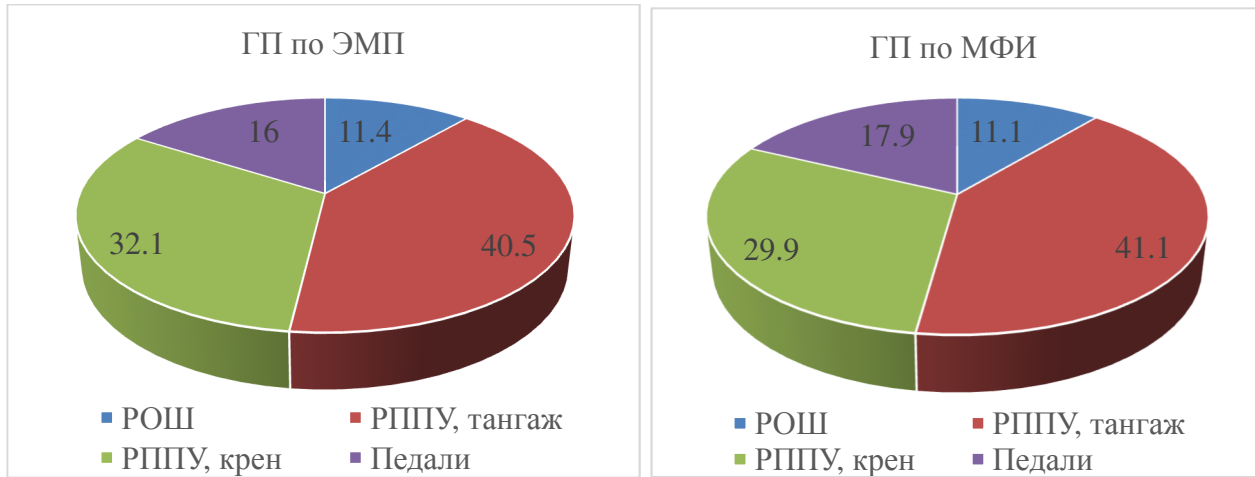
В табл. 5 и на рис. 5 представлены данные о структуре управляющих движений по каналам управления (в % от общего количества) при выполнении экспериментального задания по ЭМП и МФИ.

Таблица 5

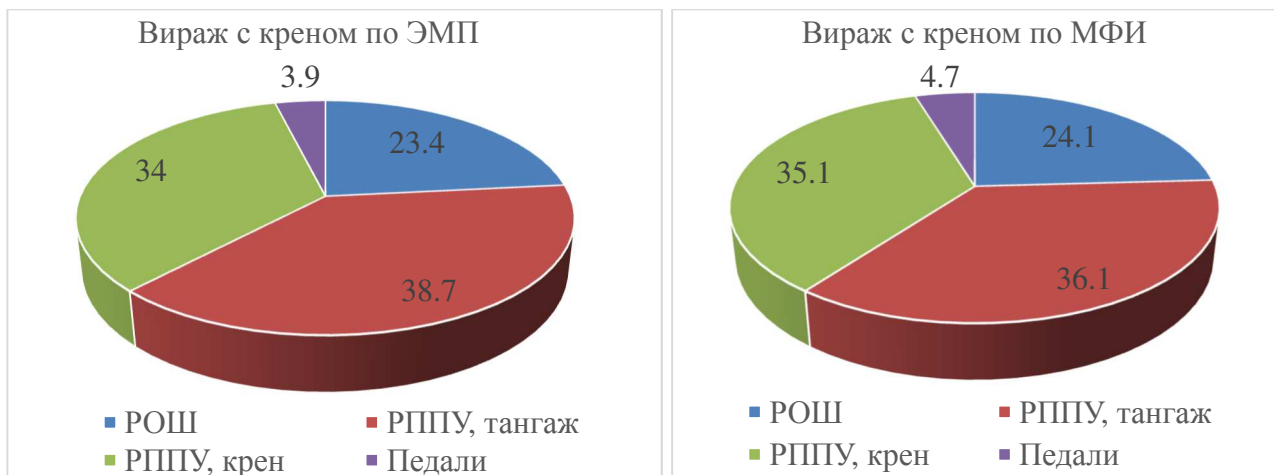
Структура управляющих движений по каналам управления (в % от общего количества) при выполнении экспериментального задания по ЭМП и МФИ

Режим полета	Используемый летчиком источник информации	Структура управляющих движение по каналам управления, в % от общего количества			
		РОШ	РППУ по каналу тангажа	РППУ по каналу крена	Педали
ГП	ЭМП	11,4	40,5	32,1	16

	МФИ	11,1	41,1	29,9	17,9
Выраж	ЭМП	23,4	38,7	34	3,9
	МФИ	24,1	36,1	35,1	4,7



2а) ГП



2б) Выраж

Рис. 5. Структура управляющих движений основными ОУ вертолетом (в % от общего количества), при выполнении полетного задания по ЭМП и МФИ

Наибольшие доли управляющих воздействий при выполнении ГП по маршруту при пилотировании по ЭМП и МФИ осуществляется летчиками по каналам крена (32,1% и 29,9%, соответственно) и тангажа (40,5% и 41,1%, соответственно). На долю управляющих движений по каналу управления педалями приходится 16% и 17,9%, при пилотировании по ЭМП и МФИ, соответственно. По каналу РОШ летчики совершают

11,4% и 11,1% управляющих воздействий, при пилотировании по ЭМП и МФИ, соответственно.

При выполнении виража по ЭМП летчик выполняет 34% и 38,7% управляющих движений по каналу крена и тангажа, соответственно; по МФИ – 35,1% и 36,1% управляющих движений по каналу крена и тангажа, соответственно. Доля управляющих движений по каналу РОШ увеличилась до 23,4% и 24,1%, при пилотировании по ЭМП и МФИ, соответственно. По каналу управления педалями количество управляющих движений летчика уменьшилось до 3,9% и 4,7% при пилотировании по ЭМП и МФИ, соответственно. Изменения в структуре управляющих движений летчика при выполнении виража по сравнению с ГП соответствуют особенностям выполнения данных режимов.

При этом статистически достоверных различий (по критерию Т-Вилкоксона) в структуре управляющих движений по каналам РОШ, РППУ по каналам тангажа и крена, педалей на режимах ГП ($T_{\text{ЭМП}}=32,5$, $\rho>0,1$; $T_{\text{ЭМП}}=35$, $\rho>0,1$; $T_{\text{ЭМП}}=34$ и $T_{\text{ЭМП}}=28$, $\rho>0,1$, соответственно) и установившихся виражах ($T_{\text{ЭМП}}=16$, $\rho>0,1$; $T_{\text{ЭМП}}=13$, $\rho>0,1$; $T_{\text{ЭМП}}=16$ и $T_{\text{ЭМП}}=13$, $\rho>0,1$, соответственно) при выполнении задания по ЭМП и МФИ не выявлено, что может свидетельствовать о том, что при использовании пилотажно-навигационной информации на МФИ обеспечиваются условия формирования и поддержания образа полета, аналогичные условиям использования ЭМП.

В целом, проведенная серия исследований позволила получить данные, характеризующие профессиональную деятельность летчиков вертолетов и эффективность пилотирования по традиционным электромеханическим приборам и перспективной электронной индикации пилотажно-навигационных параметров, представляемых на многофункциональных жидкокристаллических индикаторах.

Результаты исследований легли в основу разработки предложений к формированию СОИ вертолетов, включающих комплект электромеханических приборов и многофункциональных индикаторов.

ВЫВОДЫ

1. Исследование особенностей деятельности летчиков современных вертолетов, в состав СОИ которых входят как МФИ, так и ЭМП, по данным РЛЭ, показало, что при возникновении отказной ситуации летчику необходимо оперативно перейти от контроля пилотажно-навигационной информации по МФИ к контролю соответствующих параметров по резервной группе ЭМП, и наоборот. Данное обстоятельство подчеркивает необходимость обеспечения быстрого перехода ведения пространственной ориентировки от одного типа средств отображения информации к другому. Это может быть достигнуто при обеспечении идентичности способов кодирования пилотажно-навигационных параметров, преимущественности взаимного расположения шкал и сохранения их основных элементов — цены деления, местоположения нулевой отметки на шкале, направления движения стрелок и указателей.

2. Результаты экспертной оценки показали, что количество летчиков, осуществляющих практически мгновенный переход от контроля пилотажно-навигационных параметров по кадру «пилотаж» на дисплее МФИ к их контролю по ЭМП (56,25%) меньше, чем при переходе контроля от ЭМП к МФИ (68,75%). Данное обстоятельство может быть вызвано наличием дополнительных данных (счетчики текущих значений параметров полета) в информационной модели, реализованной на МФИ, обеспечивающих сокращение времени сравнения и интерпретации данных.

3. Стаж налета (в часах) с использованием МФИ закономерно влияет на субъективную оценку экспертами объема пилотажно-навигационной информации на МФИ.

4. Установлено, что, при условии формирования информационного пилотажно-навигационного кадра на дисплее МФИ в соответствии с требованиями эргономики, уровни эффективности выполнения полетного задания (ГП, вираж) летчиками как по

ЭМП, так и по МФИ аналогичны, при соответствующих сложности задания значениях ЧСС.

При этом анализ материалов исследования не выявил различий в структуре управляющих движений летчика на режимах ГП и вираж, при выполнении полетного задания по ЭМП и МФИ, что может свидетельствовать о том, что при использовании пилотажно-навигационной информации, отображаемой на дисплее МФИ, обеспечиваются условия формирования и поддержания образа полета, аналогичные условиям использования ЭМП.

5. Данные, полученные в ходе выполнения работы, подтверждают необходимость проведения дальнейших исследований условий и особенностей взаимодействия экипажей с МФИ для оптимизации процессов обучения и освоения вертолётной техники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование особенностей деятельности летчиков вертолетов, в состав СОИ которых входят как МФИ, так и ЭМП показало, что при возникновении отказной ситуации летчику обеспечивается оперативный переход от контроля пилотажно-навигационной информации, представляемой на МФИ, к контролю соответствующих параметров, представляемых на ЭМП, и наоборот. Подтвержденная экспериментально, достигнутая оперативность таких переходов обеспечена идентичностью способов кодирования пилотажно-навигационных параметров, преемственностью взаимного расположения шкал и сохранением их масштаба, цены деления, местоположения нулевой отметки на шкале, направления движения стрелок, указателей других индикационных элементов. Материалы исследований свидетельствуют о формировании и поддержания у летчиков психического образа полета при использовании индикации на МФИ, аналогичного образу, формируемому при использовании ЭМП.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 19340-91 Доски приборные кабин вертолетов. Требования к компоновке и установке приборных досок летчиков [Текст]. – Введ. 01.07.1992. М.: Издательство стандартов, 1991.
- Нормы летной годности винтокрылых аппаратов транспортной категории НЛГ 29, Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация. 2022. URL: <https://favt.gov.ru/public/materials/1/4/3/8/4/143846ab7c12623880831ef761d1a25b.pdf?ysclid=mljuqi7ex4142428365>. Дата обращения: 27.10.2025.
- ОСТ 1 00345-87 Система отображения информации в кабине экипажа. Общие эргономические требования [Текст]. – Введ. 01.01.1989.
- Военная психология. Военно-психологический словарь-справочник / под ред. С.Л. Кандыбовича, Т.В. Разиной. 2-е изд., перераб. и доп. Минск: Харвест, 2023.
- Ерусалимский М.А., Ерусалимский И.М.* «Ситуационное понимание» как фактор авиационных происшествий // "Авиасоюз", 2012. №4 (42).С. 62-64.
- Ка-62 Средний многоцелевой вертолет. Официальный сайт АО «Вертолёты России». URL: <https://rhc.ru/catalog/ka-62>. (Дата обращения 09.04.2025).
- Косьянчук В.В., Бессонова Ю.В., Обознов А.А., Занковский А.Н., Грешников И.И., Махортов И.А.* Метод поиска эргономических и психологических уязвимостей в операторской деятельности // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2022. Т. 7. № 4. С. 227-265. DOI: 10.38098/igran.orwr_2022_25_4_010
- Кукушкин Ю.А., Козловский Э.А., Пономаренко А.В., Гузий А.Г.* Автоматизация объективного оценивания резервов внимания летчика в процессе подготовки на авиационном тренажере // Проблемы безопасности полетов. 2008. № 2. С. 37-48.
- Обознов А.А., Занковский А.Н., Бессонова Ю.В.* Понятие эргономической уязвимости человеко-машинных интерфейсов // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2020. Т. 5. № 2. С. 112-126. DOI: 10.38098/igran.orwr.2020.15.2.006
- Пономаренко В.А., Лапа В.В.* Инженерно-психологическая оптимизация средств отображения информации летательных аппаратов: эволюция методологии, некоторые итоги и перспективы исследований // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Выпуск 1 / Под ред. В.А. Бодрова и А.Л. Журавлева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. С. 385-402.

- Пыжикова Ж.В.* Профессиональная работоспособность: средства и методы сохранения: учебное пособие. Самара: Изд-во «Универс групп», 2007.
- Энциклопедический справочник по авиационной эргономике и экологии / Под ред. Г.П. Ступакова, В.Г. Сыроватко, О.Т. Балуева. М.: Издательство ИП РАН, 1997. С. 428.
- Эргономика в проектировании человеко-машинных систем: учебное пособие / М.В. Найченко; под ред. А.В. Зацепилина. М.: ИД Академии Жуковского, 2023.
- Эргономика в системе проектирования и испытаний вертолетов и тренажеров «Ми»: Сборник научных работ, посвященный 15-летию организации подразделения эргономики в ОАО «МВЗ им. М.Л. Миля». Том 1 / Под ред. Д.м.н., лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники А.В. Чунтула. М.: Когито-Центр, 2015.
- Arizpe J.M., McAnally R.E., Hart M.V., Kuyk T.K., Smith P.A., and Goettl B.P.* Flash Blindness Recovery for Pilots in the Modern Cockpit // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 2023. V. 67(1). P. 902-907. DOI: 10.1177/21695067231192650
- Brzeska K., Urzędowski M., Kozuba J.* Classic analog pilot instruments and “Glass Cockpit” in the context of pilot’s preferences and confidence in their use during flight // Aviation and Security Issues. 2024. V. 5. №. 1. P. 15-27. DOI: 10.55676/asi.v5i1.57.
- Socha V., Socha L., Hanakova L., Valenta V., Kusmirek S., Lalis A.* Pilots’ Performance and Workload Assessment: Transition from Analogue to Glass-Cockpit // Applied Sciences. 2020. V. 10. № 15. 5211. DOI: 10.3390/app10155211
- Tang H., Lee B. G., Towey D., Pike M.* The Impact of Various Cockpit Display Interfaces on Novice Pilots’ Mental Workload and Situational Awareness: A Comparative Study // Sensors. 2024. V. 24. № 9. 2835. DOI: 10.3390/s24092835.

Статья поступила в редакцию: 05.11.2025. Статья опубликована: 28.03.2026.

THE STUDY OF THE HELICOPTER PILOT INTERACTION FEATURES WITH THE MEANS OF DISPLAYING FLIGHT NAVIGATION INFORMATION

© 2026 A.N. Yatsenko*, V.A. Ryabinin**, A.V. Chuntul***

** Head of the Group, Department of Ergonomics and technical means of training aviation personnel, JSC "National Helicopter Engineering Center named after M.L. Mil and N.I. Kamov", village. Tomilino, Lyubertsy island, Moscow region;
e-mail: nastya.yatsenko@gmail.com*

*** Chief Designer for Ergonomics and technical means of training aviation personnel, JSC "National Helicopter Engineering Center named after M.L. Mil and N.I. Kamov", village. Tomilino, Lyubertsy island, Moscow region;
e-mail: v.ryabinin@nhcmk.ru*

**** General Director, Russian Ergonomics and Intelligent Systems Corporation LLC, Moscow;
e-mail: creiscorp@yandex.ru*

The relevance of these studies is determined by the lack of a sufficient regulatory framework that takes into account the conditions for the joint use of traditional electromechanical devices and multifunctional indicators by a pilot in one information field. The purpose of this work is to study the features of interaction in the "pilot – information display system – helicopter" system, as well as to develop ergonomic proposals for the presentation of flight navigation information on the electronic indicator display. Taking into account the occupational features of the pilot's activity, in terms of interaction with the information display system, which includes both electromechanical devices and multifunctional indicators, it was assumed that effective pilot activity could be achieved by ensuring the identity of the encoding methods of flight navigation parameters, the continuity of the relative position of the scales and the preservation of their scale, as well as the division price, the location of the zero mark on the scale, the directions of the arrows and pointers. During laboratory helicopter flights, the pilots were tasked with using only one source of flight navigation information in flight: electromechanical devices or a multifunctional indicator. The composition of the electromechanical flight navigation indicators corresponded to the requirements of the regulatory documentation. The composition of flight and navigation parameters on the multifunctional indicator was similar to the group of electromechanical devices, however, the information model was supplemented with counters of the current values of vertical velocity parameters, air-speed, barometric altitude, and current course. As a complication of the operating conditions, pilots in flight missions were instructed to

perform turns while maintaining the set roll values. The criterion apparatus for evaluating the quality of piloting included: output characteristics of actions for the accuracy of maintaining set parameters; a vegetative indicator for heart rate; the structure of control movements based on the characteristics of movements of the main controls of helicopter. Three laboratory helicopters with the participation of 10 test pilots were involved in the experimental research. A total of 25 flights were carried out according to the program. The results of the work performed made it possible to identify the specifics of the pilot's interaction with the information display system, which includes multifunctional indicators and electromechanical devices, and also showed the possibility of effective performance of the pilot's activities when piloting according to flight navigation parameters displayed on the electronic indicator display, while complying with the requirements and recommendations regarding ergonomics to the characteristics of the displayed information.

Keywords: multifunctional indicator, electromechanical device, information display system, information model, pilot, helicopter

REFERENCES

- GOST 19340-91 Doski Priborny`e Kabin Vertolyotov. Trebovaniya k Komponovke i Ustanovke Priborny`x Dosok Lyotchikov [State Standard 19340-91 Helicopter Cabin Display Panels. Requirements for Pilot's Panels Arranging and Mounting].* (1991). Moscow: Standards Publ. (in Russian).
- Normy` letnoj godnosti vintokry`ly`x apparatov transportnoj kategorii NLG 29 (2022) [Standards of airworthiness of rotorcraft of the NLG transport category 29 (2022)]. Federal`noe agenstvo vozdušnogo transporta Rosaviaciya [Federal Air Transport Agency Rosaviation]. URL: <https://favt.gov.ru/public/materials/1/4/3/8/4/143846ab7c12623880831ef761d1a25b.pdf?ysclid=mljuqi7ex4142428365>. (in Russian).
- OST 1 00345-87 Sistema Otobrazheniya Informacii v Kabine E`kipazha. Obshhie E`rgonomicheskie Trebovaniya [Industry Standard 1 00345-87 Information display system in the cockpit. General ergonomic requirements].* (1989). (in Russian).
- Kandybovich, S.L. & Razina, T.V. (Eds.). (2023). *Voennaya Psixologiya. Voennopsixologicheskij Slovar`-spravochnik [Military Psychology. Military Psychological Dictionary].* Minsk: Harvest. (in Russian).
- Erusalimskij, M.A. & Erusalimskij, I.M. (2012). "Situacionnoe ponimanie" kak faktor aviacionnykh proisshestvij. [Situational awareness as a factor of aviation accidents]. *AviaSoyuz [Aviation Union].* 4 (42). 62-64 (in Russian).

- Ka-62 Srednij mnogocелеvoj vertolet. (2022). Oficial'ny'j sajt AO «Vertolyoty` Rossii» [The Ka-62 is a medium multi-purpose helicopter. The official website of Russian Helicopters JSC]. URL: <https://rhc.ru/catalog/ka-62>. (in Russian).
- Kosyanchuk, V.V., Bessonova, Y.V., Oboznov, A.A., Zankovskiy, A.N., Greshnikov, I.I., & Makhortov, I.A. (2022). Metod poiska jergonomicheskikh i psihologicheskikh ujazvimostej v operatorskoj dejatel'nosti [Method for finding ergonomic and psychological vulnerabilities in humaninterface interaction]. *Institut Psikhologii Rossiyskoy Akademii Nauk. Organizatsionnaya Psikhologiya i Psikhologiya Truda [Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational Psychology and Psychology of Labor]*, 7 (4), 227-265. (in Russian). DOI: 10.38098/ipran.opwp_2022_25_4_010
- Kukushkin, Yu.A., Kozlovskij, E`.A., Ponomarenko, A.V., & Guzij, A.G. (2008). Avtomatizaciya ob`ektivnogo ocenivaniya rezervov vnimaniya letchika v processe podgotovki na aviacionnom trenazhere [Automation of objective assessment of pilot's attention reserves during training on an aviation simulator]. *Problemy` Bezopasnosti Poletov [Problems of Flight Safety]*, 2, 37-48. (in Russian).
- Oboznov, A.A., Zankovsky, A.N., Bessonova, Yu.V. (2020). Ponjatie ergonomicheskoj ujazvimosti cheloveko-mashinnyh interfejsov [The concept of ergonomic vulnerability of human - machine interfaces]. *Institut Psikhologii Rossiyskoy Akademii Nauk. Organizatsionnaya Psikhologiya i Psikhologiya Truda [Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational Psychology and Psychology of Labor]*, 5 (2), 112-126. (in Russian). DOI: 10.38098/ipran.opwp.2020.15.2.006
- Ponomarenko, V.A., & Lapa, V.V. (2009). Inzhenerno-psixologicheskaya optimizaciya sredstv otobrazheniya informacii letatel`ny`x apparatov: e`voljuciya metodologii, nekotory`e itogi i perspektivy` issledovanij [Engineering and Psychological Optimization of Aircraft Information Display Media: Evolution of Methodology, Some Results and Research Prospects]. In: V.A. Bodrov and A.L. Zhuravlev (Eds.) *Aktual'ny`e Problemy` Psixologii Truda, Inzhenernoj Psixologii i E`rgonomiki. Vy`pusk 1 [Actual Problems of Labor Psychology, Engineering Psychology and Ergonomics. Issue 1]*. (pp.385-402). Moscow: Publishing House of the Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. (in Russian).
- Py`zhikova, Zh.V. (2007). *Professional`naya Rabotosposobnost` : Sredstva i Metody` Soxraneniya : Uchebnoe Posobie [Professional working capacity: means and methods of preservation : a textbook]*. Samara: Publishing house of the Universe Group. (in Russian).
- Stupakov, G.P., Sy`rovatko, V.G., & Baluev, O.T. (Eds.). (1997). *E`nciklopedicheskij Spravochnik po Aviacionnoj E`rgonomike i E`kologii [Encyclopedia of Aviation Ergonomics and Ecology]*. Moscow: Izdatel`stvo IP RAN. (in Russian).

- Naychenko, M.V. (2023). *E`rgonomika v Proektirovanii Cheloveko-mashinny`x Sistem: Uchebnoe Posobie [Ergonomics in the Design of Human-machine Systems: a Textbook]*. A.V. Zatsepilin (Ed.). Moscow: Zhukovsky Academy Publ. (in Russian).
- Chuntul, A.V. (Ed.). (2015). *E`rgonomika v Sisteme Proektirovaniya i Ispy`taniy Vertolyotov i Trenazhyorov «Mi»: Sbornik Nauchny`x Rabot, Posvyashhenny`j 15-letiyu Organizacii Podrazdeleniya E`rgonomiki v OAO «MVZ im. M.L. Milya»*. Tom 1. [Ergonomics in the Design and Testing System of Helicopters and Mi Simulators: A Collection of Scientific Papers Dedicated to the 15th Anniversary of the Organization of the Ergonomics Department at the MVZ Named after M.L. Mil. Volume 1]. Moscow: Kogito-Center. (in Russian).
- Arizpe, J.M., McAnally, R.E., Hart, M.V., Kuyk, T.K., Smith, P.A., & Goettl, B.P. (2023). Flash Blindness Recovery for Pilots in the Modern Cockpit. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 67(1), 902-907. DOI: 10.1177/21695067231192650
- Brzeska, K., Urzędowski, M., & Kozuba, J. (2024). Classic analog pilot instruments and “Glass Cockpit” in the context of pilot’s preferences and confidence in their use during flight. *Aviation and Security Issues*, 5(1), 15-27. DOI: 10.55676/asi.v5i1.57
- Socha, V., Socha, L., Hanakova, L., Valenta, V., Kusmirek, S., & Lalis, A. (2020). Pilots’ Performance and Workload Assessment: Transition from Analogue to Glass-Cockpit. *Applied Sciences*, 10(15), 5211. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10155211>
- Tang, H., Lee, B.G., Towey, D., & Pike, M. (2024). The Impact of Various Cockpit Display Interfaces on Novice Pilots’ Mental Workload and Situational Awareness: A Comparative Study. *Sensors*, 24(9), 2835. DOI: 10.3390/s24092835

The article was received: 05.11.2025 Published online: 28.03.2026.

Библиографическая ссылка на статью:

Яценко А.Н., Рябинин В.А., Чунтул А.В. Исследование особенностей взаимодействия летчика вертолета со средствами отображения пилотажно-навигационной информации // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда, 2026. Т. 11. № 1. С. 129–157. DOI: 10.38098/ipran.opwp_2026_38_1_007

Yatsenko, A.N., Ryabinin V.A., Chuntul, A.V. (2026). Issledovanie osobennostej vzaimodejstviya letchika vertoleta so sredstvami otobrazheniya pilotazhno-navigacionnoj informacii [The study of the helicopter pilot interaction features with the means of displaying flight navigation information]. Institut Psikhologii Rossiyskoy Akademii Nauk. Organizatsionnaya Psikhologiya i Psikhologiya truda [Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational Psychology and Psychology of Labor]. 11(1). 129–157. DOI: 10.38098/ipran.opwp_2026_38_1_007

Адрес статьи: <http://work-org-psychology.ru/engine/documents/document1217.pdf>