



ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СУБПАНЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЛАЙНЕРА AIRBUS A320

*Алефиренко Виктор Михайлович,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

E-mail: alefirenko@bsuir.by

*Маханьков Даниил Дмитриевич,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

E-mail: daniilmahankov123@gmail.com

*Рудько Виктория Николаевна,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

E-mail: victoria.rudzko@gmail.com

Аннотация. В работе проведен анализ размеров субпанелей и их компонентов центральной панели управления авиалайнера Airbus A320 на соответствие требованиям инженерной психологии. Выявлено, что некоторые параметры не соответствуют данным требованиям.

Ключевые слова: инженерная психология, человек-оператор, панель управления, информационное взаимодействие, пространственные характеристики.

Статистика эксплуатации современной авиации включает множество случаев катастроф в виде падений воздушных судов, приводящих к гибели пассажиров и членов экипажа. При этом современные самолеты проектируются и создаются по самым современным технологиям, что, тем не менее, не исключает причин, из-за которых могут случаться такие аварии. Одной из причин крушений является недоработка интерфейсов приборных панелей, вызванная не полным учетом требований инженерной психологии при проектировании сложных технических систем.

Сфера воздушных перевозок уделяет особое внимание к требованиям безопасности полетов, в процессе которых самым главным компонентом

SCIENCE TIME

является взаимосвязь человека и технической системы. И основной системой, с помощью которой происходит информирование о состоянии самолета и его управление, является приборная панель, находящаяся в кабине пилотов. Поэтому степень информированности о работоспособности всех узлов воздушного судна и, как следствие, частота совершения неверных действий капитаном в первую очередь зависят от того, насколько эргономично и интуитивно понятно организована панель.

Приборные панели самолетов представляют собой многокомпонентные комплексы взаимосвязанных узлов, или субпанелей, каждая из которых отвечает за мониторинг параметров и управление отдельными бортовыми системами. Необходимость их размещения в достаточно малом пространстве кабины приводит к миниатюризации габаритов компонентов, что обусловлено большим количеством данных субпанелей. Следствием этого является уменьшение скорости реакции даже опытного пилота на возникающие аварийные ситуации и увеличение ошибок при считывании показаний. В связи с этим обеспечение соответствия приборных панелей требованиям инженерной психологии и эргономики является необходимым условием для безопасной эксплуатации самолета. С этой целью был проведен анализ пространственных характеристик субпанелей аудиосвязи, управления ECAM (электронный централизованный бортовой монитор), MCDU (многофункциональный пульт управления и индикации) и их компонентов авиалайнера Airbus A320, внешний вид которых показан на рисунках 1, 2 и 3 соответственно.



Рис. 1 Внешний вид субпанели аудиосвязи



Рис. 2 Внешний вид субпанели управления ECAM



Рис. 3 Внешний вид субпанели MCDU

Субпанель аудиосвязи используется для выбора режима передачи и приема всех радиоканалов связи и навигационных аудиоканалов, внутренней связи, системы вызова и системы оповещения пассажиров [1].

Субпанель управления ЕСАМ расположена на центральной консоли кабины пилотов А320, непосредственно под дисплеями ЕСАМ. Она позволяет пилотам управлять отображаемыми страницами системы, обрабатывать оповещения и взаимодействовать с самой системой ЕСАМ [2].

Блок МСДУ является основным интерфейсом для связи экипажа с бортовым компьютером управления полетом (FMGC). В самолете Airbus А320 установлено два блока МСДУ. Типичное применение – определение и выбор плана полета для боковой и вертикальной навигации на различных этапах полета [3].

Вышеописанные интерфейсы размещены на центральной панели («пьедестале»), находящейся между пилотами и объединяющей в себе основные зоны управления двигателями, механизацией крыльев и системами связи.

Методика анализа предполагает сравнение фактических геометрических параметров субпанелей и их компонентов с предельно допустимыми значениями, установленными требованиями инженерной психологией. Это дает возможность оценить способность пилота к безошибочному и оперативному считыванию информации с индикаторов и текстовых элементов при заданном расстоянии наблюдения.

Расчеты проводились по методике, изложенной в [4, 5].

Размеры, а также площадь панели управления (ПУ) определяются не только конструкторскими требованиями, но и требованиями инженерной психологии.

Максимально допустимый размер ПУ определяется исходя из горизонтального и вертикального угловых размеров зоны периферического зрения оператора и заданного расстояния до ПУ.

Максимальная длина, высота и площадь ПУ равны:

$$L_{\text{п.у.маx}} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\Gamma}}{2}, \quad (1)$$

$$H_{\text{п.у.маx}} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{в}}}{2}, \quad (2)$$

$$S_{\text{п.у.маx}} = L_{\text{п.у.маx}} \cdot H_{\text{п.у.маx}}, \quad (3)$$

где l – расстояние до ПУ;

α_{Γ} – горизонтальный угол периферического зрения;

$\alpha_{\text{в}}$ – вертикальный угол периферического зрения.

Для зоны периферического зрения оператора принимают $\alpha_{\Gamma} = 90^{\circ}$, $\alpha_{\text{в}} = 75^{\circ}$, если нет ограничений по условиям работы оператора.

Расстояние до ПУ определяется зонами досягаемости рук оператора или реальным рабочим расстоянием, с которого ведется управление прибором или считывание информации.

Минимально допустимые размеры ПУ определяются исходя из объема оперативной памяти и оперативного (центрального) поля зрения оператора. В соответствии с требованиями инженерной психологии в поле зрения оператора, ограниченном углом оперативного поля зрения $\alpha_{П.З.}$, должно попадать 6 ± 2 компонента ПУ.

Площадь оперативного поля зрения может быть определена по формуле:

$$S_{П.З.} = h \cdot h = \left(2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{П.З.}}{2} \right)^2, \quad (4)$$

где h и $\alpha_{П.З.}$ – линейный и угловой размеры оперативного поля зрения.

Минимальная площадь ПУ, удовлетворяющая требованиям инженерной психологии, равна:

$$S_{П.У.min} = \frac{N}{N_{П.З.}} \cdot S_{П.З.}, \quad (5)$$

где N – количество компонентов, расположенных на ПУ;

$N_{П.З.}$ – объем оперативной памяти оператора.

Величина угла оперативного (центрального) поля зрения принимается равной $\alpha_{П.З.} = 4^\circ - 10^\circ$.

Для наилучшего восприятия информации фактическая площадь ПУ $S_{П.У.ф.}$ должна лежать в пределах:

$$S_{П.У.min} \leq S_{П.У.ф.} \leq S_{П.У.max}. \quad (6)$$

Размеры компонентов ПУ, высота надписей, символов, знаков на ПУ и на компонентах (органах управления и индикации) должны быть такими, чтобы с заданного до ПУ расстояния оператор мог надежно их распознавать и безошибочно считывать информацию с индикаторов и надписей.

Минимально допустимая высота знака может быть определена согласно выражению:

$$H_{3min} = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}, \quad (7)$$

где α_3 – допустимый (минимальный) угловой размер знака.

Для простых знаков $\alpha_3 = 15'$, для сложных знаков $\alpha_3 = 30' - 40'$.

Минимально допустимая ширина знака определяется по формуле:

$$B_{3min} = F \cdot H_{3min}, \quad (8)$$

где F – формат знака.

Достоверность результатов анализа во многом определяется точностью исходных данных.

Расстояние до субпанелей будет изменяться в зависимости от типа работ. При считывании информации оно составит 0,8 м, а при вводе и управлении будет равным 0,5 м. Поэтому в расчетах используем оба значения с целью убедиться в возможности восприятия пилотом информации во всех его рабочих положениях.

Поскольку условия работы не предполагают каких-либо ограничений, то принимаем угол периферического зрения оператора по горизонтали $\alpha_r = 90^\circ$ и вертикали $\alpha_v = 75^\circ$.

Величину угла оперативного поля зрения принимаем равной $\alpha_{П.З.} = 5^\circ$, а количество компонентов, которые должны попадать в это поле, равным четырем. Выбор минимальных значений из допустимых обусловлен весьма ответственной и сложной работой пилота, где значимым аспектом является фокусирование внимания на определенных элементах панели.

При расчете параметров будем считать надписи в виде слов или аббревиатур как сложные знаки, состоящие из простых (отдельные буквы). Для всех простых знаков принимаем $\alpha_3 = 15'$, для сложных знаков – $\alpha_3 = 30'$.

Вышеописанные и другие исходные данные, необходимые для расчетов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные для анализа пространственных характеристик субпанелей

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Минимальное расстояние до пульта управления	l_{min}	0,5 м
Максимальное расстояние до пульта управления	l_{max}	0,8 м
Угол периферического зрения оператора по горизонтали	α_r	90°
Угол периферического зрения оператора по вертикали	α_v	75°
Величина угла оперативного поля зрения	$\alpha_{П.З.}$	5°
Объем оперативной памяти оператора	$N_{П.З.}$	4
Количество компонентов, расположенных на субпанели аудиосвязи	N	26
Количество компонентов, расположенных на субпанели управления ЕСАМ	N	24
Количество компонентов, расположенных на субпанели МСДУ	N	81
Допустимый угловой размер сложных знаков	α_3	15'
Допустимый угловой размер сложных знаков	α_3	30'
Формат знака	F	2/3

2. Результаты расчетов, проведенные по формулам 1–5 приведены в таблице

Таблица 2

Результаты расчетов размеров субпанелей

Расстояние до ПУ l , мм	Субпанель	$L_{П.У.max}$, мм	$H_{П.У.max}$, мм	$S_{П.У.min}$, мм ²	$S_{П.У.Ф.}$, мм ²	$S_{П.У.max}$, мм ²	Проверка выполнения условия
500	Аудиосвязи	1000	767,33	12390,82	12410	767330	Выполняется
800		1600	1227,72	31720,46	12410	1964352	Выполняется
500	Управление ЕСАМ	1000	767,33	11437,68	30520	767330	Выполняется
800		1600	1227,72	29280,42	30520	1964352	Выполняется
500	MCDU	1000	767,33	38602,17	33750	767000	Не выполняется
800		1600	1227,72	98821,42	33750	1964800	Не выполняется

Из полученных результатов видно, что фактические размеры субпанелей аудиосвязи и управления ЕСАМ лежат в требуемых пределах при всех значениях расстояния до ПУ. Однако данное соответствие не выполняется для субпанели MCDU, что может приводить к трудностям в работе с этим интерфейсом.

Результаты расчетов размеров компонентов (надписей) субпанелей, проведенные по формулам 7 и 8, представлены в таблице 3. Для сравнения были выбраны наименьшие по размерам знаки.

Как видно из полученных результатов, установленным требованиям удовлетворяют лишь сложные знаки субпанели аудиосвязи при двух вариантах расстояния до ПУ и простые знаки субпанели управления ЕСАМ при расстоянии, равном 0,5 м. Однако, поскольку сложные знаки в данном случае состоят из простых, то можно сказать, что требование по размерам при расстоянии до ПУ, равном 0,5 м, также выполняется.

Таблица 3

Фактические и минимально допустимые размеры надписей ПУ

Расстояние до ПУ l , мм	Тип знака	Фактическая высота знака, $H_{зф}$, мм	Минимально допустимая высота знака, $H_{зmin}$, мм	Фактическая ширина знака, $B_{зф}$, мм	Минимально допустимая ширина знака, $B_{зmin}$, мм	Проверка выполнения условия
Субпанель аудиосвязи						
500	Простой	7,5	2,2	0,8	1,46	Не выполняется
800			3,52		2,35	Не выполняется
500	Сложный	7,5	4,4	6,8	2,93	Выполняется
800			7,04		4,69	Выполняется
Субпанель управления ЕСАМ						
500	Простой	2,8	2,2	2,0	1,46	Выполняется
800			3,52		2,35	Не выполняется
500	Сложный	2,8	4,4	6,8	2,93	Не выполняется
800			7,04		4,69	Не выполняется
Субпанель MCDU						
500	Простой	1,7	2,2	1,7	1,46	Не выполняется
800			3,52		2,35	Не выполняется
500	Сложный	4,0	4,4	5,5	2,93	Не выполняется
800			7,04		4,69	Не выполняется

Таким образом, проведенный анализ пространственных характеристик субпанелей авиалайнера Airbus A320 показал, что фактические размеры субпанели MCDU и ее компонентов не соответствуют требованиям инженерной психологии. Также несоответствие было выявлено для некоторых компонентов остальных субпанелей. Следовательно, работа пилота может быть сопряжена с трудностями при взаимодействии с данными панелями.

Литература:

1. АСР320 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cpflight.com/de/acp320-prod-116.php>
2. A320 ECAM Control Panel: Overview and Functions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.linkedin.com/posts/gat-and-d-28894129_a320-ecam-control-panel-ecp-overview-activity-7366849355141529602-rAeo
3. A320 ECAM Control Panel: Overview and Functions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.flybywiresim.com/pilots-corner/a32nx/a32nx-briefing/flight-deck/pedestal/mcdu/>
4. Душков, Б. А. Основы инженерной психологии / Б. А. Душков [и др.]; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1986. – 448 с.
5. Рыжковская, М.С. Анализ размеров компонентов биометрических терминалов систем контроля доступа / М.С. Рыжковская, В.М. Алефиренко // Znanstvena misel journal. – 2019. – Vol. 1, №30. – С. 36–41.