

ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАБИНЫ САМОЛЕТА

Б. ЯСИ*

Авиационно-технический институт им. Д. Килияна, г. Сольнок

(Поступила 28. мая. 1973 года)

Представлено Проф. Др. Э. Пастор

1. Введение, значение темы и условия ее возникновения

Значение зависимости между условиями и эффективностью работы уже давно poznали и старались раскрывать ее закономерности с конца прошлого века. В последнем десятилетии интерес к этим вопросам значительно возрос. Одна из главных причин этого заключается в том, что в промышленности и на транспорте используют все больше таких технических сооружений, машинных оборудований, приборов и полных систем, успешное использование которых — из-за их большой мощности и сложности — в большей мере зависит от способности и подготовленности обслуживающего персонала и в меньшей мере от самой технической конструкции.

Для изучения возникающих таким образом новых проблем традиционные методы исследования условий работы не годны. При новых исследованиях применяют такие новые методы, которые отличаются от старых методов главным образом тем, что исследуют одновременно человеческие и технические факторы комплексным образом, считая, что человек и машина являются элементами единой системы.

Любую техническую установку и промышленную продукцию, пусть это будет транспортное средство, орудие труда, инструмент, машина, установка или предмет потребления уже по форме и по габариту необходимо оценивать с точки зрения для человеческого использования.

Все это еще более справедливо в области разработки кабин (рабочего места водителя), органов управления различных транспортных средств, ведь проблематичность обеспеченных для водителя рабочих условий, во-первых может привести к невозместимому человеческому или значительному материальному ущербу, во-вторых, в результате ее водитель (оператор) транспортного средства в практике не может реализовать мощности и возможности обеспеченных конструкцией машины.

Нельзя считать случайным то, что первые эргономические исследования

* Статья является результатом сотрудничества автора и Кафедры аэро- и термотехники Будапештского технического университета

и экспертизы занимались самолетами, их кабинами и органами управления. В первую очередь причиной этого является то, что проблемы, связанные с условиями работы в этой области, повлекут за собой очень серьезные, связанные с полной гибелью системы «человек-машина» последствия. Во-вторых, в этой области, где минимальный вес и для этого минимальные габариты являются главными требованиями исследование рабочих условий дает возможность для конструктора обеспечить нужное для работы водителя минимальное пространство и внутри этого пространства располагать наиболее разумно органы управления.

Страны мировой социалистической системы и в первую очередь Советский Союз все более широко используют результаты этой отрасли науки и проводят специальные исследования в области эргономии.

Развитие этой отрасли науки и применение ее результатов во всех областях промышленности являются, во-первых, требованиями с точки зрения международной торговли, во-вторых, способствуют конкурентоспособности наших продуктов, то есть выгодно влияют на положение социалистических стран в экономическом соревновании между двумя мировыми системами.

В настоящее время ни у кого нет сомнения, что при создании новой продукции — будь это токарный станок, сидение самолета, пульт управления, мебель, кабина космического корабля или рабочее место водителя автомашины — инженер-конструктор должен оптимально обеспечить рабочие условия человека, использующего данную продукцию.

Часто роль эргономических исследований суживая их считают исключительно вопросом, связанным с конструкторской работой. Это означало бы, что страна такого размера как наша родина, которая значительную часть промышленной продукции и особенно воздушных и наземных транспортных средств закупает из других стран, не заинтересована в проведении таких исследований. На самом деле это не так. С одной стороны, ремонт закупленной заграничной техники, как правило, производим у себя и во время ремонта можно провести целый ряд изменений, с другой стороны результаты эргономических исследований могут оказать значительную помощь для закупки новых машин при составлении требований и при взвешивании возможностей.

Свои исследования я проводил в полном объеме на конкретном, учебном самолете, со спаренной кабиной, типа Л—29 «Делфин» чехословацкого производства, а с точки зрения обоснованности полученных результатов я их проконтролировал на других типах самолетов и вертолетов. При исследовании изучением влияния параметров окружающей среды не занимался. Методы изучения влияния параметров окружающей среды уже созрели и еще до появления эргономических исследований их использовали в широком круге технических расчетов.

В этой статье хочу суммировать представления относительно метода исследования эргономической годности кабины самолета на основе отдельных исследований, а также опыта проведенных мною исследований.

2. Общие методы эргономической проверки кабины самолета

Методика рационального исследования систем «человек-машина» во всем мире находится в стадии разработки. Нижеописанный метод выработан на основе обобщения проведенных мною отдельных исследований.

2.1. Оценка данного положения

Первым этапом исследования является оценка данного положения. При этом необходимо произвести следующие оценки:

— оценка пространственного расположения приборных досок и на них отдельных приборов (выбор системы координат, расчет расстояния до глаза и угла видимости);

— оценка характерных данных отдельных приборов и оборудований (деления приборной шкалы, цифры и буква, циферблат, стрелки приборов и измерение других характеристик). Эти измерения нужны потому, что технические описания и различные технические документации относительно этих данных не содержат даже приближенных размеров;

— оценка антропометрических данных, пространственного расположения сидения летчика в кабине, органов управления (ручка управления самолетом, ручка управления двигателем). Здесь необходимо определить размеры и характерные параметры сидения, ручки управления самолетом, ручки управления двигателем и ножных педалей, а также отношение этих размеров и параметров к антропометрическим параметрам.

При выборе системы координат целесообразно центр системы координат выбирать так, чтобы он совпадал с центром глаза летчика.

2.2. Анализ эргономической годности

Анализ эргономической годности является вторым этапом исследования. Исходя из того, что совокупность требований эргономической годности в специальной литературе нельзя найти, в этом этапе исследования исследователю сначала необходимо было суммировать требования описанные в отдельных эргономических литературах.

В ходе исследования эти требования эргономической литературы я сгруппировал следующим образом:

а) Требования, связанные с углом видимости

Угол видимости в пределах 30—40° обеспечивает отсчет относительного положения стрелки и шкалы прибора при минимальном проценте ошибки. Учитывая условия кабины самолета, сложные условия работы летчика, создающиеся из-за различных нагрузок, действительный угол видимости отдельных приборов, полученный по их пространственному расположению, я сравнивал с номинальным значением, выбранным мною по литературе равным 35°, и это отношение оценивал как показатель ошибки. Расположение приборов, у которых этот показатель ошибки меньше 1,0 с точки зрения угла видимости не правильное.

б) Группировка приборов по их назначению и требования, связанные с порядком слежения за приборами

Приборы, расположенные на приборной доске кабины по их назначению я группировал в три большие группы:

- навигационные приборы;
- контрольные приборы работы двигателя;
- остальные приборы.

Из-за большого числа приборов расположенных в кабине самолета и ограниченной способности пилота по распределению внимания с точки зрения безопасности полета возникает необходимость выполнять слежения за приборами по определенному порядку. Этот порядок слежения меняется в зависимости от характера летной задачи, но он (у данного типа самолета) от расположения приборов не зависит. Очевидно, что при исследовании нет возможности анализировать указанные порядки слежения за приборами во всех видах полета, поэтому я исследовал три основных вида полета и соответствующий порядок слежения за приборами. Принимая во внимание, что летчик при подготовке и за свою летную службу летает не на одном типе самолета, а как правило в своей категории (например: истребитель, пассажирский или вертолет) летает длительно или временно минимально на 4—5 типах, при составлении требований по навигационным приборам я формулировал их так: навигационные приборы относительно друг к другу должны располагаться одинаково на разных типах самолетов.

в) Требования связанные с формой приборной шкалы, циферблатов и стрелок приборов

На основе специальной литературы необходимо обеспечивать выполнение следующих требований:

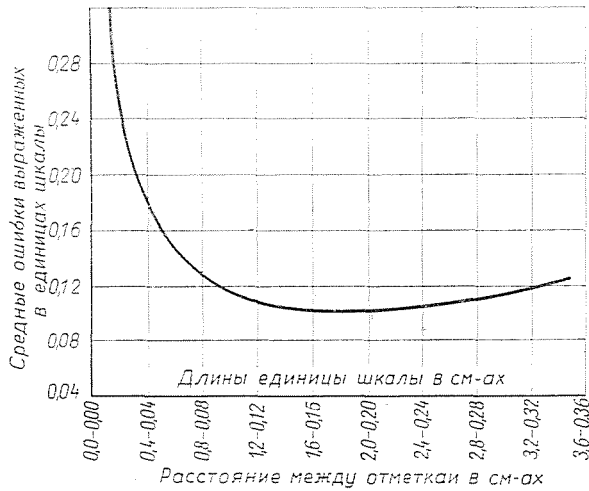
Оформление шкалы соответственно типам информации. С точки зрения видов информации различаем типы шкал: обеспечивающие необходимую ин-

формацию для простого контроля, обеспечивающие качественную информацию и обеспечивающие точную количественную информацию.

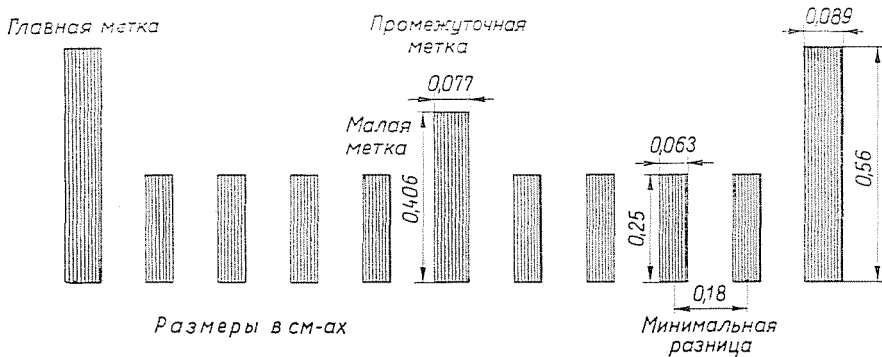
Оформление шкалы соответственно типам информации означает, что по отношению к каждому прибору требуемая летчиком информация и информация обеспеченная приборной шкалой, должны соответствовать. Поскольку некоторые приборы при наземной эксплуатации должны удовлетворить потребную информацию технического состава, при исследовании вопроса это тоже следует принимать во внимание.

Требования по отношению формы шкал и деления шкалы. На основе специальной литературы установлено, что с точки зрения процентной ошибки отсчета наиболее целесообразно использовать горизонтальные и круглые шкалы.

С точки зрения деления шкалы требования эргономической литературы изображены на рис. 1 и 2.



Фиг. 1



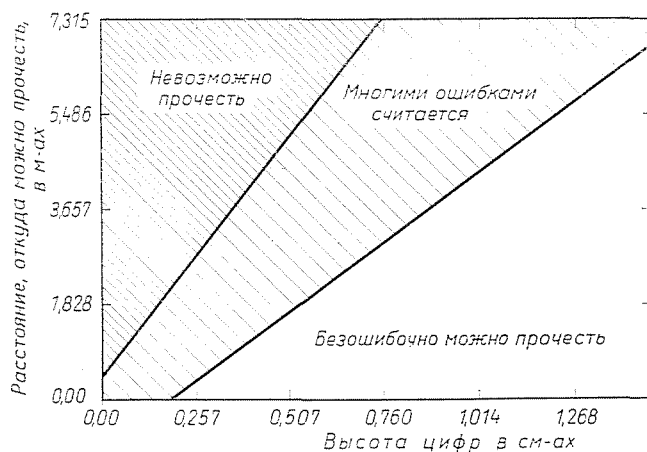
Фиг. 2

Требования по размерам цифр и букв шкал. Приборы, использованные на самолетах, практически во всех случаях имеют шкалы, где на черной основе написаны белые цифры или буквы. В эргономической литературе для этого случая рекомендована для значения отношения высоты цифр и толщины линии 12,5 : 1.

В отношении оптимального значения величин букв и цифр в специальной литературе дается следующая зависимость:

$$H = \frac{T}{200} \quad \text{где} \quad \begin{array}{l} H \text{ — величина буквы} \\ T \text{ — расстояние до глаза (летчика)} \end{array}$$

Зависимость между высотой цифр и разборчивостью видна на рис. 3.



Фиг. 3

В зависимости от величины буквы «Н» в литературе в отношении других размеров букв и цифр находим следующие требования:

- ширина $2/3 H$
- толщина линии $1/6 H$
- расстояние между буквами и цифрами $1/6 H$
- расстояние между словами и отдельными цифрами $2/3 H$.

Требования по цифровым обозначениям деления шкалы. Специальная литература по цифровым обозначениям деления шкалы в случае увеличивающихся чисел предписывает следующее:

0	—	1	—	2	—	3	—	4
0	—	10	—	20	—	30	—	40
0	—	100	—	200	—	300	—	400
0	—	5	—	10	—	15	—	20

При различном делении в случае градусных значений, например, у компаса правильное деление будет 0—30—60—90—120—150—180.

Использование шкалы с нелинейным делением надо по возможности избегать. Такую шкалу можно использовать только тогда, если с одной шкалы необходимо отсчитать большую область значений. В этом случае на шкале необходимо ставить как можно больше цифр.

Требования, связанные с формой стрелок приборов. Специальная литература подробно анализирует формы стрелок приборов и требования, связанные с ними. Нам необходимо выполнить два основных требования:

- стрелка прибора должна быть как можно простая, и хорошо видна;
- стрелка прибора должна как можно плотнее двигаться по делениям шкалы, но не должна закрывать цифры.

Требования по оформлению диаметра шкалы приборов. Специальная литература однозначно указывает, что оптимальный размер диаметра шкалы зависит от расстояния до глаза (оператора) и от числа деления шкалы. Минимальный размер диаметра шкалы прибора специальная литература определяет в 25 мм. Зависимость между числом делений, расстоянием до глаза и минимальным диаметром демонстрирует следующая таблица:

Число делений	Расстояние до глаза (мм)	$d_{\text{мин}}$ (мм)
50	до 1000	40
	до 2000	70
	до 3000	110
100	до 1000	80
	до 2000	140
	до 3000	220

г) Требования по органам управления

Требования по органам управления на основе специальной литературы можно суммировать следующим образом:

- требования, обеспечивающие согласованность зон управления и рабочих зон человека;
- требование по соответствию реакции и эффекта, возникающего в результате реакции.

После суммирования вышесказанных требований эргономической литературы, при анализе эргономической годности необходимо сравнивать приборы, оборудования, органы управления и элементы их, расположенные в кабине данного самолета, с требованиями и исследовать их соответствие этим требованиям.

2.3. Оценка результатов исследования

Оценка результатов исследования является третьим этапом исследования. По существу на этом этапе нужно сделать те выводы, на основе которых необходимо изменить данное оборудование, прибор, орган управления или их расположение, вернее здесь нужно обосновывать необходимые изменения.

2.4. Разработка плана эргономической рационализации

Разработка плана эргономической рационализации органов управления (в широком смысле приборов, оборудования) является четвертым этапом исследования. На этом этапе необходимо разработать те изменения или их осуществления, которые на основе отклонения от эргономических требований мы считаем необходимыми, учитывая технические требования, связанные с авиационной техникой или отдельными устройствами ее. Исходя из вышесказанных, разработка этого плана требует подробное техническое значение данной авиационной техники.

2.5. Оценка эффективности предложенного плана

Оценка эффективности предложенного плана является пятым и последним этапом исследования. При оценке эффективности обычно очень трудно указать, на исследование каких отношений целесообразно обратить внимание. На эти отношения в значительной мере влияют, круг их расширяют или суживают цель исследования, предложенный план и т. д. Принимая во внимание, что производство самолетов осуществляется не у нас на родине, в области разработки предложений исследователь в какой-то мере ограничен. В то же время, при проведении исследований целесообразно расширить круг предложения, чтобы с этим облегчить составление запросов и требований, связанных с подлежащими покупке новыми типами самолетов. Учитывая своеобразное положение при оценке эффективности предложенного плана, необходимо сослаться и на то, что можно из этого плана реализовать при отечественном ремонте и что при покупке новых машин.

3. Результаты эргономического исследования спаренной кабины учебного самолета Л—29 «дельфин» и обоснованность их в случае других типов самолетов и вертолетов

Принимая во внимание ограничения по объему статьи я касаюсь только оценки проведенных мною исследований и обоснованности их в случае других типов самолетов и вертолетов.

Результаты эргономического исследования кабины самолета Л—29 можно суммировать в следующем:

а) Оценка данного положения по отношению кабин, принимая во внимание антропометрические данные, показала, что приборные доски кабин и оформление оборудования, расположенных на них, по ряду вопросов из-за отсутствия эргономического исследования не удовлетворяют требованиям, подробно описанным в специальной литературе, связанным с системой «человек-машина».

б) Исследуя расположение приборов на приборной доске кабин, вообще можно сделать вывод, что приборы, относящиеся к группе навигационных приборов, самые важные с точки зрения деятельности летчика, в подавляющем большинстве расположены внутри конуса с центральным углом 35° на середине приборной доски. (С точки зрения угла видимости.)

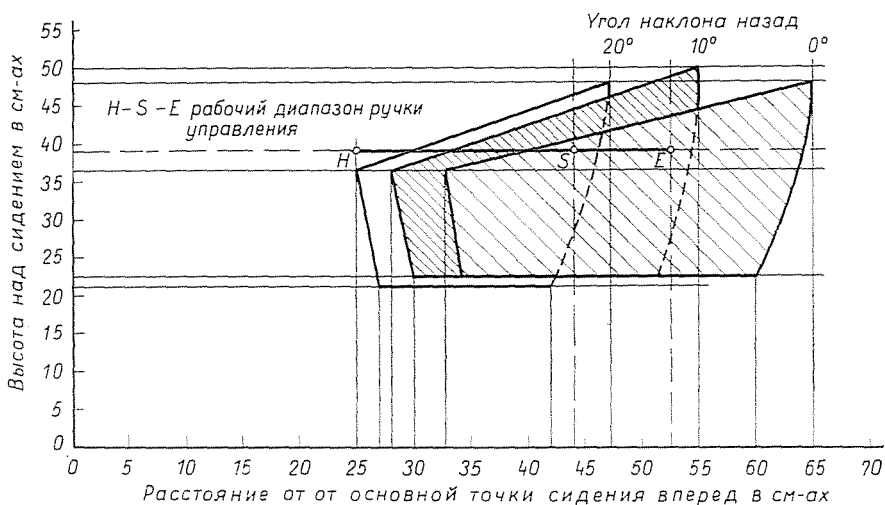
в) Принимая во внимание тот факт, что самолет Л—29 учебный, на основе результатов исследования порядка слежения можно сделать вывод: деятельность летчиков, подготовленных на этом самолете и в дальнейшем при полете находящихся на вооружении истребительной значительно затрудняет расхождение между расположениями с точки зрения полетов наиболее важных навигационных приборов. Расположение навигационных приборов других типов самолетов и вертолетов по сравнению с самолетом Л—29 и друг с другом также показывает расхождение. Это расхождение объяснить особыми техническими или конструкционными принципами нельзя и так оно является следствием отсутствия эргономических исследований.

г) Эргономическое исследование показало, что единогласные требования эргономической литературы, связанные с формированием шкал, циферблатов и стрелок приборов у приборов, расположенных в кабине самолета, не во всех случаях выполняются. Вследствие этого шкалы приборов слишком сложные, дают излишнюю количественную или качественную информацию о тех величинах, по отношению к которым бесперебойная работа летчика и технического персонала предъявляет только требования к качественной или контрольной информации.

Тоже самое можно сказать в области размеров цифр, делений шкалы, цифр делений шкалы приборов, взаимного расположения стрелки приборов и цифр шкалы.

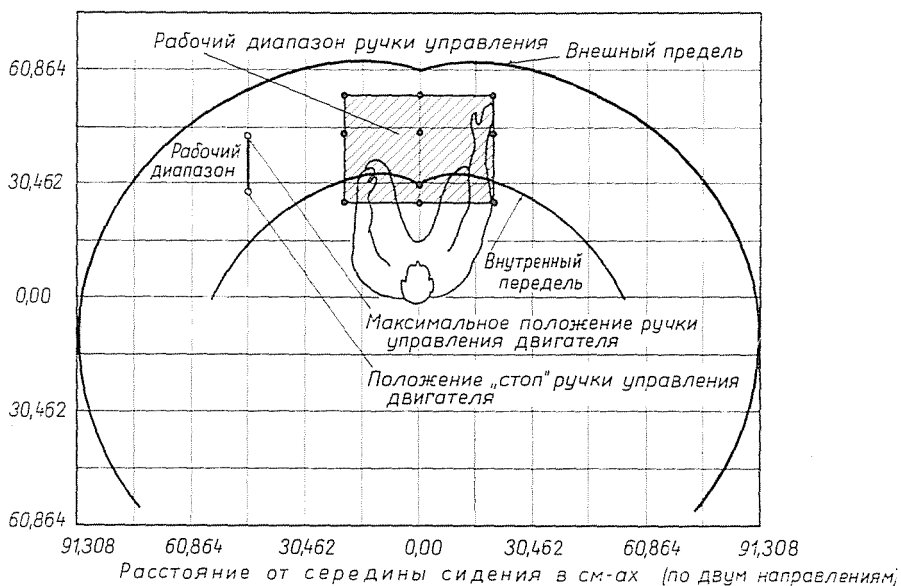
д) На основе исследования органов управления можно сделать вывод, что они соответствуют зонам управления, фиксированным в специальной литературе (рис. 4. и 5.). Имеющиеся расхождения относятся к тем рабочим диапазонам органов управления, в которых в практическом полете вообще не, или только в исключительных случаях и на очень короткое время работают. Надо особо отметить, что органы управления и другие средства управления оформлены на основе закона совпадения направления движения сигналов и управлений. В то же время необходимо отметить то единичное, прискорб-

ЗОНЫ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ И РАБОЧИЙ ДИАПАЗОН РУЧКИ УПРАВЛЕНИЯ



Фиг. 4

ПРЕДЕЛЫ РАБОЧИХ ЗОН И РАБОЧИЕ ДИАПАЗОНЫ ОТДЕЛЬНЫХ РУЧЕК УПРАВЛЕНИЯ



Фиг. 5

ное причиняющее много проблем явление, что у введенного с целью упрощения приборной доски самолета, нового прибора комбинированной дистанционной и радиокомпыаса этот закон не выполняется.

з) На основе исследования сидения кабины, органов управления и антропометрических данных можно установить, что несмотря на тенденцию по

уменьшению веса и габаритов, являющуюся основным принципам самолетостроения, главные данные соответствуют основным размерам, приведенным в специальной литературе по системам «человек-машина».

По вопросу обоснованности результатов исследования самолета Л—29 в случае других самолетов или вертолетов, проведенные мною исследования подтвердили их; в то же время, поскольку эти исследования носили только оценивающий характер, план эргономической рационализации, выработанный для самолета Л—29, использовать однозначно (без изменения) нельзя. Для разработки плана рационализации необходимо проводить подробное исследование отдельных типов самолетов или вертолетов.

Резюме

Автор в статье на основе своих исследований — обобщая опыт проведенных на одном конкретном самолете исследований — суммирует свои рекомендации по методу эргономического исследования кабины самолетов (или транспортных средств).

Автор, кроме описания результатов исследования учебного самолета Л-29 «Дельфин» со спаренной кабиной, оценивает состоятельность этих результатов в случае кабины других самолетов или вертолетов.

Литература

1. Műszaki Gazdasági Tájékoztató a külföldi szakirodalomból 1963/2. Korszerű munkafeltételek (célszám).
2. A. CHAPANIS, W. R. CARNER, C. T. MORGAN: Applied Experimental Psychology. (Human factors in engineering desing.) New York 1949.
3. KELLERMANN: «Mensch und Arbeit in der Industrie».
4. KENNEDY, J. L.: «Handbook of Human Engineering data». Port Washington, New York 1960. Second Edition. «Műszaki lélektani adatok kézikönyve.»
5. VASZKÓ, M.: «Munkalélektan». Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki kar. Budapest Tankönyvkiadó 1970.
6. Az L—29 repülőgép műszaki leírása. I—VIII. kötet.
7. Utasítás az L—29 repülőgépvezetője számára.
8. Repülőgépműszerek. KÖZDOK. 1964.
9. «Human engineering guide for equipment designers». W. E. Woodson, D. W. Conover.
10. Ikarusz 250 autóbusz vezetői munkahely ergonomiai vizsgálata. Jászi Brunó 1970.
11. Ikarusz 250 autóbusz utasterének ergonomiai vizsgálata. Jászi Brunó 1970.
12. Egyetemi doktori disszertáció «Repülőgépvezetőfülke ergonomiai vizsgálata». Jászi Brunó okl. gépészmérnök. 1973.

Бруно Яси, Венгрия 5000 Сольнок ул. Сиглигети д. 4.