

УДК 629.735.33

КАБИНА ЭКИПАЖА КАК ИСТОЧНИК ОШИБОК ПИЛОТИРОВАНИЯ

А.Л. РЫБАЛКИНА

В статье проанализированы различные проблемы, связанные с конструированием кабины экипажа, которые могут способствовать совершению ошибок пилотирования (взаимное расположение и различные шкалы приборов, восприятие предупреждающих сигналов, особенности пространственной ориентации). Показано, как применение эргономических принципов может снизить вероятность ошибки при работе в кабине экипажа.

Ключевые слова: система человек-машина, кабина экипажа, человеческий фактор.

В авиации с первых дней ее существования и в течение многих лет основная эргономическая проблема состояла в разработке общих принципов конструирования устройств отображения данных и органов управления в кабине пилота.

Вопросами изучения принципов взаимодействия человека и оборудования с целью применения их при конструировании занимается эргономика. На рис. 1 приводится упрощенная схема системы «человек – машина» [1]. Устройства воспроизведения информации (индикаторы, например, визуальные и звуковые) информируют человека о состоянии внутренней системы или о внешних по отношению к машине условиях, а органы управления позволяют человеку изменять состояние системы. Отображенная информация воспринимается и обрабатывается человеком, который затем принимает решение по управлению. Результатом может быть моторная реакция по изменению положений органов управления.

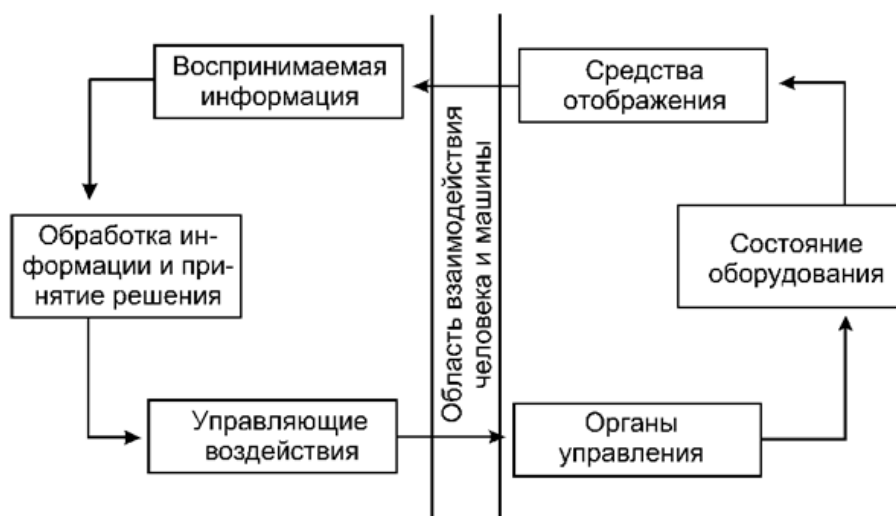


Рис. 1. Схематическое изображение системы «человек – машина»

Одна из основных задач, решаемых эргономикой, заключается в приведении в соответствие рабочих мест с характеристиками человека (рост, вес, необходимые силовые усилия и т.д.). Некоторые из этих характеристик связаны с размерами и формой различных частей тела человека и их движениями.

Другая задача эргономики заключается в рациональном распределении функций и задач между человеком и машиной и принятии решения о том, какие функции должно выполнять аппаратное оборудование, какие - прикладное обеспечение, а какие - человек, исходя при этом из таких соображений, как возможности человека, решаемые задачи, рабочая нагрузка, расходы, требования к обучению и существующие технологии. Неправильное распределение функций может поставить под угрозу безопасность полетов и привести к снижению эффективности работы системы.

Человек и машина должны дополнять друг друга в процессе выполнения поставленных задач. Кроме того, их взаимодействие должно планироваться таким образом, чтобы можно было менять распределение функций в зависимости от различных эксплуатационных условий, т.е. от обычного полета до аварийных ситуаций.

При рассмотрении особенностей проявления человеческого фактора при работе в кабине экипажа необходимо обращать внимание на следующее.

Важную роль играет взаимное расположение приборов. Наибольшее распространение получило Т-образное расположение основных пилотажных приборов (рис. 2) [1], что вытекает из необходимости обеспечить быстрое и точное считывание четырех основных параметров: скорости, высоты, пространственного положения и курса, главный из которых – это высота.

Указатель воздушной скорости	Командный авиагоризонт	Высотомер
Указатель числа М		Указатель вертикальной скорости
	Плановый индикатор обстановки	

Рис. 2. Основная панель с Т-образным расположением приборов

Необходимо обращать внимание на расположение органов управления и индикаторов. Задача индикаторов заключается в передаче информации от оборудования к субъекту. Органы управления используются для передачи команд в обратном направлении, т.е. от субъекта к оборудованию [2]. Этот процесс представляет собой информационный контур. Наиболее удобной для расположения, т.е. оптимальной является зона А (рис. 3) [3]. В пределах этой зоны могут выполняться наиболее точные и очень частые движения и размещаться наиболее важные и очень часто используемые органы управления.

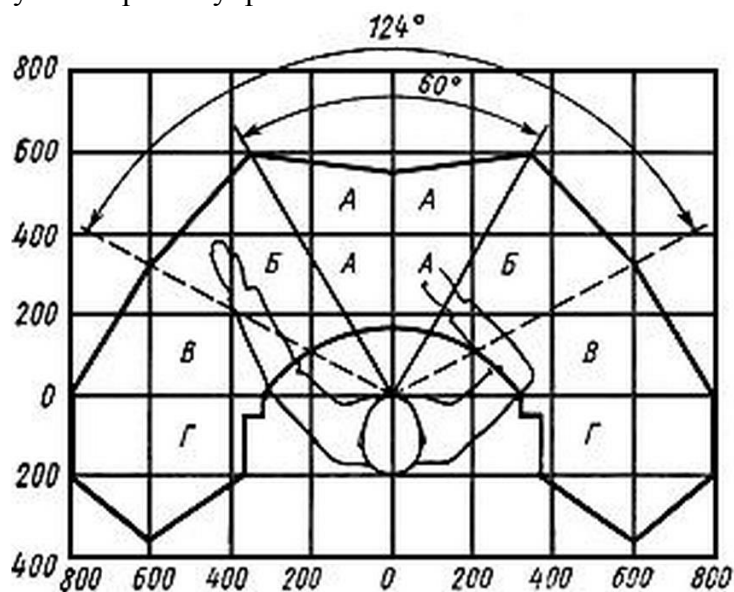


Рис. 3. Зоны размещения органов управления в горизонтальной плоскости

В зоне Б (зона легкой досягаемости) могут выполняться достаточно точные и частые движения и размещаться важные и часто используемые органы управления. В пределах зоны В (зона досягаемости) могут выполняться менее точные и редкие движения, так как вследствие увеличения амплитуды движения на их выполнение затрачивается больше времени, и при высокой частоте такие движения становятся энергетически невыгодными. В зоне В могут размещаться менее важные и редко используемые органы управления. Наиболее редкими должны быть движения рук в зоне Г, требующие поворота туловища.

Также нужно решить вопрос о том, какой тип индикатора необходимо использовать. Цифровые индикаторы позволяют более точно контролировать параметры и работу систем (например, приборы контроля работы двигателя), а аналоговые приборы лучше использовать в тех случаях, когда цифровые значения данных часто или быстро изменяются (например, высотомеры и вариометры). В табл. 1 показано влияние различных шкал приборов на качество считывания их показаний [5].

Таблица 1

Влияние различных шкал приборов на качество считывания их показаний

Характеристики считывания показаний приборов	Обычный трехстрелочный указатель	Указатель с одной стрелкой и цифровым счетчиком	Указатель с вертикальной ленточной шкалой	Цифровой счетчик
Количество ошибочных отсчетов, %	15,9	3,5	0,3-1,3	0,6
Среднее время осмысливания отсчета, с	7,1	1,7	1,3-2,3	Меньше 0,1

Оператор должен своевременно получать точную и достаточно полную информацию в соответствии с выполняемой задачей. Предоставление информации большей, чем необходимо, только повредит, особенно в тех случаях, когда оператор перегружен, утомлен или находится в условиях стресса.

Скорость и эффективность восприятия и переработки информации существенно повышаются с введением дополнительного сигнализатора, на который работающий должен обращать особое внимание. На рис. 4 [2] показано, что время определения расположения стрелки на шкале с дополнительным сигнализатором значительно меньше, чем без него. Часто бывает целесообразно на шкале выделить цветной полоской зону «нормально», так как в этом случае при контрольном чтении оператору достаточно лишь воспринять и оценить взаимное положение стрелки-указателя и отметки-сигнализатора. Эффективность восприятия отметки-сигнализатора повышается, когда она отличается от других отметок не только цветом, но и формой.

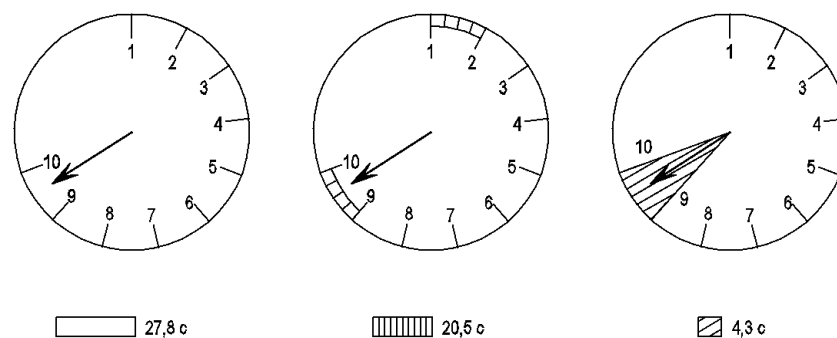


Рис. 4. Время считывания показаний с дополнительным сигнализатором и без него

Появление электронных дисплеев способствовало устранению многих ограничений электромеханических индикаторов, позволило интегрировать индикаторы, а также более гибко и эффективно использовать рабочее пространство панелей управления, однако возник ряд проблем, касающихся яркости и яркостного контраста дисплеев, использования цветов для отображения различной информации, влияния на работоспособность оператора усталости, возникающей в связи с длительным наблюдением отображаемой на экране информации, а также определить, какие символы использовать и какая информация и где должна появляться на экране.

Возникновению ошибок также способствуют отказы индикаторов. В случае отказа индикатора пользователь не должен получать недостоверную информацию. Отказ должен быть сразу виден на устройстве отображения информации. В табл. 2 [5] приведены характеристики эффективности деятельности летчика при отказах приборов. Из таблицы видно, что без индикатора время определения отказа зачастую составляет более минуты.

Таблица 2

Некоторые характеристики эффективности деятельности летчика при отказах приборов

Отказавший прибор	Вероятность ошибочных действий	Диапазон времени определения отказа, с
Авиагоризонт	0,72	2-66
Указатель курса	0,68	10-256
Вариометр	0,70	21-50
Высотомер	0,62	14-76
Указатель скорости	0,58	24-141

В случае возникновения особых ситуаций важную роль играет правильное восприятие предупреждающих сигналов. При конструировании систем предупреждения обычно соблюдаются три принципа [1]:

- они должны предупреждать членов экипажа об опасности и привлекать их внимание;
- они должны информировать экипаж о характере опасности;
- желательно, чтобы они предлагали рекомендации в отношении требуемых действий.

При нарушении этих принципов могут возникнуть следующие проблемы:

1. Слишком много сигналов, включающихся одновременно, вызывают раздражение и путаницу.

2. Похожие звуковые сигналы могут быть неправильно восприняты. В целях лучшей сигнализации о характере опасности желательно использовать дополнительные речевые сообщения.

3. Частые ложные срабатывания могут подорвать доверие к системе, и сигнализатор может быть отключен.

Следующий аспект связан с удобством нахождения пилота в кабине. Пилотам приходится в течение многих часов оставаться привязанными в своих креслах, и поэтому влияние особенностей конструкции кресел на пилотов выходит даже за рамки медицинских проблем, которые могут иметь место. Чувство дискомфорта вызывают у людей беспокойство и усиление усталости.

Также нужно учитывать особенности пространственной ориентировки в полете. Для человека в полете основой для пространственной ориентировки является направление силы тяжести [5]. Это, собственно, и определяет закономерность возникновения у здорового, работоспособного человека различного рода иллюзий о своем положении в пространстве в тех случаях, когда направление действующей перегрузки ощущается им как направление силы тяжести. Поэтому пилоту необходимо научиться больше доверять приборам, а не собственным ощущениям.

Пилотирование самолета может выполняться визуально или по приборам. В визуальном полете ориентировка осуществляется естественно, благодаря непосредственному восприятию окружающего пространства. Для оценки положения самолета летчик не тратит специальных усилий. В визуальном полете, как правило, невозможна потеря пространственной ориентировки, так как не возникают зрительные иллюзии, поскольку естественная визуальная информация подавляет их.

В полете по приборам пилотажная информация поступает от основных приборов. Установлено, что для формирования двигательного действия 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. Однако нельзя точно разделять приборы на две группы, так как один и тот же прибор в зависимости от режима полета может быть и прибором контроля, и прибором управления. Все приборы, служащие для построения двигательного акта, выдают информацию о параметрах пространственного положения.

Таким образом, обычная деятельность летчика – пилотирование представляется сложным поведенческим актом, включающим процессы восприятия информации, формирования на этой основе образа полета и, наконец, выполнение двигательных действий. Внешним выражением процесса восприятия информации летчиком является перемещение его взгляда по приборной доске. Среднее и относительное время фиксации взгляда на разных приборах не являются строго постоянными; они определяются потребностями контроля и управления на конкретном режиме полета. Иллюстрацией сказанному служат данные, приведенные в табл. 3 [5].

Таблица 3

Относительное время (в % к общему времени полета) фиксации взгляда летчика на различных приборах в зависимости от режима полета

Прибор	Время фиксации взгляда, с			
	Горизонтальный полет	Набор высоты	Разворот	Снижение
Авиагоризонт	38	31	37	33
Вариометр	8	11	9	12
Указатель курса	9	11	15	14
Высотомер	16	17	12	16
Указатель скорости	15	22	20	21
Прочие	14	8	7	4

В полете по приборам процесс ориентировки связан со сложной умственной деятельностью. Так как летчик не видит непосредственно своего пространственного положения и не видит своего перемещения относительно земной поверхности, то он должен мысленно представлять режим полета, т.е. на основе показаний приборов сформировать обобщенный образ полета. Его управляющие движения определяются правильностью и своевременностью не только восприятия показаний приборов, но и результатом обобщения отдельных показаний в единый образ.

В относительно простых условиях полета недостатки средств отображения информации обычно не проявляются благодаря тому, что летчик в своих действиях опирается на целостный психический образ режима полета, на концептуальную модель, сформированную на основе знаний, практического опыта и представления о заданном режиме. При нарушении образа полета вследствие сочетания неблагоприятных обстоятельств: отвлечение внимания на время, в течение которого произошли незаметные для летчика изменения режима полета, фиксация внимания на внутренних ощущениях, не соответствующих приборной информации, и пр.,

возникает то состояние, при котором у летчика «разбегаются стрелки» и он теряет представление о пространственном положении, совершает ошибки.

В настоящее время экипаж адаптируется к органам управления и индикаторам, расположенным в кабине воздушного судна. Для уменьшения вероятности ошибочного восприятия и действий экипажа необходима адаптация кабины воздушного судна под конкретного человека, однако пока это не представляется возможным. Поэтому нельзя полностью исключить появление ошибок пилотирования из-за особенностей конструкции рабочего места пилота. Но их количество можно уменьшить путем реализации эргономических принципов в конструировании кабины как человеко-машинной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Doc 9683, AN/950.** *Руководство по обучению в области человеческого фактора.* Монреаль: ИКАО, 1998.
2. **ГОСТ 23000-78.** *Система "Человек-машина". Пульты управления. Общие эргономические требования.*
3. *Производственная эргономика* / под ред. С.И. Горшкова. М.: Медицина, 1979.
4. *Методы инженерно-психологических исследований в авиации* / под ред. Ю.П. Доброленского. М.: Машиностроение, 1975.
5. **Денисов В.Г., Онищенко В.Ф., Скрипец А.В.** *Авиационная инженерная психология.* М.: Машиностроение, 1983.

COCKPIT AS A SOURCE OF PILOTING ERRORS

Rybalkina A.L.

The article analyzes the various problems associated with the construction of a cockpit, which can contribute to piloting errors (relative positioning and various dials, perception of warning signals, features of spatial orientation). It is shown how the application of ergonomic principles can reduce the probability of error when working in the cockpit.

Keywords: man-machine system, cockpit, human factor.

REFERENCES

1. **Doc 9683, AN/950.** *Rukovodstvo po obucheniju v oblasti chelovecheskogo faktora.* Monreal': ICAO. 1998. (In Russian).
2. **GOST 23000-78.** *Sistema "Chelovek-mashina". Pul'ty upravlenija. Obshhie jergonomicheskie trebovanija.* (In Russian).
3. *Proizvodstvennaja jergonomika.* Pod red. S.I. Gorshkova. M.: Medicina. 1979. (In Russian).
4. *Metody inzhenerno-psihologicheskijh issledovanij v aviacii.* Pod red. Ju.P. Dobrolenskogo. M.: Mashinostroenie. 1975. (In Russian).
5. **Denisov V.G., Onishhenko V.F., Skripec A.V.** *Aviacionnaja inzhenernaja psihologija.* M.: Mashinostroenie. 1983. (In Russian).

Сведения об авторе

Рыбалкина Александра Леонидовна, окончила МГТУ ГА (2009), кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор 40 научных работ, область научных интересов – безопасность полетов, человеческий фактор, авиационная метеорология.