

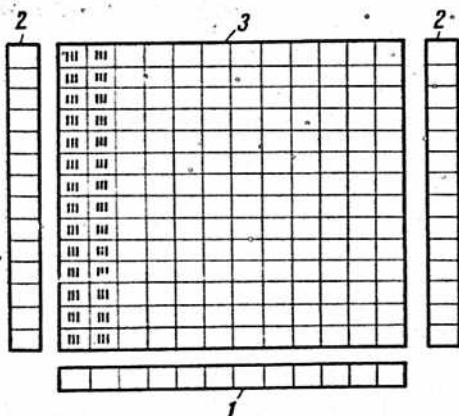
Исследование работы оператора с матричными командно-сигнальными устройствами

В. П. Конарев, Ю. А. Тяпченко, инженеры, г. Москва,
Л. Б. Седакова, психолог, аспирантка ВНИИТЭ

Матричные командно-сигнальные устройства (КСУ) — разновидность пультов с многоступенчатым избиранием объектов управления. В зависимости от способа построения индикаторной части матричные КСУ делятся на командно-сигнальное поле (КСП) и командно-сигнальную линейку (КСЛ). Работа оператора с КСП и КСЛ отличается от работы оператора с обычным многоканальным пультом управления¹. Обусловлено это изменением алгоритма его деятельности, при котором выполнение команд распадается на два этапа: выбор системы и включение агрегата в избранной системе. Это требует не только знания местоположения органов управления, но и знания принадлежности агрегатов к системе. В связи с этим возникают трудности в выработке рабочего навыка, динамического стереотипа деятельности.

Исследование эффективности работы оператора с КСП проведено на модельной установке (рис. 1). Изучались особенности процесса поиска транспаранта и соответствующих кнопок при предъявлении команды на телевизионном экране. Экспериментальный пульт представлял собой матрицу со 168 командами и расположенными по периферии поля контактными пластинами (вместо кнопок). В экспериментах участвовало 9 человек (20—30 лет), ознакомленных с задачами. В каждом опыте на телевизионном экране предъявлялось 50 команд по таблице случайных чисел. Каждая команда предъявлялась непо-

В работе принимали участие Л. А. Китаев-Смык, Н. В. Шилова, Л. А. Сивоконь.



1. Схематическое представление лицевой панели КСП: 1, 2 — контактные пластины соответственно систем и команд; 3 — матрица

средственно после исполнения предыдущей. Эксперименты состояли из двух серий (А и Б).

В эксперименте серии А выявляли характер поиска испытуемым заданной кнопки команд (подсистемы) при выделении соответствующей системы с помощью рамки, передвигаемой по полю экспериментатором, и определяли влияние на работу испытуемого дополнительных ориентиров-линий. Предъявляли чистое поле, поле, разделенное одной линией, и поле, разделенное двумя линиями.

На телевизионном экране оператору предъявлялось наименование объекта команды, которое он должен был найти на КСП и нажать контактную пластину. Регистрировали общее время выполнения команды: время от момента предъявления команды до нажатия контакта команд.

В эксперименте серии Б выявляли особенности работы испытуемых в развернутом информационном процессе поиска (поиск системы и команды в системе) и оценивали возможность использования левой руки при работе в двух последовательностях: в первом случае — по предъявлению команды оператор нажимал контакты выбора систем, а затем подсистем; во втором — нажимал контакты выбора систем, касался транспаранта и затем нажимал контакт выбора подсистемы.

В первом случае регистрировали время поиска системы t_1 (время от предъявления команды до нажатия контакта систем), время поиска и включения подсистемы t_2 (время от нажатия контакта систем до нажатия контакта подсистемы) и общее время реакции $T_{общ}$. Во втором случае регистрировали $T_{общ}$, t_1 и время поиска транспаранта в избранной системе, которое состояло из времени от нажатия контактной пластины систем до касания центрального контакта транспаранта t_2' и времени от касания центрального контакта транспаранта до касания контактной пластины команд t_2'' .

Так как требовалось хорошее знание принадлежности подсистем к определенным системам, испытуемые предварительно тренировались. Критериями эффективности работы было выбрано время реакции и количество ошибок.

Результаты экспериментов серии А показали, что общее время реакции $T_{общ}$ при предъявлении чистого поля, не

разделенного линиями, составляет 3,16 с ($\sigma=1,14$), поля, разделенного одной линией, — 2,93 с ($\sigma=1,11$) и поля, разделенного двумя линиями, — 3,07 с ($\sigma=1,14$).

Оценка полученных данных с помощью t -критерия Стьюдента и F -критерия Фишера показала, что различие между показателями статистически недостоверно. На основании этого можно сказать, что введение дополнительных ориентиров в исследуемом поле с 168 командами приводит к сокращению времени реакции.

В экспериментах серии Б при работе оператора без центральных контактов $T_{общ}$ составляет 4,36 с ($\sigma=1,44$); $t_1=2,44$ с ($\sigma=0,66$) и $t_2=1,92$ с ($\sigma=1,07$).

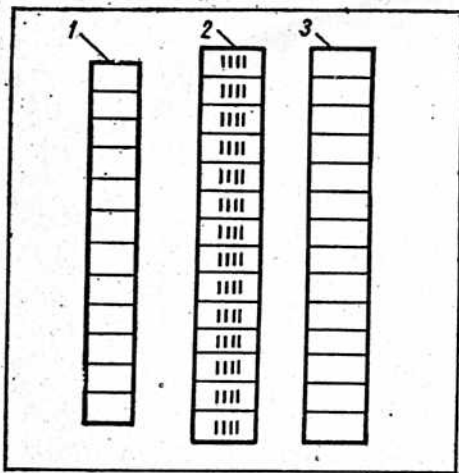
Распределение времени реакции в этой серии было выравнено при помощи логарифмически-нормального закона.

При работе оператора с центральным контактом $T_{общ}=4,31$ с ($\sigma=1,33$), $t_1=2,18$ с ($\sigma=0,61$), $t_2=1,68$ с ($\sigma=1,01$) и $t_2'=0,45$ с ($\sigma=0,15$).

Анализируя работу оператора с включением центральных контактов, можно сказать, что основную часть общего времени выполнения команд занимает соотношение заданной подсистемы с системой (время t_1) и поиск подсистемы (время t_2). За счет сокращения t_1 и t_2 может быть существенно сокращено $T_{общ}$. Время t_1 может быть уменьшено при хорошем знании принадлежности подсистемы к системе, а t_2 — при хорошем знании месторасположения объекта на поле. Все сказанное возможно при высоком уровне тренированности операторов.

Анализируя время реакции оператора на команды, расположенные в различных местах поля, можно сказать, что время поиска существенно зависит от месторасположения команд на КСП. Среднее время поиска самых нижних команд в 3,6 раза больше времени поиска верхних. Следовательно, наиболее важные команды следует располагать по периферии поля сверху.

Процент ошибочных включений в этой серии экспериментов не превышает 1%. Количество ошибок и время реакции уменьшается для команд, в написании которых присутствуют отличительные знаки (дефис, надстрочный знак и т. п.) Таким образом, проведенными экспериментами установлено, что работа на макете КСП (устройстве со сжатием канала команд) не представляет трудностей



2. Схематическое представление лицевой части КСЛ: 1 — клавиши систем; 2 — команды данной системы; 3 — клавиши включения команд

для оператора даже при отсутствии индикации избранной системы, время реакции может быть существенно сокращено при хорошем знании оператором систем с входящими в него объектами и знании месторасположения последних на поле в системном ряду.

Для оценки эффективности работы оператора с КСЛ и для определения возможности его использования в системах управления были проведены психофизиологические исследования на макете КСЛ.

Макет КСЛ представлял собой матрицу со 168 командами, закрепленную на барабане. В отличие от КСП, в каждый данный момент оператору могли предъявляться в смотровом окне КСЛ команды только одной системы (рис. 2).

Команды для исполнения на КСЛ предъявлялись с помощью табло сразу после исполнения оператором предыдущей команды, а также через 4 и 8 с.

При работе с КСЛ регистрировали: время от момента подачи команды до ее исполнения $T_{общ}$; время от предъявления команды до касания оператором кнопки системы t_1' ; время нажатия клавиши системы t_1'' ; время поиска и включения кнопки команд t_2 .

Для сравнения полученных результатов с результатами работы оператора на многоканальном пульте обычного типа использовался пульт, на котором размещалось 168 тумблеров и кнопок, сгруппированных по одним и тем же признакам, что и системы КСЛ. Под каждым органом управления размещались надписи в таком же порядке, как и на линейках КСЛ.

При работе с многоканальным пультом регистрировалось общее время выполнения команды $T_{общ}$.

Распределение времени реакции выравнено при помощи логарифмически-нормального закона. Было установлено, что

при работе оператора на КСЛ среднее время реакции при отсутствии лимита времени больше на 1,17 с, а при лимите времени 8 с — на 0,88 с, чем среднее время реакции оператора при работе на многоканальном пульте.

Анализ полученных данных показывает, что время поиска подсистемы t_2 при различном лимите времени больше времени поиска системы. Это свидетельствует об определенной сложности поиска подсистемы и объясняется сравнительной трудностью выработки навыка из-за сменяемости названий в «смотровом окне» КСЛ. В случае подачи подряд двух команд, относящихся к одной системе, время выполнения второй из этих команд, когда испытуемому не приходилось включать систему, сократилось примерно в 2 раза. Время включения подсистемы определяется ее местоположением в «смотровом окне» и отличительной особенностью написания. Подсистемы, названия которых располагаются ближе к верхнему или нижнему краю «смотрового окна», при лимите времени 8 с отра-

ванности и более рациональном кодировании команд.

Таким образом, представленные результаты исследований эффективности работы операторов с КСП и КСЛ подтверждают принципиальную возможность использования рассматриваемых устройств в системах управления. При этом оказалось, что различие времени реакции оператора в опытах на модельной установке с КСП и КСЛ по критериям Стьюдента и Фишера статистически достоверно и составляет 350 мс (табл. 1, рис. 3).

Эту разницу можно было бы интерпретировать дополнительным временем, необходимым для смены систем, предъявляемых в смотровом окне КСЛ, которое в среднем составляет 220 мс, и увеличением времени нажатия кнопок команд в КСЛ (в среднем 70 мс) по сравнению с временем касания контактных пластин, имитирующих кнопки команд в эксперименте с КСП.

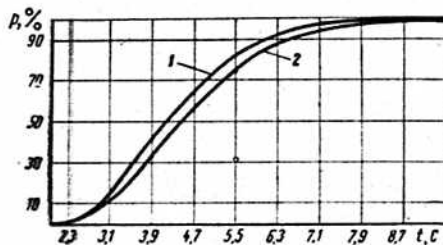
Однако представляется очевидным, что при работе с КСЛ, на котором оператор может видеть наименования систем

Таблица

Экспериментальные данные

Наименование испытательного пульта	Время реакции, с		
	$T_{общ}$	t_1	t_2
КСЛ	4,61 (1,33)	2,29 (0,82)	2,32 (1,27)
КСП	4,36 (1,44)	2,44 (0,66)	1,92 (1,07)
Многоканальный пульт	3,54 (1,42)		

Примечание. В скобках приведена величина среднеквадратичного отклонения.



3. Интегральные законы распределения времени реакции оператора: 1 — при работе на КСП; 2 — при работе на КСЛ

батываются в 1,5 раза быстрее, чем названия, располагающиеся в средней его части. Меньшего времени для выполнения требуют команды, названия которых имеют особенности написания. Уменьшению времени включения подсистемы может способствовать рациональное кодирование названий подсистем и деление «окна» ориентирными линиями на функциональные группы.

Время восприятия команды и включения системы, составляющее 2,07 с (без лимита времени), определяется главным образом знанием принадлежности подсистемы к системе и может быть уменьшено при высокой степени трениро-

и команд, относящихся только к одной системе, должны возникнуть большие трудности, чем при работе с КСП, так как структура устройств различна и она по-разному активизирует мнемические процессы оператора. В работе человеческой памяти, в процессах запоминания и воспроизведения существенную роль играют смысловые связи. По наличию и содержанию смысловых связей информация на КСП и КСЛ примерно равнозначна. Однако на КСП имеющийся материал легче объединяется в структурное целое, чем на КСЛ. Это подтверждается отчетами испытуемых, которые часто свидетельствовали о том, что минуя этап соотнесения команды с соответствующей системой, они сразу отыскивали команду на поле прибора. Этим и объясняется при работе на КСП некоторое увеличение времени t_1 по сравнению с этим же временем при работе на КСЛ. Если на КСЛ последовательность этапов выполнения команды должна была неукоснительно соблюдаться (оператор не мог найти команду в системе, не вызвав предварительно соответствующую линейку-систему), то на КСП процесс поиска команды на

поле может происходить без предварительного процесса классифицирования, т. е. фактически в t_1 при работе на КСП входит не только поиск системы, но и параллельно поиск команды. Сказанное подтверждается тем, что при изменении порядка работы испытуемых на КСП (работа через центральные контакты) время поиска системы стало равным 2,18 с вместо 2,44 с. В данном случае характер работы на КСП и КСЛ практически становился одинаковым.

На КСЛ гораздо труднее выделять структурные единицы вследствие сменности названий в окне КСЛ. Здесь функционируют в основном смысловые связи: текста, поэтому время поиска команды на КСЛ больше, чем на КСП. Кроме того, развернутое поле КСП создает благоприятные условия для произвольного запоминания местоположения команд, и с точки зрения уменьшения мнемической загрузки оператора лучше, чем поле КСЛ. Организация команд на КСП наиболее благоприятна (по сравнению с КСЛ) для протекания соответствующих психических процессов (восприятие, память, мышление).

Сравнение результатов работы операторов с КСЛ и обычным пультом может производиться по аналогии с КСП. Здесь возможны те же объяснения сокращения времени реакции, легко обнаруживаемые смысловые и структурные (пространственные) связи материала, возможность непосредственного запоминания его, а также то, что оператор включает только один орган управления (команды), а не два, как в КСЛ.

Таким образом, по принятым здесь критериям эффективности работы операторов существенных различий между КСП и КСЛ как устройствами управления нет. Следовательно, в системах управления, в которых объекты могут быть классифицированы по хорошо различимым признакам, подобно тому, как была разделена информация на поле КСП и развертке КСЛ в исследуемой модельной установке, могут быть рекомендованы матричные устройства как со свернутой, так и развернутой формами представления информации. При работе оператора с КСП и КСЛ не возникает особых трудностей в выработке рабочих навыков по управлению. При условии высокой тренированности операторов время выполнения ими команд на КСП и КСЛ приблизительно одинаково. Для уменьшения времени реакции и времени их обучения рекомендуется предварительное ознакомление операторов с принципами группирования объектов по системам и их функциональных связей. В особой степени данная рекомендация справедлива при использовании КСЛ.