

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ЧЕЛОВЕКОМ ПОЛИМОДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

В. Ф. РУБАХИН, М. И. ПОЛТОРАК

(Институт психологии АН СССР, Москва)

Проектирование оптимальных режимов работы оператора в эргатических системах требует более правильного и полного использования возможностей человека по приему и переработке сигналов. Нераскрытые резервы в этом отношении могут быть найдены на пути расширения сенсорного входа оператора — создания полимодальных информационных моделей.

Реальные виды труда человека в условиях АСУ характеризуются разнообразными операциями с поступающей информацией. К ним относятся прием информации, приведенной к виду, удобному для восприятия, анализ информации, формирование директивной информации, перекодирование информации, введение первичной информации в АСУ и т. д. [12]. Это многообразие видов деятельности может быть упорядочено по параметру «интенсивность перерабатываемых информационных потоков», который некоторые авторы предлагают в качестве основы для обобщенной классификации видов операторского труда [14], [15].

С этой точки зрения могут быть выделены две крайние группы. Для первой характерен такой режим работы оператора, при котором сигналы высокой значимости поступают с большой неопределенностью во времени, часто с длительными перерывами, во время которых оператор должен поддерживать состояние готовности к обнаружению и опознанию сигнала. Низкая интенсивность информационных потоков, сохраняющаяся в течение длительного времени, приводит к снижению активированности нервной системы и к падению «бдительности» оператора.

Ко второй группе относятся виды операторского труда с обилием сложной символической информации, которая поступает плотным потоком, превосходящим возможности какого-либо одного анализатора по приему сигналов.

Оценивая возможные варианты оптимизации работы оператора в этих режимах, для первого из них можно предложить повышение активированности нервной системы за счет большей сенсорной загруженности, для второго — расширение сенсорного входа за счет использования для приема информации нескольких анализаторов.

Исходя из этого, выдвигаются два способа использования полимодальных сигналов.

1. Дублирование информации по нескольким сенсорным каналам. Суть его состоит в том, что к различным анализаторам подаются сигналы, имеющие одинаковое информационное содержание.

2. Распределение информации между несколькими анализаторами.

Суть такого использования полимодальных сигналов состоит в том, что по разным сенсорным входам оператора одновременно поступает различная информация.

Использование двух способов организации полимодальных сигналов при решении ряда задач, ранжированных по сложности, позволило выяснить вопрос об областях эффективного действия «дублирования» и «распределения».

Таким образом, выбрав в качестве экспериментальных переменных сложность решаемых задач и способ организации полимодальных сигналов, мы построили методическую схему, реализация которой предполагала получение материала для сравнения:

а) эффективности решения различных по сложности задач с помощью сигналов, различающихся по модальности;

б) эффективности решения различных по сложности задач с помощью моно- и полимодальных сигналов, подающихся двумя способами: дублированием и распределением.

### МЕТОДИКА

Экспериментальная установка [2], состоящая из пульта экспериментатора и пульта испытуемого (последний находился в затемненной кабине с освещенностью около 20 лк), позволяла подавать испытуемым сигналы трех модальностей: зрительной (З), слуховой (С) и тактильной (Т). Сигналы могли подаваться как раздельно (мономодально), так и одновременно (полимодально), что позволяло моделировать семь типов сигналов: три мономодальных — З, С и Т; три бимодальных — ЗС, ЗТ и СТ и тройной комплекс — ЗСТ. Алфавит каждого канала состоял из пяти сигналов.

В качестве зрительных сигналов на экране диаметром 85 мм с расстояния 70 см высвечивались пять цветов — красный, желтый, белый, зеленый и синий — яркостью около 50 нит. Слуховыми сигналами служили тона интенсивностью 50 дБ в диапазоне от 100 до 3000 гц, подававшиеся с помощью наушников. В качестве тактильных сигналов на 5 пальцев руки подавались с помощью электромагнитных вибраторов раздражения, частота которых была 50 гц при амплитуде колебаний сердечника 1 мм и интенсивности — 15—18 г/мм<sup>2</sup>.

Интенсивность сигналов была выражена по параметру ВР. Поскольку сигналы различной модальности находились в среднем диапазоне чувствительности соответствующих рецепторов, наиболее адекватном для действия физиологического «закона силы», то примерное равенство ВР на разномодальные сигналы могло служить критерием равенства их интенсивностей.

Эксперименты по «дублированию» предполагали введение условного принципа равнозначности сигналов различной модальности. Суть его состоит в том, что сигналу каждой модальности соответствовал один сигнал в других сенсорных каналах. Например, красному цвету соответствовал звук 100 гц и раздражение на большой палец и т. д. Программы следования сигналов различной модальности были составлены так, что одновременно приходили только соответствующие сигналы, которые как при раздельном, так и при комплексном предъявлении стимулировали выполнение одного и того же действия. Благодаря этому испытуемые при полимодальной сигнализации могли без ущерба для эффективности работы сосредоточить внимание на сигналах какой-то одной модальности. Таким образом обеспечивались необходимые степени свободы, дававшие возможность в ходе работы выбирать сигналы, наиболее эффективные для получения заданного результата.

В серии по «распределению» принцип равнозначности не вводился. При полимодальном предъявлении информации значимые ситуации в различных каналах были случайно разнесены во времени. Для их обнаружения испытуемый должен был постоянно держать в «поле внимания» сигналы, поступающие по всем активизированным анализаторам.

В качестве задач использовались реакции различной сложности. С помощью символического аппарата, предложенного и модифицированного в ряде работ [4], [7], составлялись логические схемы алгоритмов этих реакций. Индекс сложности равнялся сумме операторов и логических условий, выполнение которых необходимо для реагирования.

В табл. 1 приведено краткое описание реакций с присвоенными им индексами сложности<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Данные по простой сенсомоторной реакции взяты из проведенного в тех же экспериментальных условиях исследования В. И. Бутова и А. А. Крылова [3].

Таблица 1

| Дублирование информации   |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Распределение информации                                                                                                                                                                                              |    |    |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| Ранг реакции по сложности |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 6                                                                                                                                                                                                                     |    |    |
|                           | 1                                                                                                                       | 2                                                                                                                                                                                        | 3                                                                                                                                                                                                                                 | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Число каналов поступающей информации                                                                                                                                                                                  |    |    |
|                           |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1                                                                                                                                                                                                                     | 2  | 3  |
| Краткое описание реакции  | Простая сенсорная реакция. Предъявление сигналов в автоматическом нажатии на клавишу. Ответ—нажатие на соседнюю клавишу | Реакция различения определенного сигнала из пяти возможных. Предъявление сигналов в автоматическом нажатии на клавишу. Ответ—нажатие на соседнюю клавишу при появлении значимого сигнала | Реакция различения комбинаций из двух определенных трех выбранных из общего алфавита в 5 символов. Предъявление сигналов в автоматическом нажатии на клавишу. Ответ—нажатие на соседнюю клавишу при появлении значимой комбинации | Реакция различения с одновременной задачей обнаружения в последовательности предъявляемых сигналов определенного, после которого меняется значимый. Предъявление сигналов в автоматическом нажатии на клавишу. Ответ—нажатие на определенную клавишу в зависимости от значимости сигнала | Выбор значимого сигнала в зависимости от того, какой сигнал появился. Выбор производится по одной из двух логических схем, заданных инструктивно. Предъявление сигналов в автоматическом нажатии на клавишу. Ответ—нажатие на определенную клавишу в зависимости от модальности значимого сигнала | Реакция различения в поступающей последовательности двух одинаковых, следующих подряд сигналов. Предъявление сигналов в автоматическом нажатии на определенную клавишу в зависимости от модальности значимого сигнала |    |    |
|                           |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | То же, но одновременно на сигналы двух модальных. Значимые ситуации в каждом канале случайны но разнесены во времени                                                                                                  |    |    |
| Индекс сложности          | 3                                                                                                                       | 5                                                                                                                                                                                        | 7                                                                                                                                                                                                                                 | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Индекс сложности                                                                                                                                                                                                      |    |    |
|                           |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 6                                                                                                                                                                                                                     | 10 | 13 |
|                           |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 13                                                                                                                                                                                                                    |    |    |

Для проведения каждой серии экспериментов набиралась новая группа испытуемых, общая численность которых равнялась 34 человекам. С каждым испытуемым проводилось от 10 до 15 опытов до стабилизации регистрируемых параметров работы. Опыт состоял из равного количества ответов на семь применявшихся сигналов, в среднем за опыт получалось около 150 замеров. Всего было зарегистрировано 52 440 реакций.

В качестве параметров, характеризующих работу испытуемых, использовали скорость и точность реакций, скорость автотемпа и вариативность данных по ВР. Регистрируемая аппаратура состояла из миллиэлектросекундомера ССЭШ-63, трехканального самописца НЗ20-3 и ЭВМ «Днепр-1», которая применялась также для обработки результатов эксперимента.

Субъективные показания испытуемых регистрировались в форме ответов на вопросы анкеты и записи свободных рассказов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### А. ДУБЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

1. Сравнительная эффективность реакций на сигналы различной модальности.

Как показали результаты эксперимента, сравнительная эффективность реагирования на сигналы различной модальности изменяется в зависимости от сложности реакций. 1-я и 2-я реакции, более простые в ранжированном по сложности ряду, имеют более высокие параметры выполнения на сигналы, включающие слуховой компонент С, 3, ЗС, СТ и ЗСТ. Более сложные 3-я, 4-я и 5-я реакции эффективней выполняются на сигналы, включающие зрительный компонент — 3, ЗС, ЗТ и ЗСТ. Различия параметров статистически достоверно ( $p < 0,001$ ). Средние данные, отражающие стабилизированный уровень параметров, представлены в табл. 2.

Таблица 2

| Меньшее ВР — на сигналы, включающие слуховой компонент |            |            | Меньшее ВР — на сигналы, включающие зрительный компонент |            |              |
|--------------------------------------------------------|------------|------------|----------------------------------------------------------|------------|--------------|
| № реакции                                              | 1          | 2          | 3                                                        | 4          | 5            |
| ВР<br>мсек                                             | 262<br>233 | 474<br>379 | 544<br>460                                               | 563<br>482 | 1280<br>1040 |

Особенно наглядно проявляется ведущая роль в простых задачах слуховых сигналов, а в сложных — зрительных, при анализе ВР на ЗС и ЗСТ сигналы. Оба эти сигнала включают и зрительный, и слуховой компонент. В первых двух реакциях ВР на эти сигналы было примерно равно ВР на С сигнал и значительно меньше ВР на 3-й сигнал. В трех последующих реакциях, наоборот, ВР на ЗС и ЗСТ сигналы были примерно равны ВР на 3 и значительно отличалось в меньшую сторону от ВР на С сигнал.

2. Сравнительная эффективность реакций на моно- и полимодальные сигналы.

Данные по ВР на моно- и полимодальные сигналы представлены в табл. 3. Как видно, в среднем ВР в четырех сериях меньше на полимодальные сигналы. Результаты пятой реакции имели настолько большое различие по признаку модальности сигнала, что сравнение моно- и полимодальных сигналов оказалось необходимым провести по группировкам первого признака. Эти данные представлены в табл. 4.

Таблица 3

|                       | № реакции |     |     |     |
|-----------------------|-----------|-----|-----|-----|
|                       | 1         | 2   | 3   | 4   |
| ВР (мсек) на сигналы: |           |     |     |     |
| Мономодальные         | 271       | 445 | 510 | 525 |
| Полимодальные         | 227       | 405 | 494 | 499 |

Таблица 4

| ВР (мсек) на сигналы, включающие 3-й компонент |               | ВР (мсек) на сигналы без 3-го компонента |               |
|------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|---------------|
| Мономодальные                                  | Полимодальные | Мономодальные                            | Полимодальные |
| 988                                            | 1059          | 1282                                     | 1283          |

Данные, представленные в табл. 4, показывают, что на уровне сложности, соответствующем 5-й реакции, дублирование разномодальными сигналами оказывает отрицательное влияние на скорость работы испытуемых (увеличение ВР в полимодальном варианте на сигналы, включающие зрительный компонент, статистически достоверно:  $p < 0,01$ ).

Сопоставляя данные по двум сравниваемым признакам, можно обнаружить действие двух факторов. Первый связан с модальностью сигнала, точнее, выражает соответствие модальности сигнала сложности решаемой задачи. Второй определяет параметры реагирования в зависимости от числа разномодальных компонентов в комплексном сигнале. Для выявления областей действия и силы влияния каждого фактора на дисперсию параметра ВР был проведен дисперсионный анализ двухфакторных комплексов по материалам пяти реакций (рис. 1). Его результаты

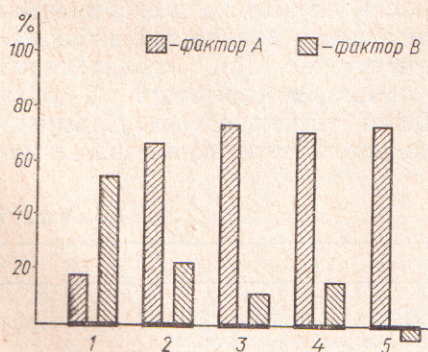


Рис. 1.

показывают, что с увеличением сложности реакций действие первого фактора усиливается, а действие второго — ослабляется. Рис. 1 дополняется цифровыми материалами по ВР, приведенными в табл. 5. Как видно из таблицы, слабый фактор действует внутри градаций более сильного фактора. Так, в первой задаче, где сильнее действие фактора, связанного с числом разномодальных компонентов в комплексном сигнале, все семь типов сигналов делятся на две группы — моно- и полимодальные, дающие значимое различие по ВР в 44 мсек ( $p < 0,001$ ). Внутри этих двух групп меньшее ВР дают слуховые сигналы, определяя максимальные различия в 29 мсек ( $p < 0,01$ ).

В остальных 4-х реакциях, где сильнее фактор соответствия модальности сигнала сложности решаемой задачи, наблюдается обратная картина. Полимодальность оказывает влияние на результаты работы

Таблица 5

| № реакции                        | 1  |      | 2    |    | 3  |    | 4    |      | 5    |    |
|----------------------------------|----|------|------|----|----|----|------|------|------|----|
| Факторы                          | А  | В    | А    | В  | А  | В  | А    | В    | А    | В  |
| Сила влияния на дисперсию ВР (%) | 18 | 54,1 | 67,6 | 22 | 72 | 10 | 70,6 | 17,3 | 72,3 | 3  |
| Определяемый разброс ВР (мсек)   | 29 | 44   | 95   | 40 | 84 | 16 | 81   | 26   | 240  | 41 |

Примечание: Фактор А—соотношение модальности сигнала сложности реакции, фактор В—число разномодальных компонентов в сигнале.

испытуемых внутри двух групп сигналов, разделение которых обусловлено наличием или отсутствием компонента определенной модальности (во 2-й реакции — слухового, в 3-й, 4-й и 5-й — зрительного). Однако в 5-й реакции действие полимодальности статистически недостоверно.

### Б. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

В сложных реакциях серии «дублирование» мы не получили повышения эффективности работы испытуемых при активизации нескольких анализаторов. Поэтому эксперименты по «распределению» должны были ответить на вопрос: может ли полимодальная система приема информации быть более эффективной, чем мономодальная, при решении достаточно сложных задач.

С этой точки зрения демонстративным является сопоставление времени, затрачиваемого на выполнение всех логических условий и операторов в задачах 5 и 6. Как уже указывалось, специфика экспериментов на распределение состоит в том, что имеющееся количество информации равномерно делится между анализаторами. При дублировании к каждому анализатору подается весь объем информации. В связи с этим суммарный индекс сложности задачи на распределение намного превосходит сложность реакции, выполняемой в этой задаче на сигналы одной модальности.

Таблица 6

| № задачи         | 3   | 6                                       |                                          | 5    |
|------------------|-----|-----------------------------------------|------------------------------------------|------|
|                  |     | При подаче сигналов одной модальности 6 | При подаче сигналов трех модальностей 13 |      |
| Индекс сложности | 7   |                                         |                                          | 11   |
| ВР (мсек) на 3   | 478 | 452                                     | 499                                      | 980  |
| сигналы С        | 543 | 435                                     | 495                                      | 1270 |
| Т                | 570 | 504                                     | 504                                      | 1290 |

Данные, представленные в табл. 6, показывают, что время, затрачиваемое на выполнение полного набора элементов задачи № 6, почти соответствует индексу сложности одномодальной задачи и примерно равной ей по сложности задачи № 3, и намного меньше ВР задачи № 5, уступающей по сложности трехмодальному варианту 6-й реакции. Как видно из рис. 2, при распределении информации не наблюдается линейной зависимости ВР от индекса сложности, как это было в эксперимен-

тах по дублированию. Вероятно, то, что время переработки сигналов, поступающих по трем каналам, примерно равно длительности обработки сигналов в одном канале, свидетельствует о самостоятельности информационных процессов для сигналов различной модальности, что до-

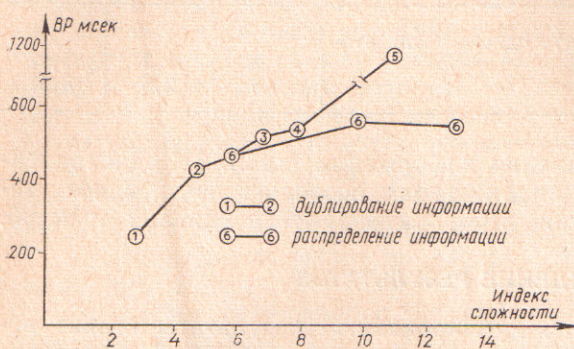


Рис. 2.

пускает их совпадение во времени. Этот вывод подтверждает и анализ точности работы испытуемых, который вскрывает процесс формирования механизма параллельной обработки сигналов различной модальности.

В табл. 7 представлены данные по увеличению точности работы испытуемых в течение пяти опытов<sup>1</sup>. Отсутствие навыка одновременного слежения за поступаю-

щей информацией и необходимость переключать внимание с сигналов одной модальности на другую приводило в первых опытах к пропускам значимых ситуаций — ошибка типа «пропуск цели» (ПЦ). Однако в процессе эксперимента у испытуемых вырабатывался навык «параллельного» (по их словам) слежения за поступающими сигналами всех модальностей. По данным объективной регистрации, это отражалось на

Таблица 7

| № опыта                             | Количество ошибок на 100 правильных ответов            |                     |                   |                     |                   |                     |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
|                                     | Число одновременно принимающих информацию анализаторов |                     |                   |                     |                   |                     |
|                                     | 1                                                      |                     | 2                 |                     | 3                 |                     |
|                                     | всего оши-<br>бок                                      | ошибки типа<br>«ПЦ» | всего оши-<br>бок | ошибки типа<br>«ПЦ» | всего оши-<br>бок | ошибки типа<br>«ПЦ» |
| I                                   | 20                                                     | 8                   | 58                | 40                  | 65                | 48                  |
| V                                   | 2                                                      | 2                   | 17                | 14                  | 29                | 26                  |
| I—V                                 | 18                                                     | 6                   | 41                | 26                  | 36                | 22                  |
| $\frac{П_1 - П_5}{N_{21} - N_{25}}$ | 33%                                                    |                     | 63%               |                     | 62%               |                     |

точности работы уменьшением ошибок типа «ПЦ» прежде всего и более всего при полимодальной сигнализации, что также свидетельствует об отсутствии необходимости для восприятия сигналов одной модальности отвлекать внимание от других каналов поступления информации (т. е. переключаться).

Как показали характеристики одновременной идентификации нескольких сигналов [11] и расчет пропускной способности испытуемых

<sup>1</sup> В течение первых пяти опытов практически достигается стабилизация данных по точности реагирования.

Таблица 8

|                                      |                                        | Число одновременно принимающих информацию анализаторов |            |              |
|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------|--------------|
|                                      |                                        | 1                                                      | 2          | 3            |
| Пропускная способность<br>бит<br>сек | При работе одного анализатора<br>Всего | 1,8<br>1,8                                             | 1,3<br>2,6 | 1,17<br>3,51 |

при разных формах представления информации (табл. 8), одновременная подача сигналов к трем анализаторам позволяет почти вдвое увеличить количество информации, перерабатываемой в единицу времени.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в сериях «по дублированию» результаты ставят вопрос: чем объясняется соответствие сигналов определенной модальности задачам определенной сложности? Ответить на этот вопрос можно, но пока в общей форме. Морфологические образования различных анализаторов, активизированные сигналами соответствующей модальности, различаются по таким свойствам, как степень кортикализации, теснота связи с неспецифическими отделами и эфферентными путями на разных уровнях головного мозга, нейродинамические свойства [1], [9], [13]. Отсюда проистекает различие их функциональных характеристик. Различающиеся по психофизиологическому содержанию задачи требуют от исполнительного субстрата определенных функциональных характеристик. В соответствии с этим можно заключить, что действие фактора, интерпретируемого как «соответствие модальности сигнала сложности задачи», объясняется совпадением требований задачи с функциональными характеристиками активизированного субстрата.

Действие второго фактора — числа разномодальных компонентов в сигнале — объясняется, на наш взгляд, энергетическими характеристиками полимодального сигнала. Полимодальный сигнал, состоящий из двух или трех примерно равных по интенсивности компонентов, значительно сильнее этих компонентов. При учете того, что компоненты полимодального сигнала имели одинаковое информационное содержание, объяснять их действие следует, исходя из энергетических характеристик.

По имеющимся в литературе данным [5], [10], связь физических характеристик сигнала и ответа определяется их близостью во временном и структурном отношениях. Простые реакции позволяют связанному с действием сигнала возбуждению непосредственно передаваться на исполнительные пути и обуславливать характеристики ответа. Центральные, логические компоненты реакции и время, затрачиваемое на их выполнение, являются своего рода «амортизатором», опосредствующим связь «сигнал-ответ», нивелирующим физические различия сигналов. Чем мощнее этот «амортизатор», тем слабее связь физических характеристик сигнала и ответа. Полученное в наших экспериментах уменьшение действия фактора полимодальности с усложнением реакции, позволяет примерно ограничить область эффективности полимодального дублирования информации. Сопоставляя наши результаты с данными других работ [8], можно предположить, что при дальнейшем усложнении задачи должно проявиться достоверное отрицательное влияние полимодальности на результаты работы.

Еще одним интересным результатом следует считать то, что, по-ви-

димому, «оперативный энергетический порог»<sup>1</sup> мозга выше этого параметра какого-либо анализатора. Если бы мы подавали мономодальный сигнал удвоенной или утроенной интенсивности, по сравнению с использовавшейся, то соответствующий рецептор работал бы не в оптимальном диапазоне чувствительности, а значительно выше, возможно уже в области болевой чувствительности. Однако распределение этой суммарной энергии между несколькими рецепторами не внесло искажений в работу нервной системы. Это говорит о том, что полимодальная система приема информации позволяет подавать сигналы значительно большей интенсивности, чем мономодальная.

Расширение сенсорного входа человека путем распределения имеющегося объема информации между анализаторами может быть эффективным в том случае, если выполняются два условия:

1. Возможности мозга по переработке информации должны быть выше, чем возможности какого-либо одного анализатора по ее приему. В этом случае активизация для приема сигналов несколькими анализаторами позволяет более полно использовать резервы центральной нервной системы.

2. Поступающая по разным анализаторам информация должна перерабатываться одновременно, так как последовательная переработка ограничила бы общую пропускную способность мозга значением этого параметра для какого-либо одного анализатора.

Полученные в эксперименте по «распределению» результаты свидетельствуют в пользу выполнения этих условий. Именно этим и объясняется, очевидно, повышение пропускной способности испытуемых при полимодальной организации сигналов. Вместе с тем, было отмечено также и некоторое увеличение времени обработки информации при одновременном функционировании нескольких сенсорных каналов. Объяснить этот прирост можно следующими причинами:

- а) различием в скорости рецепторных процессов и протяженности проводящих путей различных анализаторов;

- б) различием в эффективности решения задачи с помощью разных афферентных систем (фактор А в экспериментах по «дублированию»). Отсюда следует, что при соответствующей организации информационной модели, учитывающей особенности переработки информации, принимаемой с помощью той или иной анализаторной системы, совпадение во времени информационных процессов различной модальности может стать более полным, и общее время центральной переработки сигналов будет сокращено.

## ВЫВОДЫ

1. Расширение сенсорного входа за счет подачи оператору полимодальных сигналов может оказывать положительное влияние на результаты его работы двумя способами:

- а) повышая общее функциональное состояние, активизируя нервную систему за счет того, что полимодальная система приема информации позволяет подавать сигналы большей интенсивности, чем мономодальная;

- б) повышая информационную пропускную способность за счет того, что возможности мозга по переработке информации превосходят возможности одного анализатора по ее приему, и активизация нескольких

---

<sup>1</sup> Термин употребляется по аналогии с «оперативным информационным порогом» [6].

анализаторов позволяет значительно полнее использовать резервы центральной нервной системы по переработке информации.

2. Психологическое содержание задачи, которое учитывалось в наших экспериментах в характеристике сложности задачи, является важным признаком, который определяет:

а) область эффективного действия применяемых способов организации полимодальных сигналов;

б) предпочтительность сигналов по модальности (действие фактора соответствия модальности сигнала сложности решаемой задачи);

в) число разномодальных компонентов в сигнале (действие энергетического фактора).

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Адрианов О. С. О некоторых структурно-функциональных механизмах межкорковых и подкорково-корковых взаимоотношений. Сб. «Современные проблемы физиологии и патологии нервной системы». М., «Медицина», 1965.
2. Бутов В. И. Методика исследования переработки информации при ее поступлении по различным сенсорным каналам. «Вопросы психологии», 1969, № 4.
3. Бутов В. И., Крылов А. А. Исследование времени простой сенсомоторной реакции на полимодальные сигналы. «Теоретическая и прикладная психология в Ленинградском университете». Л., 1969.
4. Заравковский Г. М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. М., «Наука», 1966.
5. Конопкин О. А., Кондратьева И. И. О психологической детерминации проявлений «закона силы» в сенсомоторном реагировании. «Новые исследования в психологии», 1973, № 1.
6. Ломов Б. Ф. О некоторых критериях оценки сигналов, передающих информацию человеку-оператору. «Проблемы инженерной психологии», вып. 2, Л., 1965.
7. Ляпунов А. А., Шестопал Г. А. Об алгоритмическом описании процессов управления. «Математическое просвещение», 1957, № 2.
8. Медведев В. И. Развитие учения Л. А. Орбели о взаимодействии афферентных систем. «Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова», 1972, т. 58, № 7.
9. Меринг Т. А. Особенности замыкания условно-рефлекторной связи. М., «Медицина», 1967.
10. Ольшанникова А. Е. Влияние некоторых производственных детерминант на отношение между интенсивностью зрительных сигналов и эффективностью реакции выбора. «Психология и техника». М., «Просвещение», 1965.
11. Полторац М. И. Пропускная способность человека при межаппаратном распределении информации. «Новые исследования в психологии», 1973, № 1.
12. Рубахин В. Ф. Технический прогресс и психологические проблемы управления. «Вопросы психологии», 1973, № 4.
13. Gaarder K. A theoretical and experimental examination of auditory-visual interaction. "Percept and Mot. Skills", 1969, vol. 29.
14. Oliver M. Contribution à une introduction aux études des systèmes hommes-machine. "Bull. Centre étude et rech. psych.", 1967, vol. 16, No. 1.
15. Rolfe I. M. Multiple task performance: operator overload. "Occup. Psych.", 1971, vol. 45, No. 2.

#### A STUDY OF POLYMODAL SIGNALS PROSCESSING BY MAN

V. F. RUBAKHIN AND M. I. POLTORAK

#### Summary

The present paper investigates the man's possibilities in proscessing of polymodal signals. Assuming that these signals may optimize the automatic control system operator's activity, the authors identified two ways of displaying multisensory information: "doubling" and "distribution". These ways must correspond to the different conditions of human work in the system of control.

