

ПСИХОЛОГИЯ ТРУДА И ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

**О СООТВЕТСТВИИ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРУКТУРЫ, МНЕМОСХЕМЫ И СПОСОБА
ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРА***Галактионов А. И., Янушкин В. Н.**Институт психологии АН СССР, Москва*

В статье обсуждаются результаты инженерно-психологических исследований процессов формирования и трансформации психологической структуры деятельности операторов АСУ ТП при разных мнемосхемах и способах обучения.

Ключевые слова: структура деятельности, обучение, структура мнемосхемы, трансформация.

Нами проведены экспериментальные исследования процессов формирования оператором образа управляемого им технологического объекта и его трансформации при разных способах обучения и разных вариантах мнемосхем, с которыми работал человек-оператор.

Основные цели исследований:

1. Выяснить, как изменяется психологическая структура деятельности (ПСД) оператора, работающего с мнемосхемой, в процессе приобретения им опыта работы, а также при изменении способов обучения и структуры (вариантов) мнемосхемы.
2. Обосновать инженерно-психологические принципы согласования способов обучения и вариантов мнемосхем с формируемыми человеком-оператором частными ПСД на разных концептуальных уровнях его деятельности (уровнях обучения) [1].
3. Разработать инженерно-психологические принципы построения высокоэффективных мнемосхем для операторов АСУ ТП.

В экспериментах участвовало 20 испытуемых, студентов в возрасте 20—25 лет. Перед началом работы все испытуемые прошли определенную подготовку. Условия их работы в эксперименте по возможности были приближены к реальным.

Основная задача состояла в том, чтобы по комбинации зажженных сигналов на мнемосхеме (сигналов об отклонении параметров за допустимые значения) провести анализ режима работы управляемого технологического объекта, т. е. установить, в каком режиме в данный момент функционирует объект, имеется ли нарушение в технологическом процессе или неисправность в работе технологического оборудования, определить место, характер нарушения и его причину, требующую определенного управляющего воздействия на объект.

При правильном решении задачи испытуемый-оператор (ИО) получает подтверждение и переходит к работе над другой задачей. При неправильном ответе ему предлагается повторить решение, и так до тех

пор, пока не будет выполнена задача или не будет дан отказ от ее решения. Отказ давался экспериментатором при пяти неправильных решениях в начальный период работы испытуемых, при трех — в средний период работы и при одном — в конечный период работы. Отказом считался и такой случай, когда оператор заявлял экспериментатору, что не может решить данную задачу. После отказа испытуемый переходил к решению следующей задачи и т. д.

Каждый оператор работал по 3—5 ч ежедневно, решив в общей сложности за 12 рабочих дней около 800 задач. При этом в один и тот же день последовательность и состав задач для всех испытуемых были одни и те же, но различались для разных рабочих дней.

Регистрировались время решения задачи и количество ошибочных решений за период работы (12 рабочих дней). Испытуемые давали, кроме того, письменные и устные ответы о решении некоторых задач, определяемых экспериментатором. При этом устные ответы давались как после, так и в процессе решения задачи. Применялись анкеты-опросники и методика «активного испытуемого». Были созданы три модели мнемосхемы, построенные по разным принципам: технологическому, функциональному и функционально-алгоритмическому. Использовались три способа обучения: технологический — подготовка традиционным способом; функциональный — обучение с использованием функциональной модели объекта; стратегический — основанный на идее целенаправленного формирования ПСД оператора.

Для исследования процесса трансформации субъективного образа управляемого объекта при обучении и оценке вариантов мнемосхем и способов обучения нами были разработаны и использованы: а) методика «активного испытуемого», позволяющая по анализу субъективных вариантов мнемосхем, предложенных испытуемыми на разных стадиях обучения, выявить оперативные единицы деятельности, характер связей между ними и способы организации процесса контроля и управления данным испытуемым; б) методика-вопросник самоотчетов испытуемых о способах решения ими задач; в) количественные критерии оценки деятельности: среднее время решения задачи, процент ошибочных решений и время формирования психологической структуры деятельности.

Проведен анализ более 300 предложенных испытуемыми субъективных вариантов мнемосхем (СВМ).

В результате анализа выделено пять принципов построения СВМ: технологический, функционально-технологический, функциональный, функционально-алгоритмический и образный. Следует заметить, что такое деление является условным, так как процесс перехода от одного принципа к другому хотя и носит последовательный характер, однако отдельные признаки каждого последующего принципа проявляются в предыдущем. Это отражает параллельность процесса формирования в общей ПСД отдельных частных ПСД. Но, несмотря на это обстоятельство, мы выделяем отдельные стадии процесса трансформации СВМ, на которых каждый из принципов проявляется довольно четко. Ниже мы приводим принципы построения СВМ на каждой стадии.

Первая стадия соответствует началу формирования ПСД. Мнемосхемы, предложенные тридцатью испытуемыми, построены по технологическому принципу. На СВМ расположение, обозначение, форма символов технологических агрегатов, а также расположение контролируемых параметров соответствуют расположению, обозначениям, формам этих элементов на технологической схеме объекта, по которой обучались все испытуемые. Связи между элементами мнемосхемы носят технологический характер. На этой стадии нередко проявляются элементы функционального принципа: цветовое разделение отдельных систем и технологических потоков, что характеризует начало формирования в общей ПСД элементов частной функциональной ПСД (ФПСД).

Вторая стадия — СВМ строятся по функционально-технологическому принципу. Предлагаемые мнемосхемы носят, с одной стороны, технологический характер, с другой, в них четко проявляются признаки функционального принципа построения мнемосхемы. Испытуемые цветом и пространственно разделяют отдельные системы, не связанные одна с другой функционально. Наблюдается тенденция к минимизации пересечений технологических потоков и связей. Применяется прием разрыва или дублирования агрегата, объединяющего два функциональных потока.

Анализ СВМ и отчетов ИО позволил выявить факт формирования функциональных оперативных единиц деятельности (ОЕД) и связей между ними и наличие процесса дальнейшего совершенствования в общей ПСД частных ФПСД и ИПСД (информационной ПСД).

Третья стадия — функциональный принцип построения СВМ проявляется наиболее ярко. Меняются обозначения и форма символов. Они носят абстрактный характер правильных геометрических фигур (треугольник, круг, квадрат и т. п.) и нужны для привязки технологических параметров, а не для создания ассоциаций с реальным технологическим процессом, как это было на предыдущих стадиях. Происходит минимизация форм символов и длины связей. Главные технологические параметры располагаются в центральной части панели для удобства их обзора или выносятся на отдельное место. Начинает проявляться тенденция к обозначению неконтролируемых событий и связей их с контролируемыми, а также тенденция к замене технологических связей причинно-следственными и исключение их изгибов. Вводятся одинаковые обозначения одинаковых блоков.

При построении СВМ на этой стадии и в отчетах ИО четко выражены функциональные и информационные ОЕД, происходит замена технологических связей на причинно-следственные, что подтверждает преобладание в общей ПСД частных ФПСД и ИПСД.

Четвертая стадия — наблюдается интеграция всех частных ПСД в едином образе технологического объекта, который отражен в СВМ. Наличие элементов каждой частной структуры в интегральном образе прослеживается при анализе СВМ, предлагаемых ИО в этот период работы:

1. Элементы ТПСД проявляются в:

— размещении символов параметров основных технологических потоков (получение твердого материала, подача жидкости, подача масла) в той последовательности, в которой расположены агрегаты, представляемые этими параметрами в технологическом процессе;

— сохранении символов технологических параметров и в некоторых случаях их перекодировании с целью однозначности понимания принадлежности каждого символа соответствующему механизму;

— выборе цветов кодирования различных потоков, вызывающих ассоциацию с реальной технологической средой: вода — синяя; масло — красное или желтое; твердый материал — коричневый или черный.

Анализ СВМ и отчетов ИО позволяет нам сделать вывод о наличии в общей ПСД элементов (основных технологических ОЕД и основных технологических связей) частной ТПСД.

2. Элементы ФПСД и ИПСД проявляются в:

— полном пространственном и цветовом разделении отдельных систем и технологических потоков, не связанных друг с другом функционально;

— дублировании или «разрыве» агрегатов, механизмов, объединяющих несколько функциональных потоков;

— упрощении или исключении из схемы большинства символов, обозначающих технологические агрегаты и механизмы;

— введении обозначений неконтролируемых событий и их связей с контролируемыми;

- минимизации длины связей между параметрами и их пересечений;
- указанием стрелками или цифровыми индексами порядка контроля параметров (алгоритм контроля);
- построении мнемосхемы в соответствии с иерархией причинно-следственных связей.

Применяемые ИО принципы, перечисленные выше, и построения СВМ позволяют оператору иметь на системе отображения информации данные об алгоритме поиска первопричины и отражают наличие в общей ПСД элементов частных ФПСД и ИПСД — функциональных и информационных ОЕД и причинно-следственных связей между ними.

3. Наблюдается разделение основных параметров и параметров, обозначающих первопричины. Для этого применяются следующие приемы:

- расположение основных параметров в центральной части панели, а параметров первопричины по краям панели;
- группировка параметров первопричины в одной (нескольких) зоне и расположение их на одной линии;
- выделение в отдельное место панели и группировка только тех первопричин, которые наиболее часто встречаются при решении задач;
- группировка основных параметров и параметров первопричин, близких по графу контроля к основным, и расположение их на одной линии с основными параметрами.

Организация СВМ по таким принципам и их обоснование говорят о стремлении ИО организовать, где это возможно, «ускоренный» поиск первопричины по системе «основной параметр — первопричина», минуя промежуточные логические шаги поиска. Это свидетельствует об использовании ИО алгоритмических связей, т. е. о наличии в общей ПСД частной АПСД (алгоритмической ПСД).

Для того чтобы «сразу узнать задачу» по сочетанию сигнализаторов, ИО применяют следующие приемы: концентрацию однородных (функционально связанных) параметров в пространственно разнесенные группы и расположение их так, чтобы разные сочетания горящих сигналов составляли разные легко читаемые «картинки»; соединение сигнализаторов параметров, определяющих задачу в определенную фигуру цветной линией.

Приведенные примеры свидетельствуют о наличии в общей ПСД элементов частной ОПСД (образной ПСД).

Пятая стадия — СВМ имеют вид сильно сконцентрированных групп параметров, относящихся к функционально разным подсистемам. Группы разделены цветом и пространственно. В этих СВМ почти отсутствуют символы элементов технологического процесса (кроме символов параметров), нет графических связей между ними. Полностью утерян технологический смысл объекта. На этом этапе в СВМ явно выражены алгоритмические и образные ОЕД, соответствующие алгоритмической и образной частной структурам деятельности операторов.

Методика-опросник самоотчетов испытуемых была использована с целью повышения достоверности исследований процессов трансформации ПСД. Исследовали три группы испытуемых общим количеством девять человек. Группы выбрали так, чтобы охватить все способы обучения.

Из девяти испытуемых пять подтвердили, что работали на всех пяти уровнях деятельности.

Дальнейший анализ анкеты приводит нас к заключению, что момент перехода от одного уровня деятельности к другому испытуемые не замечают. Это подтверждают все девять испытуемых.

Все они отметили в анкетах, что основным уровнем деятельности, позволяющим решать задачи, является информационный. Пять испытуемых назвали еще и функциональный уровень, а оставшиеся четверо — технологический и функциональный, которые, по их мнению, слились в один. Один испытуемый назвал также в числе основных образный уро-

вень деятельности, отметив в анкете, что «...при специальной организации мнемосхемы и хорошей подготовке при решении известных задач этот способ очень эффективен и наджен».

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ТРЕХ ВАРИАНТОВ МНЕМОСХЕМ

Среднее время решения задачи за весь период обучения по всем трем методам обучения для функциональной мнемосхемы больше на 25%, для технологической — на 27% по сравнению с функционально-алгоритмической, а среднее число ошибочных решений задач для технологической мнемосхемы больше на 13%, для функциональной — на 27% по сравнению с функционально-алгоритмической мнемосхемой.

По методике «активного испытуемого» сравнивалось время до начала формирования человеком интегральной структуры деятельности. Были получены следующие данные: время формирования при работе с технологической мнемосхемой больше на 91%, а при работе с функциональной — на 44%, чем при работе с функционально-алгоритмической.

Двенадцати испытуемым было предложено расположить мнемосхемы в порядке возрастания сложности работы с ними. Все испытуемые поставили на первое место мнемосхему, построенную по функционально-алгоритмическому принципу.

Представленные выше результаты сравнения трех вариантов мнемосхем позволяют сделать следующие выводы:

Большие значения среднего времени решения задачи за весь период и среднего процента ошибочных решений задач за весь период для мнемосхем, построенных по функциональному и технологическому принципам, по сравнению с интегральной мнемосхемой, построенной по функционально-алгоритмическому принципу, показывают преимущество последней.

Результаты методики «активного испытуемого» показывают, что применение интегральных мнемосхем при обучении и для работы ускоряет процесс формирования ПСД по сравнению с применением мнемосхем, построенных по функциональному и технологическому принципам. По субъективным оценкам вариантов мнемосхем можно утверждать, что испытуемые предпочитают интегральные мнемосхемы.

В результате интегральные мнемосхемы, построенные по функционально-алгоритмическому принципу, в которых материализованы все частные ПСД, более эффективны, чем мнемосхемы, построенные по функциональному или технологическому принципу, в которых материализованы лишь отдельные частные ПСД. Следовательно, применение интегральных мнемосхем позволяет повысить эффективность деятельности операторов АСУ ТП.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ТРЕХ СПОСОБОВ ОБУЧЕНИЯ

Среднее время решения задачи за весь период по трем мнемосхемам для технологического способа обучения больше на 64%, а для функционального — на 42% по сравнению со стратегическим способом, количество ошибочных решений для технологического метода обучения — на 39%, а для функционального — на 63% больше по сравнению с результатами, полученными при стратегическом способе обучения.

По методике «активного испытуемого» получено время формирования интегральной структуры деятельности. Время формирования при технологическом способе обучения на 50%, а при функциональном — на 39% больше, чем при стратегическом способе обучения.

Представленные выше результаты сравнения трех методов обучения по количественным критериям оценки и по методике «активного испытуемого» дают нам основание сделать следующий вывод:

Стратегический метод обучения, задача которого — помочь оператору в формировании всех пяти частных ПСД, выявленных нами при исследовании стадии самообучения, ускоряет процесс формирования интегральной ПСД и позволяет за один и тот же период обучения добиться более высоких количественных показателей (среднее время решения задачи, средний процент ошибочных решений) по сравнению с технологическим и функциональным методами обучения. Следовательно, он более эффективен.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СООТВЕТСТВИЯ СПОСОБА ОБУЧЕНИЯ ТИПУ МНЕМОСХЕМЫ

Наилучшие значения показателей среднего времени решения задачи и процента ошибочных решений наблюдались при сочетаниях, где метод обучения и принципы построения мнемосхемы соответствуют формируемой ПСД, наихудшие — когда такого соответствия нет. Результаты методики «активного испытуемого» свидетельствуют о положительном влиянии соответствия метода обучения, принципов построения мнемосхемы и ПСД на процесс формирования последней и об отрицательном влиянии на этот процесс какого-либо несоответствия.

Для достижения высокой эффективности деятельности процесс обучения необходимо рассматривать как целенаправленное формирование ПСД, суть которого — в обеспечении соответствия методов обучения, принципов построения мнемосхем и формируемых ПСД. Такое понимание процесса обучения позволит организовать высокий уровень взаимной адаптации образа управляемого объекта и структуры мнемосхем на разных этапах обучения.

Результаты экспериментальных исследований процессов формирования и трансформации образа управляемого объекта, формируемого человеком-оператором на определенном уровне (этапе) обучения, изменение им структуры мнемосхемы объекта в различных конкретных условиях позволили нам разработать принципы взаимной адаптации вариантов структуры мнемосхемы и способов обучения оператора работе с ними.

Использование этих принципов позволяет повысить скорость и безошибочность решения задач контроля и управления, облегчает процессы формирования каждой частной ПСД и ускоряет процесс обучения человека.

Для практической реализации указанных принципов сформулированы специальные требования и рекомендации по организации взаимной адаптации образа управляемого объекта и структуры мнемосхемы в процессе обучения. К ним относятся требования и рекомендации по инженерно-психологическому проектированию функционально-алгоритмической мнемосхемы, организация обучения оператора, рекомендации по практическому использованию методики «активного испытуемого» и рекомендации по использованию различных форм взаимной адаптации вариантов структуры мнемосхемы и способа управляемого объекта при организации операторской деятельности.

ВЫВОДЫ

1. В процессе приобретения опыта работы (т. е. на стадии самообучения) оператор постоянно совершенствует и трансформирует образ технологического объекта, адаптируя его к другим формируемым частным ПСД.

Процесс трансформации выражается во включении в образ технологического объекта элементов частных ПСД (вначале функциональной, затем информационной и т. д.), в результате чего формируется интегральная структура (функционально-алгоритмическая), объединяющая в себе три основные рабочие частные (технологическую, функциональную и информационную) и две вспомогательные (алгоритмическую и образную) ПСД. На высшей стадии самообучения в общей ПСД преобладают алгоритмическая и образная частные ПСД.

2. Процесс формирования не осознается оператором и кроме известных ранее методов (словесный отчет, временные и надежностные характеристики, построение диаграмм глазодвигательной активности) может быть исследован с помощью методики «активного испытуемого». Она применяется и для решения задач оценки степени обученности.

3. Интегральные мнемосхемы, построенные по функционально-алгоритмическому принципу, в которых материализуются все частные ПСД, более эффективны по сравнению с мнемосхемами, построенными по функциональному и технологическому принципам, в которых материализованы лишь отдельные частные ПСД.

4. Стратегический метод обучения, задача которого — помочь оператору в формировании пяти частных ПСД, выявленных нами при исследовании стадии самообучения, ускоряет процесс формирования интегральной ПСД и позволяет за один и тот же период обучения добиться более лучших количественных показателей (среднее время решения задачи, средний процент ошибочных решений) по сравнению с технологическим и функциональным методами обучения.

5. Целенаправленное формирование ПСД, суть которого заключается в обеспечении соответствия методов обучения, принципов построения мнемосхем и ПСД, позволяет достичь высокой эффективности трудовой деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галактионов А. И., Янушкин В. Н. Трансформация структуры деятельности оператора АСУ ТП на стадии самообучения. — Психол. ж., 1981, т. 2, № 6, с. 65—75.
2. Чачко А. Г. Подготовка операторов энергоблоков. М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Hudson P. V., Self J. A. A dialogue system to teach database concepts. — Computational J., 1985, v. 25, № 1, p. 135—139.