



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ У ОПЕРАТОРОВ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА¹

ОБОЗНОВ А. А., *Институт психологии РАН, Москва*

НАЗИН В. А., *ТП ЗАО «Хоневелл», Москва*

ГУЦЫКОВА С. В., *Институт психологии РАН, Москва*

МИРОНОВА А. С., *ТП ЗАО «Хоневелл», Москва*

В статье обосновывается необходимость разработки специальных интеллектуальных систем для формирования у человека-оператора концептуальной модели сложного технологического объекта. Описывается прототип такой системы и приводятся результаты его экспериментальной проверки.

Ключевые слова: концептуальная модель технологического объекта; интеллектуальная система формирования концептуальной модели, человек-оператор как ответственный субъект деятельности.

Введение

При определении роли человека-оператора в управлении техническими объектами и комплексами отечественные инженерная психология и эргономика опираются на положение, которое с позиций субъектно-деятельностного подхода может быть названо принципом ответственного субъекта. Это означает, что в границах возлагаемых на человека-оператора полномочий за ним признается право и обеспечивается возможность принимать самостоятельные решения по оценке обстановки и выбору управляющих воздействий с одновременным принятием на себя ответственности за их последствия. Выполнение роли ответственного субъекта предполагает наличие у человека-оператора *концептуальной модели* – совокупности знаний и сведений о функционировании технического объекта или комплекса, возможных проблемных ситуациях, параметрах рабочей среды, правилах принятия решений, программах управляющих действий и их последствиях (Мунипов, Зинченко, 2001).

В этой связи значительный интерес приобретает изучение возможностей формирования у человека-оператора таких концептуальных моделей, которые позволяли бы ему понимать происходящие в технической системе процессы, прогнозировать их изменения и осуществлять необходимые упреждающие воздействия, то есть действовать как ответственному субъекту – надежно и осознанно.

Однако судя по доступным нам публикациям, данному вопросу при всей его важности уделяется явно недостаточное внимание. Концептуальные модели изучались и продолжают изучаться в рамках традиционной исследовательской парадигмы, тогда как речь идет о переходе к *проектировочно-исследовательской* парадигме, то есть к определению не только того, какими *бывают* концептуальные модели, но еще и того, какими они *должны быть* и *какими методами* их следует формировать.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 11-07-00720-а.



Цель данного исследования заключается в обосновании и экспериментальной проверке эффективности применения интеллектуальной системы для формирования у человека-оператора концептуальной модели сложного технологического объекта.

Теоретическое обоснование исследования

Представление о требуемой концептуальной модели. Процесс формирования того или иного объекта, предмета, события или явления представляет собой процесс специально организованного и притом гарантированного достижения желательного результата и предполагает предварительное точное формулирование цели и описание итогового продукта. Применительно к нашему исследованию, имеется в виду точное определение качественных характеристик имеющейся у человека-оператора концептуальной модели технологического объекта. Более конкретно – необходимо определить, какими должны быть, во-первых, **функции** концептуальной модели (ее предназначение); во-вторых, содержащиеся в ней **сведения** о технологическом объекте (содержание концептуальной модели); в-третьих, **способы организации** этих сведений (структура концептуальной модели).

Функции концептуальной модели, согласно определению английского психолога А. Велфорда, состоят в следующем:

- создание и поддержание целостной (пусть и не всегда точной) «умственной картины» функционирования сложного технологического объекта;
- прогнозирование изменений в функционировании технологического объекта;
- обеспечение возможности упреждающих действий по предотвращению нежелательных изменений (по: Ломов, 1966).

Содержание концептуальной модели включает сведения о разных видах связей между элементами технологического объекта – его агрегатами, устройствами, контролируемые параметрами и др. По мере приобретения профессионального опыта происходит накопление или «наращивание» в определенной последовательности такого рода сведений: начиная со знания отдельных производственно-технологических (иногда топологических) процессов, переходя затем к знанию причинно-следственных, алгоритмических и пространственных взаимосвязей между различными компонентами целостного технологического процесса (Галактионов, 1992). Предполагается, что указанные сведения должны обеспечивать реализацию функций концептуальной модели.

Структуру формируемой концептуальной модели составляет совокупность компонентов (группировок), в которые объединяются сведения о разных видах связей между элементами технологического объекта. Объединение этих сведений в единую группировку происходит за счет субъективных оценок человеком-оператором силы указанных связей. Чем выше субъективная оценка силы связей элементов, тем ближе взаимное расположение сведений об этих элементах в ментальном пространстве человека-оператора и тем более продуктивным и организованным становится объединение сведений в единую группировку. Напротив, чем ниже субъективная оценка силы связей элементов, тем дальше взаимное расположение сведений о них (Обознов, Чернецкая, Литвиненко, Бондаренко, 2012).

Исходя из сформулированных положений, базовыми для формирования концептуальной модели у человека-оператора, будем считать субъективные оценки силы причинно-следственных связей, поскольку именно на их основе он получает возможность создавать



и поддерживать целостную и прогнозную «умственную картину» функционирования технологического объекта. Например, оценивая причинно-следственную связь между двумя параметрами объекта как очень сильную или сильную, человек-оператор полагает, что изменение одного параметра всегда повлияет на изменение другого параметра. Оценивая причинно-следственную связь между другими двумя параметрами объекта как очень слабую или слабую, он считает, что изменение одного параметра практически не повлияет на изменение другого. Дифференциация связей между элементами технологического объекта по силе их влияния друг на друга является, на наш взгляд, важнейшим признаком сформированности требуемой концептуальной модели.

Интеллектуальная система как средство формирования требуемой концептуальной модели. Традиционный подход к профессиональной подготовке человека-оператора рассматривает концептуальную модель технологического объекта как стихийно образующееся в процессе решения рабочих задач на тренажерах знание, которое в дальнейшем закрепляется непосредственно при выполнении профессиональной деятельности. Лишь очень опытный и хорошо подготовленный инструктор в ходе тренажерной подготовки может делать выводы относительно содержания и структуры концептуальной модели у начинающего специалиста.

Ключом к преодолению вышеописанных ограничений является, с нашей точки зрения, применение **интеллектуальных систем** в качестве методического средства для формирования (понимаемого как специально организованный процесс гарантированного достижения желательного результата) целостной концептуальной модели. Главное отличие интеллектуальных систем от других программных средств основывается на понятии «уровень знаний» (knowledge level), введенное А. Ньюэллом (Newell, 1982). Любая интеллектуальная система должна содержать базу знаний, под которой понимается совокупность знаний, относящихся к некоторой предметной области и представленных на формальном (специальном) языке таким образом, чтобы на их основе с помощью механизма вывода можно было осуществлять рассуждения относительно решаемой задачи.

Что касается исследуемых в данной работе процессов управления человеком-оператором сложными производственными объектами, в данном случае интеллектуальная система должна включать, по крайней мере, два блока – собственно блок формирования требуемой концептуальной модели и блок диагностики степени ее сформированности у оператора.

В качестве прототипа блока формирования концептуальной модели в исследовании использовался программный комплекс «АФОН» (автоматизированное формирование операторских навыков). Данный комплекс был разработан специалистами ЗАО «Хоневелл» для подготовки операторов в нефтяной отрасли (Дозорцев, 2009). Подготовка с использованием комплекса «АФОН» построена на последовательном выполнении упражнений вида «что произойдет, если...». Например, оператору необходимо определить, как изменятся показания измерительных приборов – произойдет ли значительное или незначительное изменение параметров; возникнут ли резкие или плавные колебания рабочих характеристик технического объекта либо будет зафиксировано отсутствие изменений в показаниях приборов вследствие нарушений нормального функционирования агрегатов сложного технологического объекта. Предполагается, что для правильного прогноза ожидаемых изменений человек-оператор, исходя из знания технологического объекта и понимания происходящих в нем физико-химических процессов, должен



проанализировать цепочку причинно-следственных событий, которые приводят к изменениям в показаниях измерительных приборов. Для проверки правильности прогноза человека-оператора в программном комплексе «АФОН» используется экспертная база знаний.

В качестве прототипа блока диагностики сформированности концептуальной модели у человека-оператора применялся программный комплекс, включавший компьютеризованную психосемантическую методику: строки и столбцы симметричной матрицы (21x21) содержат термины, обозначающие основные элементы технологического объекта – агрегаты (насос, компрессор, смеситель, теплообменник и т. п.; автоматические регуляторы расходов, температур, давления и других параметров объекта; измерительные приборы). В ячейки матрицы испытуемые должны были вписать субъективные оценки силы влияния элемента технологической системы, указанного в каждой строке матрицы, на все другие элементы, указанные в ее столбцах. Каждый испытуемый выставлял 420 оценок. Для оценок применялась 7-балльная шкала:

- 0 – не влияет;
- 1 – очень низкая степень влияния;
- 2 – низкая степень влияния;
- 3 – близкая к средней степень влияния;
- 4 – средняя степень влияния;
- 5 – высокая степень влияния;
- 6 – очень высокая степень влияния.

Результаты экспериментальной проверки интеллектуальной системы

Процедура. Исследование состояло из двух серий опытов. В *формирующей* серии использовался прототип интеллектуальной системы, включавший блок формирования концептуальной модели (программный комплекс «АФОН») и блок диагностики сформированности концептуальной модели (компьютеризованная психосемантическая методика). Участники формирующей серии (экспериментальная группа) выполняли последовательность заданий «что произойдет, если...». В *контрольной* серии использовался компьютерный тренажер – высокоточный имитатор технологического объекта. Участники этой серии (контрольная группа) выполняли последовательность задач по диагностике неисправностей технологического объекта и устранению их последствий. Продолжительность исследования в формирующей и контрольной сериях составляла около одного часа. До и после проведения исследований проводилась оценка сформированности концептуальной модели технологического объекта с использованием компьютеризованной психосемантической методики.

В качестве обследуемых были выбраны студенты (юноши) профильного московского технического университета, имевшие хорошие и отличные оценки по предметам «физика» и «химия». В начале исследования со всеми обследуемыми была проведена вводная лекция об устройстве технологического объекта (установка гидроочистки дизельного топлива), после чего обследуемые в случайном порядке были поровну разделены на экспериментальную и контрольную группы.

Результаты. В таблице приведены индивидуальные данные двух испытуемых как наиболее типичных представителей экспериментальной и контрольной групп. Рассмотрим главные, на наш взгляд, результаты проведенного исследования.



Анализ данных испытуемых обеих групп свидетельствует о сходной динамике показателей оценок «не влияет» (0 баллов): по сравнению с фоновыми замерами количество таких оценок после исследования существенно сократилось:

- у испытуемого 1 – в 2,3 раза (33 оценки против 75);
- у испытуемого 2 – в 3,5 раза (63 оценки против 218).
- у испытуемого 3 – в 2,3 раза (74 оценки против 167);
- у испытуемого 4 – в 1,8 раза (152 оценки против 274).

Таблица. Распределение субъективных оценок силы влияния элементов технологического объекта друг на друга

Испытуемый	Замер до/после исследования	Не влияет (0 баллов) абс./отн.	Слабо влияет (1–2 балла) абс./отн.	Средне влияет (3–4 балла) абс./отн.	Сильно влияет (5–6 баллов) абс./отн.	Итого абс./отн.
Эксперимент. Обследуемый 1	До	75/18 %	183/43 %	58/14 %	104/25 %	420/100 %
	После	33/8 %	173/41 %	70/17 %	144/34 %	- // -
Эксперимент. Обследуемый 2	До	218/53 %	76/18 %	61/14 %	65/15 %	- // -
	После	63/15 %	123/29 %	141/34 %	93/22 %	- // -
Контрольная Обследуемый 3	До	167/40 %	72/17 %	83/20 %	98/23 %	- // -
	После	74/18 %	134/32 %	144/34 %	68/16 %	- // -
Контрольная Обследуемый 4	До	274/65 %	66/16 %	47/11 %	33/8 %	- // -
	После	152/36 %	177/42 %	67/16 %	24/6 %	- // -

Столь существенное уменьшение количества оценок «не влияет» означает, что одновременно произошло столь же существенное увеличение общего количества ответов типа «влияет». То есть после занятий с использованием и прототипа интеллектуальной системы и тренажера элементы технологического объекта стали отражаться в концептуальных моделях испытуемых как оказывающие влияние друг на друга в значительно большей степени.

Вместе с тем, у представителей экспериментальной и контрольной групп выявлены противоположные тенденции изменения количества оценок «**сильно влияет**». У испытуемых экспериментальной группы после упражнений с использованием программного комплекса «АФОН» количество оценок «сильно влияет» возросло:

- у испытуемого 1 – в 1,4 раза (144 оценки против 104);
- у испытуемого 2 – в 1,4 раза (93 оценки против 65).

Напротив, у испытуемых контрольной группы это количество сократилось:

- у испытуемого 3 – в 0,7 раза (68 оценок против 98);
- у испытуемого 4 – в 0,7 раза (24 оценок против 34).

Оценка «сильно влияет» означает, что влияние одного элемента технологического объекта на другой элемент признается носящим причинно-следственный характер, то есть обследуемые считают, что изменение одного элемента обязательно повлечет изменение



другого. Можно предположить, что данный факт свидетельствует, что для формирования у человека-оператора концептуальной модели технологического объекта, в которой все его компоненты находятся в причинно-следственной связи, применение интеллектуальной системы (программного комплекса «АФОН») более эффективно, чем традиционно используемый тренажер-имитатор.

Заключение

Результаты проведенного исследования показывают, что эффективность и сама целесообразность применения интеллектуальной системы для формирования у человека-оператора концептуальной модели технологического объекта зависит, в конечном счёте, от понимания, *какой должна* быть концептуальная модель. Если концептуальная модель рассматривается только в качестве инструмента решения на основании заданных алгоритмов ограниченного круга профессиональных задач, то её формирование может быть осуществлено с помощью традиционных методов подготовки операторов на тренажерах-имитаторах технологического объекта.

Однако если речь идет о включении человека-оператора как ответственного субъекта в управление сложными технологическими объектами и комплексами, характерной особенностью которых является фактор непредсказуемости и возникновения непредвиденных обстоятельств, то в данных условиях необходимости поиска нестандартных решений должна быть сформирована иная концептуальная модель. Именно такая модель может обеспечивать поддержание у человека-оператора целостной и прогнозной «умственной картины» технологического объекта, необходимой для выполнения упреждающих действий. Адекватными средствами формирования такой концептуальной модели становятся специально создаваемые интеллектуальные системы.

Литература

- Галактионов А.И. Системное исследование психических образов, формируемых оператором-технологом / Системный подход в инженерной психологии и психологии труда. М.: Наука, 1992. С. 92–105.
- Голиков Ю.Я. Методология психологических проблем проектирования техники. М.: Пер Сэ, 2003.
- Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: Синтез, 2009.
- Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основы эргономики. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979.
- Ломов Б.Ф. Человек и техника. М.: Сов. радио, 1966.
- Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды. М.: Логос, 2001.
- Обознов А.А., Чернецкая Е.Д., Литвиненко П.П., Бондаренко И.Н. Структура концептуальных моделей у операторов атомных станций / Экспериментальная психология. 2012. Т. 5, № 4. С. 66–74.
- Newell A. The knowledge level // Artif. Intell. 1982. № 18. P. 87–127.



INTELLIGENT SYSTEM FOR THE FORMATION OF CONCEPTUAL MODEL OF TECHNOLOGICAL OBJECT BY ITS OPERATORS

OBOZNOV A.A., Institute of Psychology, RAS, Moscow

NAZIN V.A., TE CC "Honeywell", Moscow

GUTSYKOVA S.V., Institute of Psychology, RAS, Moscow

MIRONOVA A.S., TE CC "Honeywell", Moscow

The article substantiates the necessity of developing specific intellectual systems for the formation of a human operator of the conceptual model of complex technological object; in addition, we describe the prototype of such a system and provide the results of its experimental verification.

Keywords: conceptual model of technological object; intellectual system of formation of conceptual model, the human operator as a responsible stakeholder.

Transliteration of the Russian references

Galaktionov A.I. Sistemnoe issledovanie psicheskikh obrazov, formiruemyh operatorom-tehnologom / Sistemnyj podhod v inzhenernoj psichologii i psichologii truda. M.: Nauka, 1992.

S. 92–105.

Golikov Ju.Ja. Metodologija psichologicheskikh problem proektirovanija tehniki. M.: Per Sje, 2003.

Dozorcev V.M. Komp'juternye trenazhery dlja obuchenija operatorov tehnologicheskikh processov. M.: Sinteg, 2009.

Zinchenko V.P., Munipov V.M. Osnovy jergonomiki. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1979.

Lomov B.F. Chelovek i tehnika. M.: Sov. radio, 1966.

Munipov V.M., Zinchenko V.P. Jergonomika: chelovekooorientirovannoe proektirovanie tehniki, programmyh sredstv i sredy. M.: Logos, 2001.

Oboznov A.A., Cherneckaja E.D., Litvinenko P.P., Bondarenko I.N. Struktura konceptual'nyh modelej u operatorov atomnyh stancij / Jeksperimental'naja psichologija. 2012. T. 5, № 4. S. 66–74.