



# ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ У ОПЕРАТОРОВ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МЕТОДОМ АССОЦИАТИВНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА<sup>1</sup>

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

ВОЛКОВ Э.В., *директор ОНИЦ «Прогноз», Москва*

ЧЕРНЕЦКАЯ Е.Д., *научный сотрудник ОНИЦ «Прогноз», Москва*

Представлены результаты исследования содержания и структуры концептуальной модели у операторов атомных станций (АЭС). На основании результатов ассоциативного эксперимента приведены данные о психосемантическом словаре операторов и структурной организации ассоциаций. Рассматриваются способы организации представлений о функционировании атомной станции в концептуальных моделях операторов.

**Ключевые слова:** операторы атомных станций (АЭС), концептуальная модель, ассоциативный эксперимент, классы и группы ассоциаций, структурная организация представлений о функционировании технологических процессов.

## Введение

Управление человеком-оператором сложными техническими комплексами – производственными, энергетическими, транспортными и т.п. – предполагает наличие у него представлений, отражающих функционирование этих комплексов. В инженерной психологии для обозначения таких представлений используется термин *концептуальная модель*, предложенный английским психологом А.Г. Велфордом. Под концептуальной моделью понимается формирующаяся у человека-оператора совокупность знаний, сведений и образов о функционировании технического комплекса и параметрах рабочей среды. В концептуальной модели содержатся также обобщенные схемы, используемые для принятия решения и осуществления управляющих действий (Зинченко, Смолян, 1965; Зинченко, 1970; Мунипов, Зинченко, 2001). Будучи сформированной, концептуальная модель дает человеку-оператору возможность осуществлять деятельность на основе понимания и предвидения событий в техническом комплексе.

Концептуальные модели изучаются в разных планах. Исследования, нацеленные на определение *функций* концептуальной модели, дают ответ на вопрос, *для чего* она необходима человеку-оператору. Исследования, направленные на выявление *содержания* концептуальной модели, позволяют ответить на вопрос, *что* в ней представлено: какие именно параметры технического комплекса, показатели рабочей среды, алгоритмы действий человека-оператора и т.д. Исследования, направленные на раскрытие *структурных* характеристик концептуальной модели, дают ответ на вопрос, *как* организуются представленные в ней сведения. Главная причина того, почему психологи интересуются структурами, состоит в следующем: способ организации знаний и сведений влияет на то, как они приобретаются, хранятся, передаются и используются человеком (Андерсон, 2002). Исследования, нацеленные на рассмотрение *динамики* концептуальной модели, позволяют ответить на во-

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ; проект № 08-06-00403а.



прос, каким образом концептуальная модель включается в *процессы решения* профессиональных задач.

Применение системной методологии, разработанной в психологии Б.Ф. Ломовым (1977, 1984) и развитой его последователями (Барабанчиков и др., 1996), позволяет преодолеть односторонность каждого из указанных исследовательских планов и строить системные, т.е. целостные и одновременно расчлененные, представления о концептуальной модели. Для этого предлагается следующий путь.

Исходным пунктом служат данные, раскрывающие функции концептуальной модели. На следующем шаге эти данные сопоставляются с данными о содержательных характеристиках концептуальной модели, т.е. выясняется содержание, которое обеспечивает реализацию ее функций. Далее осуществляется соотнесение данных о содержании с результатами изучения структурных характеристик концептуальной модели, т.е. способов организации ее содержания. Наконец, данные о содержательно-структурных характеристиках сопоставляются с результатами изучения динамики концептуальной модели, что позволяет установить связи ее характеристик с показателями успешности деятельности человека-оператора. Таким образом, речь идет о пошаговом «наращивании» полноты научных знаний о концептуальной модели: исходное знание о ее *функциях* становится *функционально-содержательным*, затем *функционально-содержательно-структурным* и, наконец, *функционально-содержательно-структурно-динамическим* знанием (Обознов, 2009).

В инженерной психологии и эргономике концептуальные модели изучались преимущественно в содержательном плане. Структурные характеристики концептуальных моделей рассматривались в исследованиях Д.А. Ошанина (1977, 1999). Показано, что способы организации содержания концептуальных моделей базируются на использовании умственных образов зрительной модальности. Такие образы обеспечивают симультанное представление в концептуальных моделях целостной картины функционирования технического комплекса и условий рабочей среды. Тем самым человек-оператор получает возможность прогнозировать изменения параметров комплекса и условий рабочей среды.

Наиболее близкими к системным представлениям концептуальных моделей являются, по нашему мнению, результаты исследований А.И. Галактионова и его сотрудников. Установлено, что по мере приобретения профессионального опыта операторы последовательно создают у себя несколько видов концептуальных моделей, различающихся по содержанию. Выявлена связь определенных видов концептуальных моделей со способами решения профессиональных задач. С помощью технологических, функциональных и информационных концептуальных моделей операторы с высокой надежностью решают как известные, так и новые задачи по управлению и контролю за сложными производственно-технологическими ситуациями. С помощью алгоритмических и образных концептуальных моделей операторы осуществляют быструю оценку сложившихся ситуаций при возможном значительном проигрыше в надежности их распознавания (Галактионов, 1992; Галактионов, Янушкин, 1988).

Вместе с тем, в настоящее время тезис о построении системных представлений о концептуальной модели носит в основном постановочный характер. Реализация данного тезиса предполагает проведение по единой программе цикла разноплановых исследований, исходно нацеленных на последующую интеграцию их результатов.

*Цель* нашего исследования состояла в выявлении и последующей интеграции результатов изучения содержательных и структурных характеристик концептуальных моделей у операторов атомных станций.

### Методика исследования

Для изучения содержательно-структурных характеристик концептуальных моделей у операторов атомных станций (АЭС) использовалась методика «Свободный ассоциативный эксперимент», которая широко применяется в психосемантических исследованиях сознания человека (Петренко, 2009).

На *первом этапе* два эксперта (операторы АЭС с большим стажем работы) отобрали 10 словосочетаний-стимулов, отражавших ключевые характеристики функционирования АЭС: «уровень в парогенераторе», «температура теплоносителя», «оперативный запас реактивности», «мощность тепловая», «расход питательной воды», «частота электрического тока в сети», «расход пара на турбину», «мощность электрическая», «давление в контуре», «контроль параметров».

На *втором этапе* проводился собственно ассоциативный эксперимент. Обследуемым операторам давалась следующая инструкция: «Вам будут предъявляться словосочетания, связанные с Вашей профессиональной деятельностью. Назовите вслух любые ассоциации, которые у Вас возникают на эти словосочетания. Количество ассоциаций не ограничивается».

Произносимые ассоциации записывались на диктофон. Для анализа *содержания* ассоциаций использовались два методических приема.

Во-первых, составлялся психосемантический словарь (Мартинович, 1990, 1997), для чего определялся перечень ассоциаций с их распределением по следующим классам:

- Ассоциации по *сходству*, которые, в свою очередь, подразделялись на:

*детерминационные* ассоциации по сходству; в них представлены *процессуальные* признаки, а именно те изменения в технологических процессах, которые связаны с ключевыми характеристиками. Например, в ответ на словосочетание-стимул «уровень в парогенераторе» детерминационными ассоциациями по сходству считались «перегрев», «может привести», «расхолаживание» и т.п. К этому же классу были отнесены ассоциации, указывавшие на *действия* оператора по контролю и управлению ключевой характеристикой, например, «воздействие оператора», «контролировать», «увиджу» и т.п;

*классификационные* ассоциации по сходству; в них представлены непроцессуальные признаки ключевых характеристик, отраженных в словосочетаниях-стимулах, а именно элементы оборудования, названия и количественные значения параметров, их критические уровни. Так, в ответ на словосочетание-стимул «уровень в парогенераторе» классификационными ассоциациями по сходству считались «давление», «пар», «бочка», «цифры» и другие, отражающие оборудование и параметры парогенератора.

- Ассоциации по *смежности*; в них представлены названия иных, чем в словосочетании-стимуле, видов оборудования, технических систем и их параметров, а также должностей и функций оперативного персонала. Например, в ответ на словосочетание-стимул «уровень в парогенераторе» назывались ассоциации «мощность реакторной установки», «аварийная защита», которые указывали на смежные по отношению к парогенератору виды оборудования и систем.

Во-вторых, определялись *семантические универсалии* (Серкин, 2008), под которыми понимались ассоциации, использованные в ответ на определенное словосочетание-символ двумя и более операторами (обследуемая группа должна состоять из 20–25 человек).



Суждения о *структурной* организации ассоциаций выносились на основании анализа результатов об их группировках, а также связей между этими группировками.

В исследовании приняли участие 22 оператора двух атомных станций – ведущие инженеры управления реактором. Стаж их работы в данной должности составлял от 6 месяцев до 18 лет.

### Результаты и их обсуждение

В итоге содержательного анализа экспериментальных данных был составлен психосемантический словарь, включавший перечень из 412 ассоциаций. Содержание практически всех ассоциаций было связано с функционированием АЭС: в ответ на слова-стимулы операторы произносили названия технических систем, систем контроля, видов оборудования, технологических параметров и их изменений, должностей и функций оперативного персонала, управляющих воздействий операторов. Лишь в единичных случаях в ассоциациях отражались моменты, не связанные как таковые с технологическими процессами АЭС, например, «штрафы за срыв графика», «премии», «должен», «нельзя спать», «скучно», «моя работа», «это не мое». Эти ассоциации отражали ценностно-мотивационный аспект отношения обследованных операторов к работе.

Рассмотрим данные о распределении ассоциаций по классам психосемантического словаря (табл. 1). Из этих данных следует, что в психосемантическом словаре операторов преобладали ассоциации по сходству (в среднем 66% от всего состава ассоциаций) с доминированием детерминационных ассоциаций по сходству над классификационными. Доля ассоциаций по смежности в среднем составила 34%. Вместе с тем, соотношение ассоциаций разного класса различно для разных словосочетаний-стимулов. Например, в ответ на словосочетание-стимул «контроль параметров» преобладали детерминационные ассоциации по сходству (55% от всех ассоциаций), а на словосочетание-стимул «мощность тепловая» – ассоциации по смежности (55% от всех ассоциаций).

**Таблица 1.** Распределение (%) ассоциаций по классам психосемантического словаря

Словосочетание-стимул	Классы ассоциаций			
	По сходству		По смежности	Итого
	детерминационные	классификационные		
Уровень в парогенераторе	40	38	22	100
Температура теплоносителя	34	32	34	100
Оперативный запас реактивности	50	14	36	100
Мощность тепловая	30	15	55	100
Расход питательной воды	35	30	35	100
Частота электрического тока в сети	50	22	28	100
Расход пара на турбину	30	22	48	100
Мощность электрическая	28	28	44	100
Давление в контуре	30	43	27	100
Контроль параметров	55	29	16	100
<b>В среднем</b>	<b>38</b>	<b>28</b>	<b>34</b>	<b>100</b>



Данные о количестве ассоциаций и семантических универсалий на разные словосочетания-стимулы приведены в табл. 2.

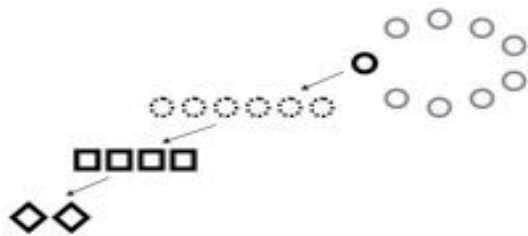
**Таблица 2.** Количественный состав ассоциаций и семантических универсалий на словосочетания-стимулы (для всей выборки операторов)

Словосочетание-стимул	Количество ассоциаций	
	всего	семантических универсалий
Уровень в парогенераторе	52	45
Температура теплоносителя	47	37
Оперативный запас реактивности	36	27
Мощность тепловая	40	32
Расход питательной воды	54	44
Частота электрического тока в сети	36	27
Расход пара на турбину	40	35
Мощность электрическая	43	37
Давление в контуре	33	29
Контроль параметров	31	24
<b>Итого</b>	<b>412</b>	<b>337</b>

Как видно из данных табл. 2, для всей выборки операторов перечни ассоциаций на слова-стимулы включают от 31 до 54 ассоциаций; в среднем перечень на одно словосочетание-стимул составляет 41,2 ассоциации. При этом доля семантических универсалий в этих перечнях составляет от 75 до 88 %, в среднем – 82 %.

Таким образом, результаты анализа содержания ассоциаций дают основание считать, что в ответ на любое словосочетание-стимул в этих ассоциациях находили отражение *целостные* представления операторов о функционировании технологических процессов АЭС. В пользу такого суждения свидетельствовали данные о включении в ассоциативный ряд не только сведений о связанных со словосочетанием-стимулом видах оборудования, технических системах и параметрах (ассоциации по сходству), но и сведений о функционировании других видов оборудования и технических систем (ассоциации по смежности). Причем подавляющее большинство ассоциаций (в среднем 82 %) составляли семантические универсалии, что свидетельствовало об общности психосемантического словаря обследованных операторов.

Для выявления *структурной* организации ассоциаций необходимо рассмотреть процесс их называния операторами. Установлено, что в 55 % всех случаев число ассоциаций на словосочетания-стимулы превышало четыре-пять. Анализ записей речевых ответов показал, что в этих случаях ассоциации произносились *раздельными группами*. Операторы «на одном дыхании» называли несколько (от двух до пяти) ассоциаций, затем наступала достаточно длительная пауза (от 2 до 10 сек), после которой они снова произносили несколько ассоциаций подряд, затем вновь пауза и новая группа ассоциаций. При этом отмечалась четкая тенденция уменьшения количества ассоциаций, содержащихся в каждой очередной группе. Число ассоциативных групп у одного оператора не превышало трех. Графически данный процесс показан на рис. 1.



Серые кружки – словосочетания-стимулы; зачернено словосочетание, в ответ на которое произносились ассоциации; кружки пунктиром, квадратики и ромбы – ассоциации, объединяемые в последовательно произносимые группы.

Рис. 1. Процесс называния ассоциаций группами

характеристиках представлений операторов о функционировании АЭС в единое содержательно-структурное знание. Для этого рассмотрим, каким образом ассоциации распределялись по группам (рис. 2).

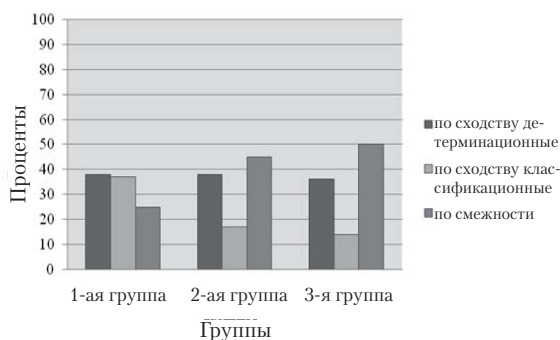


Рис. 2. Распределение ассоциаций разных классов по группам

число детерминационных ассоциаций по сходству оставалось во всех группах практически неизменным.

Исходя из приведенных выше данных, предлагается следующий вариант *интеграции* данных о содержании и организации представлений в концептуальных моделях у операторов. Представления о ключевых характеристиках АЭС (зафиксированные в словосочетаниях-символах) связаны с другими представлениями, объединявшимися в разноудаленные компоненты. В этих компонентах объединялись: а) представления об элементах определенного оборудования (технической системы); б) представления о параметрах и фазах связанных с этим оборудованием технологических процессов; в) представления о функционировании смежных видов оборудования. Такая организация представлений в концептуальных моделях позволяет операторам создавать целостную внутреннюю картину взаимосвязей между разными видами оборудования, техническими системами, параметрами и фазами технологических процессов.

Предложенный вариант интеграции содержательных и структурных характеристик представлений о функционировании АЭС требует дальнейшей верификации с помощью других психосемантических методов.

Можно предположить, что рассмотренный процесс называния ассоциаций отражает определенный способ их структурной организации в концептуальной модели, а именно в виде компактных компонентов, находящихся на разной дистанции от словосочетания-стимула. Сначала назывались ассоциации, входившие в самый ближний к словосочетанию-стимулу компонент, затем – в более отдаленный и т. д.

Цель нашего исследования заключалась в попытке объединить данные о содержательных и структурных характе-

Как видно из рис. 2, в первой группе были представлены преимущественно (75%) ассоциации по сходству с примерно равным соотношением детерминационных и классификационных ассоциаций; доля ассоциаций по смежности составила 25%. Во второй группе доля ассоциаций по смежности возросла до 45%, а в третьей – до 50%. Соответственно, доля ассоциаций по сходству во второй и третьей группах последовательно снижалась за счет уменьшения классификационных ассоциаций. Относительное количество



## Выводы

1. По данным ассоциативного эксперимента, в концептуальных моделях представления о ключевых характеристиках функционирования атомной станции связаны как с представлениями об оборудовании и технических системах, к которым они напрямую относятся (ассоциации по сходству), так и с представлениями о работе смежных видов оборудования и технических систем (ассоциации по смежности). В перечнях ассоциаций доминировали семантические универсалии, что свидетельствовало об общности психосемантического словаря операторов.

2. Анализ записей речевых ответов операторов показал, что в случаях, когда число называемых ассоциаций превышало четыре-пять, они произносились отдельными группами. Операторы называли подряд несколько (от двух до пяти) ассоциаций, затем наступала достаточно длительная пауза (от 2 до 10 сек), после которой произносилась новая группа ассоциаций, затем вновь пауза и очередная группа ассоциаций. Число таких групп у одного оператора не превышало трех. При этом отмечалась четкая тенденция уменьшения количества ассоциаций, содержащихся в очередной группе.

3. В каждой группе содержались ассоциации, в которых отражались представления операторов о связанных с ключевыми характеристиками параметрах технологических процессов, видах оборудования и технических системах (ассоциации по сходству), а также представления о функционировании смежных видов оборудования и технических систем (ассоциации по смежности). Такая организация представлений в концептуальной модели позволяет операторам создавать целостную внутреннюю картину о взаимосвязях между параметрами и фазами технологических процессов, разными видами оборудования и технических систем.

## Литература

- Андерсон Дж. Когнитивная психология. 5-е изд. СПб.: Питер, 2002.
- Барабанчиков В. А., Завалишина Д. Н., Пономаренко В. А. На пути к интеграции психологической науки // Системность в психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. М.: Изд. «Институт практической психологии»; Воронеж: Изд. НПО «Модэк», 1996.
- Галактионов А. И. Системные исследования психических образов, формируемых оператором-технологом // Системный подход в инженерной психологии и психологии труда. М.: Наука, 1992. С. 92–104.
- Галактионов А. И., Янушкин В. Н. Исследование и практическое использование кривых обучения оператора // Психологические факторы операторской деятельности. М.: Наука, 1988.
- Зинченко В. П. Анализ деятельности оператора // Эргономика: принципы и рекомендации. Т. 1. М.: Изд. ВНИИТЭ, 1970.
- Зинченко В. П., Смолян Г. Л. Человек и техника. М.: Знание, 1965.
- Ломов Б. Ф. О путях построения теории инженерной психологии на основе системного подхода // Инженерная психология. Теория, методология, практическое применение. М.: Наука, 1977. С. 31–55.
- Ломов Б. Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.
- Мартинювич Г. А. Типы вербальных связей и отношений в ассоциативном поле // Вопросы психологии. 1990. № 2. С. 143–146.
- Мартинювич Г. А. Вербальные ассоциации в ассоциативном эксперименте. СПб., 1997.
- Мунипов В. М., Зинченко В. П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды. М.: Логос, 2001.
- Обознов А. А. Структура концептуальной модели у человека-оператора: системный подход // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики / Под ред. В. А. Бодрова, А. Л. Журавлева. Вып. 1. Изд. «Институт психологии РАН», 2009. С. 403–413.
- Ошанин Д. А. Концепция оперативности отражения в инженерной и общей психологии / Инженерная психология. Теория, методология, практическое применение. М.: Наука, 1977. С. 134–149.
- Ошанин Д. А. Предметное действие и оперативный образ / Избранные психологические труды. М.: Изд. МПСИ, 1999.



*Петренко В. Ф.* Основы психосемантики. М.: Эксмо, 2009.

*Серкин В. П.* Методы психологии субъективной семантики и психосемантики. Учебное пособие. М.: Пчела, 2008.

## ASSOCIATIVE EXPERIMENT IN A STUDY OF CONCEPTUAL MODELS IN OPERATORS OF NUCLEAR POWER PLANTS

**OBOZNOV A.A.**, *Dr. Sci. in Psychology, Professor, Head of Laboratory of the Institute of Psychology, RAS, Moscow*

**VOLKOV E. V.**, *Director, PROGNOZ Research and Development Center, Moscow*

**CHERNETSKAYA E. D.**, *Research Associate, PROGNOZ Research and Development Center, Moscow*

The results of studying the content and structure of the conceptual model of the nuclear power plants (NPP) operators are represented. Data on operators' psychosemantic dictionary and structural organization of associations based on the results of the association experiment is described. This article discusses the ways of organizing ideas about the functioning of the nuclear power plant in conceptual models of operators.

**Keywords:** nuclear power plants (NPP) operators, conceptual model, associative experiment, classes and «quanta» of association, structural organization of the technological processes functioning.

### *Transliteration of the Russian references*

*Anderson Dzh.* Kognitivnaja psihologija. 5-e izd. SPb.: Piter, 2002.

*Barabanshikov V.A., Zavalishina D.N., Ponomarenko V.A.* Na puti k integracii psihologicheskoy nauki // Sistemnost' v psihologii / Pod red. Lomova B. F. M.: Izdatel'stvo «Institut prakticheskoy psihologii»; Voronezh: Izd. NPO «Modjek», 1996.

*Galaktionov A.I.* Sistemnye issledovaniya psihicheskikh obrazov, formiruemykh operatorom-tehnologom // Sistemnyj podhod v inzhenernoj psihologii i psihologii truda. M.: Nauka, 1992. S.92–104.

*Galaktionov A.I., Yanushkin V.N.* Issledovanie i prakticheskoe ispol'zovanie krivykh obucheniya operatora // Psihologicheskie faktory operatorskoj dejatel'nosti. M.: Nauka, 1988.

*Zinchenko V.P.* Analiz dejatel'nosti operatora // Ergonomika: principy i rekomendacii. T. 1. M.: Izd. VNIITE, 1970.

*Zinchenko V.P., Smoljan G.L.* Chelovek i tehnika. M.: Znanie, 1965.

*Lomov B. F.* O putjah postroeniya teorii inzhenernoj psihologii na osnove sistemnogo podhoda // Inzhenernaja psihologija. Teoriya, metodologija, prakticheskoe primenenie. M.: Nauka, 1977. S. 31–55.

*Lomov B. F.* Metodologicheskie i teoreticheskie problemy psihologii. M.: Nauka, 1984.

*Martynovich G.A.* Tipy verbal'nyh svyazey i otnoshenij v associativnom pole // Voprosy psihologii. 1990. № 2. S. 143–146.

*Martynovich G.A.* Verbal'nye associacii v associativnom eksperimente. SPb., 1997.

*Munipov V.M., Zinchenko V.P.* Ergonomika: chelovekoorientirovannoe proektirovanie tehniki, programmnyh sredstv i sredy. M.: Logos, 2001.

*Oboznov A.A.* Struktura konceptual'noj modeli u cheloveka-operatora: sistemnyj podhod // Aktual'nye problemy psihologii truda, inzhenernoj psihologii i jergonomiki / Pod red. V.A. Bodrova, A. L. Zhuravleva. Vyp. 1. Izd-vo «Institut psihologii RAN», 2009. S. 403–413.

*Oschanin D.A.* Konceptiya operativnosti otrazheniya v inzhenernoj i obschey psihologii / Inzhenernaya psihologiya. Teoriya, metodologiya, prakticheskoye primeneniye. M.: Nauka, 1977. S. 134–149.

*Oschanin D.A.* Predmetnoye deistviye i operativnyi obraz / Izbrannye psihologicheskiye trudy. M.: Izd. MPSI, 1999.

*Petrenko V.F.* Osnovy psihosemantiki. M.: Eksmo, 2009.

*Serkin V.P.* Metody psihologii sub'ektivnoj semantiki i psihosemantiki. Uchebnoe posobie. M.: Pchela, 2008.