

# КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ АТОМНОЙ СТАНЦИИ У ОПЕРАТОРОВ С РАЗНЫМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ СТАЖЕМ<sup>1</sup>

© 2013 г. А. А. Обознов\*, Е. Д. Чернецкая\*\*, Ю. В. Бессонова \*\*\*

*\*Доктор психологических наук, профессор, заведующий лабораторией инженерной психологии и эргономики, Институт психологии РАН, Москва*

*\*\*Заведующая лабораторией научно-методического центра «Прогноз», Центральный институт повышения квалификации ОАО «Атомэнергпром», Обнинск*

*\*\*\*Кандидат психологических наук, научный сотрудник лаборатории инженерной психологии и эргономики, Институт психологии РАН, Москва*

Показано, что структуры концептуальных моделей у начинающих и опытных операторов атомных станций включают инвариантный и изменяющийся элементы. Инвариантной является базовая двухмерная структура концептуальной модели. Изменения выражались в перегруппировках сведений вдоль осей базовой структуры. Установлены структурные особенности концептуальных моделей у начинающих и опытных операторов.

*Ключевые слова:* операторы атомных станций, концептуальная модель, профессиональный стаж, психосемантический метод.

Роль человека в управлении сложными техническими комплексами — производственными, энергетическими, транспортными и др. — может рассматриваться с разных позиций. Согласно одной из них, управление комплексами реализуется посредством технических устройств, а человеку отводится роль резервного звена. Его главная задача состоит в контроле технических устройств и при поступлении экстренных сигналов — в выполнении заранее заученной последовательности действий для исключения нежелательного развития ситуации. При таком понимании на первый план выходят инженерно-психологические исследования возможностей человека по длительному поддержанию бдительности и

---

<sup>1</sup>Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ (проект № 11-06-01136а).

сохранению эмоциональной устойчивости при обработке экстренных сигналов.

Согласно другой позиции, на которую всегда ориентировалась отечественная инженерная психология, человеку отводится в управлении техническими комплексами роль ответственного субъекта [7, 8]. Это означает, что в пределах возлагаемых на человека полномочий за ним признается право и возможность принимать самостоятельные решения по оценке обстановки и выбору управляющих воздействий с одновременным принятием на себя ответственности за их последствия. Такая роль предполагает выполнение человеком профессиональных задач на основе понимания и предвидения происходящих событий в системе, а не только за счет заученных действий. Иначе говоря, у него должна быть *концептуальная модель*<sup>2</sup> технического комплекса – совокупность знаний и сведений о функционировании системы, возможных проблемных ситуациях, параметрах рабочей среды, правилах принятия решений, программах собственных управляющих действий и их последствиях [6]. При данном понимании на первый план выходят исследования возможностей человека создавать, поддерживать и эффективно использовать в своей деятельности концептуальную модель технического комплекса.

#### ОТ ОПИСАНИЯ ФУНКЦИЙ И СОДЕРЖАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ К ВЫЯВЛЕНИЮ ИХ СТРУКТУРЫ

Познание концептуальных моделей, как и ментальных репрезентаций вообще, развивается от научного описания их функций и содержания к выявлению структур, т.е. способов организации содержащихся в этих моделях знаний и сведений [13]. Подобная направленность исследований концептуальных моделей имеет свою логику. Функции концептуальной модели определяют её содержание в том смысле, что содержание обеспечивает реализацию функций. Далее, содержание концептуальной

---

<sup>2</sup>Термин «концептуальная модель» был предложен английским инженерным психологом А.Г. Велфордом.

модели определяет её структуру в том смысле, что структура есть закрепившийся способ организации содержания, т.е. имеющихся в концептуальной модели знаний и сведений [9].

*Функции* концептуальной модели, указанные А.Г. Велфордом, состоят в том, чтобы обеспечить для человека: (1) создание пусть иногда не очень точной, но главное – *целостной* «умственной картины» функционирования технического комплекса; (2) *прогнозирование* изменений в его функционировании; (3) возможность действовать *эффективно* (по [8]).

Следующий шаг в изучении концептуальных моделей состоял в рассмотрении их *содержания*, обеспечивающего реализацию этих функций.

Создание человеком *целостной* «умственной картины» технического комплекса подразумевает мысленные соотнесения между собой разных сторон его функционирования. Основываясь на результатах исследований А.И. Галактионова [4], можно полагать, что такое соотнесение обеспечивается с помощью последовательно формирующихся у человека частных концептуальных моделей (психических образов по терминологии А.И. Галактионова) – технологической, топологической, функциональной, информационной, алгоритмической и образной. Каждая частная концептуальная модель содержит сведения о различных элементах технического комплекса и типах связей между элементами. В технологической концептуальной модели представлены сведения об отдельных элементах технологического процесса и технического оборудования (агрегат, устройство, участок, технологическая операция, направления материальных и энергетических потоков, контролируемые параметры и т.д.), а также о производственно-технологических связях между этими элементами. В топологической концептуальной модели отражены сведения о тех же элементах и топологических связях между ними; в функциональной – сведения о состояниях и изменениях этих элементов (отключение, включение или переключение агрегата, изменение величины и/или знака контролируемых параметров и т.п.) и причинно-следственных

связях между ними. В информационной концептуальной модели содержатся сведения о значениях параметров технологического процесса, отражаемых на средствах индикации, и причинно-следственных связях между изменениями этих параметров; в алгоритмической – сведения о значениях параметров, отражаемых на средствах индикации, и алгоритмических связях между ними; наконец, в образной – сведения о проблемных ситуациях, а также алгоритмических и пространственных связях между ними. Наличие у человека указанных видов концептуальных моделей, в которых представлены сведения о разных сторонах функционирования технического комплекса, обеспечивает мысленное соотнесение этих сведений и создания *целостной* «умственной картины» функционирования комплекса.

*Прогнозирование* человеком изменений в функционировании технического комплекса подразумевает, что в концептуальной модели отражены закономерные изменения в состоянии комплекса. Согласно результатам исследований Д.А. Ошанина [11], центральным в концептуальной модели является представление о заданных изменениях функционирования технического комплекса («образ-позитив») – состояние Б после состояния А, состояние В после состояния Б и т.д. Мысленно «развертывая» данное представление во времени, человек создает ожидания (прогнозирует), какими должны быть ещё не наступившие изменения. Представлению о заданных изменениях всегда противопоставлено представление об отклонениях от них («образ-негатив»). Его мысленная «развертка» позволяет человеку прогнозировать нежелательные варианты изменений состояний технического комплекса.

Возможность действовать *эффективно* подразумевает, что концептуальная модель содержит обобщенные схемы, используемые операторами для принятия решения и осуществления управляющих действий [6]. Эффективность этих схем определяется тем, что они формируются на основе прогнозирования изменений технологического процесса. Человек получает резерв времени для принятия решения и выполнения упреждающих

действий, что особенно важно для обеспечения функционирования сложных эргатических систем.

Следующий шаг в изучении концептуальных моделей состоит в раскрытии *способов организации* содержащихся в них сведений и знаний или, другими словами, структур концептуальных моделей. Выявление структур имеет решающее значение для понимания возможностей человека эффективно использовать концептуальную модель технического комплекса в своей деятельности.

В соответствии со сложившимися в современной когнитивной психологии взглядами именно в раскрытии умственных (ментальных) структур, т.е. способов организации имеющихся у человека знаний, сведений и представлений, находится ключ к раскрытию его познавательных возможностей [3]. Главная причина, почему психологи интересуются умственными структурами, состоит в следующем: способ организации имеющихся у человека знаний и сведений влияет на то, как они им приобретаются, хранятся, передаются и используются [2]. Следует подчеркнуть, что умственные структуры не являются застывшими образованиями. Слово «структура» происходит от латинского глагола *struere*, что означает «быть построенным». Уже само использование данного термина указывает на то, что умственные структуры формируются, «строятся» и могут видоизменяться в опыте человека [13].

Изложенные взгляды в полной мере относятся и к структурам концептуальных моделей. Будучи сформированной, структура начинает определять процессы упорядочивания вновь поступающих, а также использования уже хранящихся в концептуальной модели сведений. Тем самым структура концептуальной модели оказывает влияние на процессы реализации её функций – создание и поддержание целостной «умственной картины» функционирования эргатической системы, прогнозирование изменений её состояний, обеспечение эффективных действий человека.

Поскольку структуры концептуальных моделей, подобно умственным структурам вообще, могут видоизменяться, правомерно полагать, что они различаются по мере приобретения профессионального опыта человека. Результаты немногочисленных эмпирических исследований показали, что у опытных специалистов эти структуры мало отличаются между собой и, вместе с тем, сильно разнятся от способов организации профессиональных знаний у новичков. Например, умственные структуры (способы организации 30 понятий, связанных с пилотированием) у опытных летчиков-истребителей оказались сходными между собой, но отличались от умственных структур у менее опытных летчиков. Авторы этого исследования обнаружили, что по особенностям умственной структуры, характерной для летчика-истребителя, можно установить, новичок он или опытный пилот [14].

К настоящему времени структурные характеристики концептуальных моделей изучены явно недостаточно. Во многом это объясняется тем, что структуры концептуальных моделей, в отличие от их содержания, складываются стихийно и, как правило, не осознаются человеком.

*Цель* данного исследования – выявление структурных особенностей концептуальных моделей, формирующихся у операторов атомных станций с разным профессиональным стажем.

#### МЕТОДИКА

Для изучения структурных характеристик концептуальных моделей у операторов атомных станций использовался психосемантический метод [12]. Были отобраны 32 термина, отражавшие ключевые для оперативного персонала характеристики функционирования энергоблока атомной станции: технические системы и виды оборудования, параметры их функционирования, а также должности и функции оперативного персонала (табл. 1).

**Таблица 1.** Термины, отражающие характеристики функционирования энергоблока атомной станции

Должности оперативного персонала	Функции оперативного персонала	Технические системы и виды оборудования	Параметры функционирования технических систем и оборудования
Ведущий инженер по управлению турбиной (ВИУТ). Ведущий инженер по управлению реактором (ВИУР). Начальник смены реакторного цеха (НСРЦ). Начальник смены турбинного цеха (НСТЦ). Начальник смены атомной станции (НСС). Начальник смены энергоблока (НСБ). Старший оператор реакторного отделения (СОРО). Старший машинист-обходчик по турбинному оборудованию (СМОТО)	Контроль выполнения операций (КонтрВыпОпер). Оперативное руководство персоналом (ОперРукПер). Оперативный контроль и регулирование параметров первого контура (ОперКонРег). Регулирование мощности по второму контуру (РегМощВтоКон). Принятие оперативных решений (ПринОперРеш). Оперативный контроль и регулирование параметров второго контура (ОперКонтРегВтор). Дистанционное управление оборудованием реакторного цеха (ДисУпрРЦ)	Вакуумная система (ВакСис). Система внутрореакторного контроля (СистВнутрКонт). Система автоматического регулирования параметров (СисАвРег). Главный циркуляционный насос (ГЦН). Системы безопасности (СистБезоп). Турбогенератор (Турбогенер). Система организованных протечек (СистОргПрот). Главная электрическая схема (ГлавЭлекСхем). Уплотнение вала генератора (УплотВалаГен)	Оперативный запас реактивности (ОперЗапРеак). Давление в первом контуре (ДавПерКон). Уровень в парогенераторе (УрПГ). Тепловая мощность (ТеплМощ). Давление и уровни в деаэраторах (ДавиУр). Расход питательной воды (РасхПитВод). Электрическая мощность (ЭлектрМощн). Частота электрического тока в сети (ЧастотаЭлекТок)

Далее составлялись симметричные матрицы, включавшие отобранные 32 термина. Эти матрицы предъявлялись для заполнения операторам со следующей инструкцией: «Просим Вас оценить, насколько связаны между собой термины, касающиеся работы атомной станции. Оценка производится для каждой пары терминов по 7-балльной шкале:

- 1 – очень низкая степень связанности терминов между собой;
- 2 – низкая степень связанности терминов между собой;
- 3 – связанность терминов между собой ниже среднего;

4 – средняя степень связанности терминов между собой;

5 – связанность терминов между собой выше среднего;

6 – высокая степень связанности терминов между собой;

7 – очень высокая степень связанности терминов между собой.

Правильных или неправильных ответов не бывает, важны Ваши субъективные оценки степени связанности содержания терминов между собой».

Каждый оператор оценивал степень связанности содержания каждого термина с содержанием каждого другого термина, всего выполняя 496 оценочных сравнений. Заполненные матрицы сходства подвергались обработке с помощью многомерного шкалирования и кластерного анализа с использованием программы *Statistica 6.0*.

К исследованию были привлечены операторы, работавшие в должности ведущего инженера по управлению реактором (ВИУР) на 4 атомных станциях России. Эти операторы осуществляли оперативное управление с блочного щита ядерным реактором: его пуском и остановкой, подъемом и снижением мощности в соответствии с заданным графиком и режимными картами, а также решали другие задачи по управлению реактором в штатных и нештатных ситуациях [1]. Принятие обоснованных, самостоятельных и ответственных решений, предвидение и преодоление нерасчетных ситуаций являются наиболее сложными задачами для ВИУР и других основных операторов атомных станций.

Всего в исследовании приняли участие 43 ведущих инженера по управлению реактором в возрасте от 27 до 55 лет. Общий стаж их работы на атомных станциях составил от 3 до 28 лет, стаж работы в должности ВИУР — от 6 месяцев до 25 лет.

При распределении операторов по стажу работы в должности ВИУР мы опирались на требования к квалификационным характеристикам должностей работников организаций атомной энергетики [5]. В соответствии с этими требованиями для перехода на вышестоящую должность работнику

необходимо иметь не менее 2 лет работы в предыдущей должности. Иначе говоря, для освоения должности работнику отводится 2 года, после чего он может претендовать на новую должность. Исходя из этого, все обследованные операторы были распределены на две практически равные группы.

В одну группу вошли 22 оператора со стажем работы в должности ВИУР до 2 лет включительно. Другую группу составил 21 оператор со стажем работы в должности ВИУР от 2 до 25 лет. Для более детального изучения структурных особенностей концептуальных моделей в зависимости от стажа работы в должности ВИУР эти операторы дополнительно были разделены на три равные подгруппы, по 7 чел. в каждой: со стажем 3÷4 года, со стажем 5÷9 лет и со стажем 10÷25 лет.

Кроме того, к исследованию были привлечены 23 студента-атомщика, обучавшиеся по специальности «Атомные электростанции и установки» на выпускном курсе физико-энергетического факультета Обнинского института атомной энергетики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Студенты-атомщики успешно прошли учебные курсы по изучению ядерных энергетических установок и практику на атомных станциях. Возраст студентов составил от 22 до 25 лет.

В итоге все обследованные были распределены по группам в зависимости от стажа работы в должности ВИУР (табл. 2).

**Таблица 2.** Группы обследованных в зависимости от стажа работы в должности ведущего инженера управления реактором

Стаж работы в должности ВИУР	Кол-во чел.
Студенты-атомщики (стаж отсутствует)	23
Операторы со стажем до 2 лет включительно	22
Операторы со стажем от 3 до 25 лет, в том числе:	21
3 ÷ 4 года	7
5 ÷ 9 лет	7
10 ÷ 25 лет	7

*Итого:* 66 чел.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Базовая структура концептуальной модели у ведущих инженеров по управлению реактором.** В результате применения процедуры многомерного шкалирования к матрице, усредненной по всем 43 обследованным ведущим инженерам по управлению реактором, было получено двухмерное семантическое пространство, удовлетворительно описывающее данные, содержащиеся в этой матрице.

Горизонтальную ось семантического пространства мы интерпретировали как фактор «Основной технологический процесс в энергоблоке атомной станции». По этой оси располагались термины, отражавшие представления ведущих инженеров по управлению реактором о технологической цепочке в энергоблоке атомной станции: получение теплоносителя в ядерном реакторе (под теплоносителем имеется в виду вода, разогретая до требуемой температуры) — превращение в парогенераторе разогретой воды в энергию пара — превращение в турбогенераторе энергии пара в электрическую энергию.

На левой стороне горизонтальной оси расположены термины, связанные с функционированием первого контура энергоблока. Первый контур обеспечивал получение теплоносителя в ядерном реакторе. К этим терминам относились: давление в первом контуре, тепловая мощность, оперативный контроль и регулирование параметров первого контура, оперативный запас реактивности, главный циркуляционный насос, дистанционное управление оборудованием реакторным цехом, системы безопасности, система внутриреакторного контроля, система автоматического регулирования параметров, начальник смены реакторного цеха, ведущий инженер по управлению реактором. Отметим, что в приведенный перечень вошли термины, связанные не только с функционированием собственно технических систем и оборудования реакторного цеха, но также с должностными позициями и обязанностями ведущего инженера по

управлению реактором, других специалистов, отвечающих за работу этих систем и оборудования.

В центре координат расположен термин «уровень (воды) в парогенераторе», связанный с превращением в парогенераторе разогретой воды в энергию пара.

На правой стороне горизонтальной оси расположены термины, связанные с функционированием второго контура энергоблока. Вторым контуром включал турбинный цех, обеспечивавший превращение в турбогенераторе энергии пара в электрическую энергию. К данным терминам относились: уплотнение вала генератора, регулирование мощности по второму контуру, вакуумная система, турбогенератор, оперативный контроль и регулирование параметров второго контура, расход питательной воды, главная электрическая схема, частота электрического тока, давление и уровни в деаэраторах, начальник смены турбинного цеха, ведущий инженер по управлению турбиной, старший машинист-обходчик по турбинному оборудованию. Отметим, что и этот перечень составляли термины, отражавшие не только функционирование технических систем и оборудования турбинного цеха, но также должностные позиции и обязанности ведущего инженера по управлению турбиной и других специалистов, отвечавших за работу данных систем и оборудования.

Вертикальную ось мы интерпретировали как фактор «Организация управления и обеспечения энергоблока». По этой оси располагались термины, отражавшие представления ведущих инженеров по управлению реактором об иерархии должностных позиций и функций оперативного персонала по управлению энергоблоком в целом.

На одном полюсе вертикальной оси расположены термины, отражавшие должностные позиции и обязанности вышестоящих руководителей: начальник смены атомной станции, начальник смены энергоблока, принятие оперативных решений, контроль выполнения операций, оперативное руководство персоналом. На другом полюсе расположены термины,

связанные должностными позициями и обязанностями подчиненных специалистов, а также техническими системами обеспечивающих подразделений: старший оператор реакторного отделения, система организованных протечек и др.

В схематичном виде описанная двухмерная структура изображена на рис. 1.



**Рис. 1.** Двухмерная структура концептуальной модели энергоблока атомной станции (схематичный вид).

Выявленная двухмерная структура концептуальной модели обеспечивала для ведущих инженеров по управлению реактором возможность мысленного представления о функционировании не только подотчетного им первого контура, но и энергоблока в целом. Другими словами, данная структура есть такой способ организации содержащихся в концептуальной модели сведений, который позволяет создавать у ведущих инженеров по управлению реактором *целостную* «умственную картину»

функционирования энергоблока атомной станции. При этом энергоблок был представлен в концептуальной модели не только как сложный технический объект, но и как *социотехническая* система, включавшая должностные позиции и функции оперативного персонала.

Мы рассматриваем двухмерную структуру в качестве базовой для концептуальных моделей у ведущих инженеров по управлению реактором, а также у всех основных операторов атомной станции. Это означает, что организация содержащихся в их концептуальных моделях сведений о функционировании энергоблока подчинена общему принципу. Его суть состоит в том, что указанные сведения структурируются по двум осям: по одной – об основном технологическом процессе в энергоблоке, а по другой – об организации управления и обеспечения основного технологического процесса.

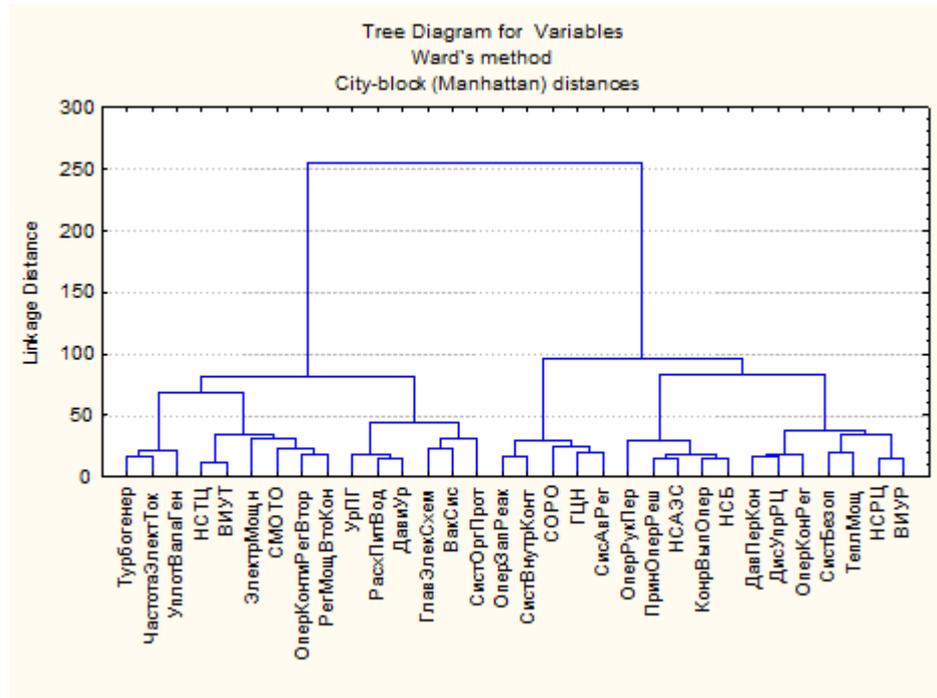
**Особенности организации сведений в концептуальных моделях у операторов с разным стажем работы в должности ведущего инженера по управлению реактором.** Как отмечалось выше, умственные структуры не являются застывшими образованиями и могут видоизменяться в опыте человека. Поэтому утверждение об общности базовой структуры концептуальных моделей не означало, что содержащиеся в них сведения одинаково организованы у операторов с разным стажем работы. Согласно полученным эмпирическим данным, особенности организации сведений проявлялись двояко: во-первых, в том, как именно эти сведения группировались по осям базовой структуры, и, во-вторых, в изменениях взаимосвязанности этих сведений в концептуальных моделях у операторов с разным стажем.

*Особенности организации сведений в концептуальных моделях у операторов с разным стажем.* В качестве примера рассмотрим особенности группирования сведений по оси «Основной технологический процесс в энергоблоке атомной станции». Для выявления этих особенностей

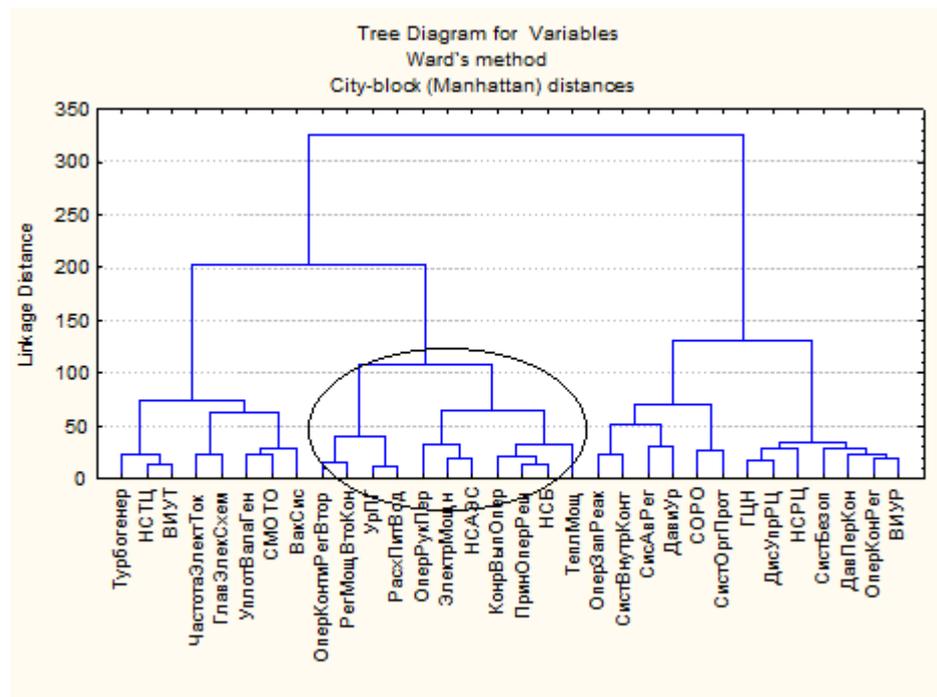
проводился кластерный анализ, результаты которого представлены на рис.

2,А,Б,В,Г,Д.

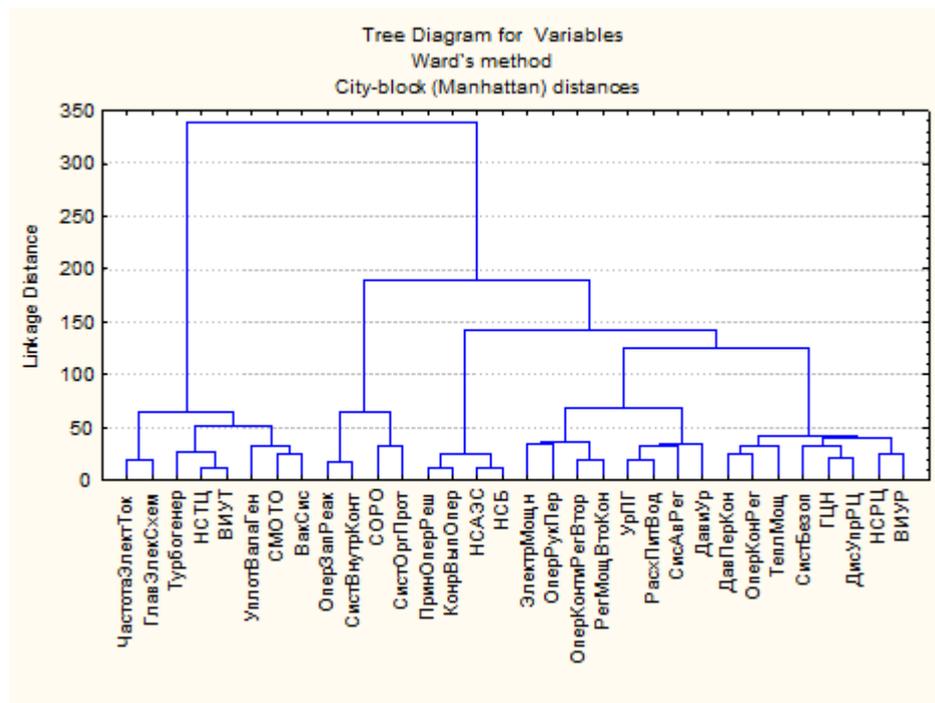
А.



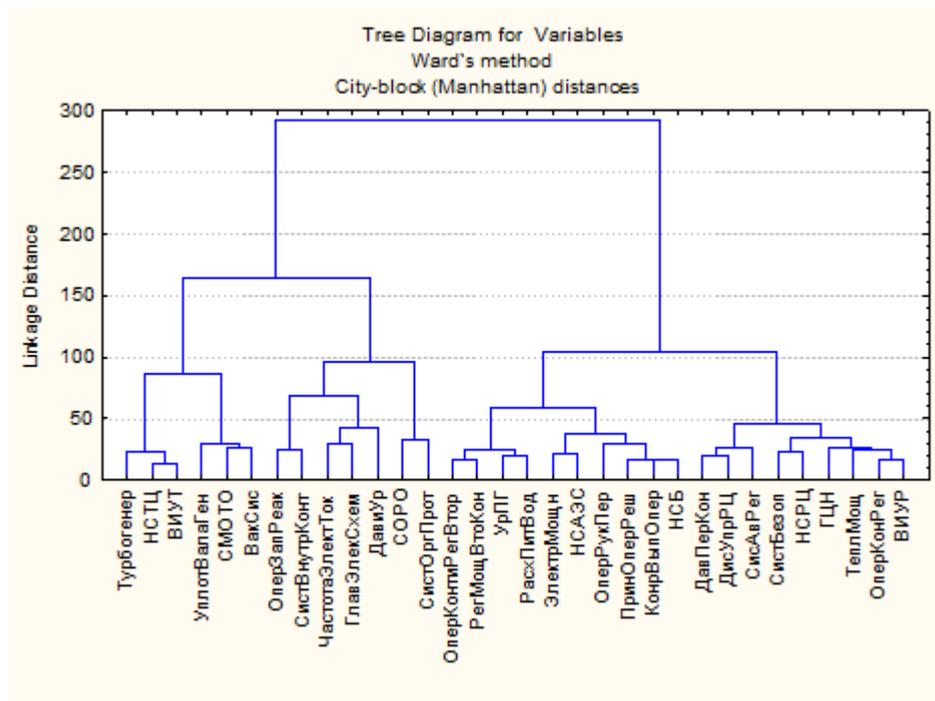
Б.



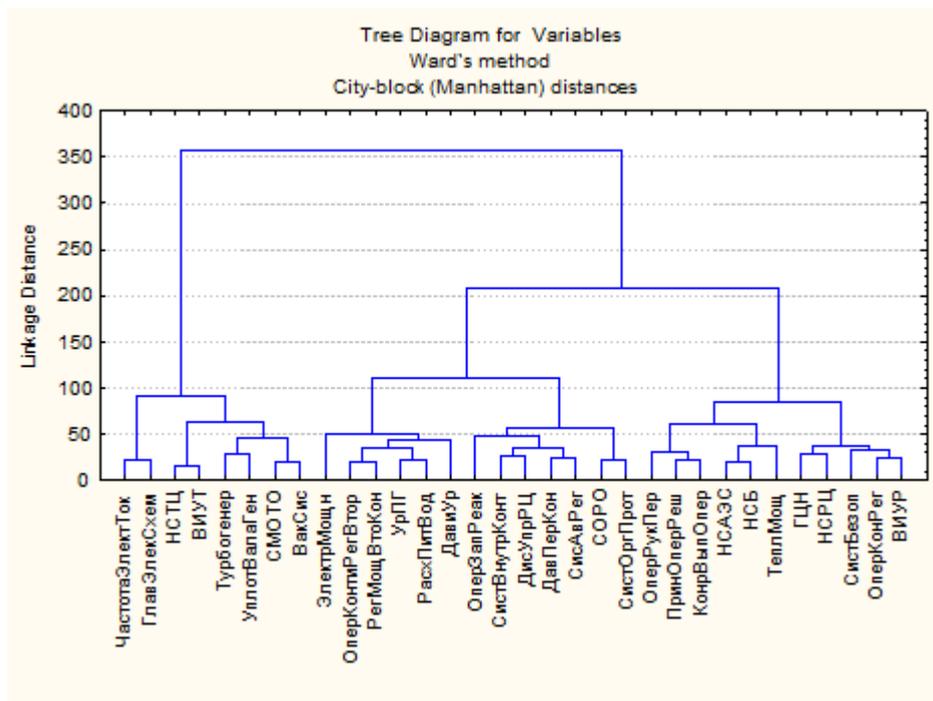
В.



Г.



Д.



**Рис. 2.** Группирование терминов у студентов-атомщиков и операторов с разным стажем работы в должности ведущего инженера по управлению реактором. Данные, усредненные по группам операторов.

Кластер «Реакторный цех» расположен справа, кластер «Турбинный цех» – слева. Сокращения приведены в табл. 1.

*А* – студенты-атомщики.

*Б* – операторы со стажем до 2 лет включительно.

*В* – операторы со стажем 3÷4 года.

*Г* – операторы со стажем 5÷9 лет.

*Д* – операторы со стажем 10÷25 лет.

В табл. 3 приведены данные о количественных показателях рассматриваемых **перегруппировок** сведений, содержащихся в концептуальных моделях у операторов с разным стажем работы в должности ВИУР.

**Таблица 3.** Распределение терминов по кластерам «Реакторный цех» и «Турбинный цех» у студентов-атомщиков и операторов с разным стажем работы в должности ведущего инженера по управлению реактором

Стаж работы операторов в должности ВИУР	Кластеры		Итого
	«Турбинный цех»	«Реакторный цех»	
Студенты-атомщики (стаж отсутствует)	15 терминов (47%)	17 терминов (53%)	32 термина (100%)
Операторы со стажем до 2 лет включительно	19 терминов (59%)	13 терминов (41%)	32 термина (100%)
Операторы со стажем 3÷4 года	8 терминов (25%)	24 термина (75%)	32 термина (100%)

Операторы со стажем 5÷9 лет	13 терминов (41%)	19 терминов (59%)	32 термина (100%)
Операторы со стажем 10÷25 лет	8 терминов (25%)	24 термина (75%)	32 термина (100%)

Полученные данные показали, что с возрастанием стажа работы в должности ВИУР происходило существенное перегруппирование терминов по кластерам «Реакторный цех» и «Турбинный цех».

Как следует из данных рис. 2,А и табл. 3, у студентов-атомщиков, обладавших теоретическими представлениями о функционировании энергоблока атомной станции, но не имевших практического опыта оперативного управления им, термины распределялись по кластерам «Реакторный цех» и «Турбинный цех» почти поровну.

У операторов в должности ВИУР со стажем работы до 2 лет включительно наблюдалась иная картина: в кластер «Реакторный цех» вошли 13 терминов (41% от общего числа терминов), содержание которых непосредственно связано с функционированием первого контура энергоблока. Остальные 19 терминов (59% от общего числа терминов), включая должностные позиции и функции оперативного руководства энергоблока и атомной станции (обведены на рис. 2,Б), вошли в кластер «Турбинный цех». У операторов со стажем 3÷4 года, по сравнению с предшествующей группой операторов, распределение терминов по кластерам было противоположным ( $p < 0.05$  по критерию хи-квадрат): в кластер «Реакторный цех» вошли уже 24 термина (75% от общего числа терминов) против 8 терминов, вошедших в кластер «Турбинный цех» (25% от общего числа терминов). Указанное перераспределение произошло, как это следует из сопоставления данных на рис. 2,Б,В, за счет включения в кластер «Реакторный цех» терминов, обозначающих должностные позиции и функции оперативного руководства энергоблока и атомной станции, а также терминов, связанных с функционированием турбинного цеха (например, «оперативный контроль и регулирование параметров 2-го контура»),

«регулирование мощности второго контура»). Данное перераспределение в значительной мере сохранялось и у операторов со стажем 5÷9 и 10÷25 лет.

Объединение в один кластер сведений о должностных позициях и функциях оперативного персонала, технических системах и параметрах реакторного и турбинного цеха, а также других подразделений энергоблока свидетельствовало о том, что в концептуальных моделях у операторов со стажем работы в должности ВИУР более 2 лет указанные сведения были представлены в виде единой структуры. То есть у этих операторов формировались концептуальные модели, в которых функционирование вверенного им реакторного цеха представлялось во взаимосвязи с функционированием энергоблока в целом.

*Особенности взаимосвязанности сведений в концептуальных моделях у операторов с разным стажем.* Для анализа степени взаимосвязанности сведений в концептуальных моделях у ведущих инженеров по управлению реактором и студентов-атомщиков были выделены три градации субъективных оценок: высокая – 5÷7 баллов, средняя – 4 балла и низкая степень взаимосвязанности – 1÷3 балла. Полученные результаты представлены в табл. 4.

**Таблица 4.** Распределение субъективных оценок взаимосвязанности терминов в концептуальных моделях у студентов-атомщиков и операторов с разным стажем работы в должности ведущего инженера по управлению реактором. (Усредненные данные по группам операторов)

Стаж работы в должности ВИУР	Субъективные оценки взаимосвязанности терминов			Итого
	5–7 баллов	4 балла	1–3 балла	
Студенты-атомщики (стаж отсутствует)	99 оценок (20%)	124 оценки (25%)	273 оценки (55%)	496 оценок (100%)
Операторы со стажем до 2 лет включительно	230 оценок (46%)	85 оценок (17%)	181 оценка (37%)	496 оценок (100%)
Операторы со стажем 3÷4 года	264 оценки (53%)	79 оценок (16%)	153 оценки (31%)	496 оценок (100%)
Операторы со стажем 5÷9 лет	287 оценок (58%)	91 оценка (18%)	118 оценок (24%)	496 оценок (100%)
Операторы со стажем 10÷25 лет	184 оценки (37%)	102 оценки (21%)	210 оценок (42%)	496 оценок (100%)

Как следует из данных табл. 4, у студентов-атомщиков доля высоких оценок составила лишь 20% от числа всех оценок, тогда как в более чем половине случаев (55%) преобладали низкие оценки взаимосвязанности терминов. Это свидетельствовало о слабой взаимосвязанности сведений о функционировании энергоблока атомной станции, представленных в концептуальных моделях у студентов-атомщиков. У операторов со стажем работы до 2 лет и особенно у операторов со стажем 3÷4 года и 5÷9 лет преобладали высокие оценки взаимосвязанности терминов – 46 и 50% соответственно. При этом доля низких оценок взаимосвязанности терминов у операторов со стажем 3÷4 года и 5÷9 лет составила 31 и 24% соответственно. То есть по мере возрастания стажа работы в должности ВИУР степень взаимосвязанности сведений, содержащихся в концептуальных моделях, возрастала.

Вместе с тем в группе операторов с наибольшим стажем работы (10÷25 лет) доля высоких оценок взаимосвязанности терминов резко, в полтора раза, сокращалась и становилась даже меньше, чем у операторов со стажем до 2 лет включительно. Одновременно у операторов со стажем работы 10÷25 лет существенно увеличивалась доля низких оценок взаимосвязанности терминов (табл. 4).

Таким образом, установлен нелинейный характер зависимости оценок операторами степени взаимосвязанности сведений в концептуальных моделях от стажа работы в должности ведущего инженера по управлению реактором. Этот факт требует дальнейшего изучения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель нашего исследования состояла в выявлении структурных особенностей концептуальных моделей, т.е. особенностей организации содержащихся в них сведений, у операторов с разным стажем работы в должности ведущего инженера по управлению реактором. Как отмечалось во вводной части статьи, у операторов последовательно складываются различные по содержанию концептуальные модели технического комплекса

– технологические, топологические, функциональные, информационные, алгоритмические и образные. Каждая из этих моделей содержит специфические сведения о различных элементах технического комплекса и типах связей между элементами. В этой связи необходимо уточнить, о структурах каких именно концептуальных моделей идет речь в данной статье.

Содержательный анализ терминов, использованных в исследовании и связанных с функционированием энергоблока атомной станции, дал основание считать, что в этих терминах отражены сведения и типы связей между ними, которые типичны для технологических концептуальных моделей. Действительно, использованные термины отражали различные агрегаты, устройства, технологические операции, направления материальных и энергетических потоков, контролируемые параметры энергоблока атомной станции, производственно-технологические связи, т.е. характеристики именно технологической концептуальной модели.

Поскольку технологическая концептуальная модель складывается у операторов ранее всех других видов концептуальных моделей [4], постольку правомерным является обозначение выявленной двухмерной структуры как базовой. Эта структура рассматривается нами в качестве основы для последующего формирования концептуальных моделей других видов.

На основании полученных результатов можно утверждать, что структура технологической концептуальной модели видоизменяется с возрастанием профессионального стажа операторов. При этом имеются основания считать, что у опытных операторов формируются такие структуры технологических концептуальных моделей, которые обеспечивают целостное и одновременно дифференцированное представление о функционировании технического комплекса. Подобные структуры технологических концептуальных моделей типичны для ведущих операторов с высокой профессиональной успешностью [10]. Благодаря этому ведущие инженеры по управлению реактором могли предвидеть

тенденции функционирования энергоблока в целом и принимать упреждающие решения, т.е. выполнять роль ответственного субъекта управления сложными техническими комплексами.

## ВЫВОДЫ

1. Выделены инвариантные и изменяющиеся элементы в организации сведений, содержащихся в концептуальных моделях атомной станции у операторов с разным стажем работы. Инвариантным элементом является базовая двухмерная структура. Изменяющимися элементами были группы сведений вдоль осей базовой структуры.

2. Вдоль одной оси базовой структуры располагались сведения об основном технологическом процессе – производстве теплоносителя (разогретой воды), его последующем превращении в энергию пара, а затем – электрическую энергию. Вдоль другой оси структурировались сведения о вышестоящем оперативном руководстве и обеспечивающих подразделениях.

3. Суть изменений в группах сведений состояла в укрупнении группы «реакторный цех». У начинающих ведущих инженеров по управлению реактором в эту группу объединялись сведения, относившиеся к функционированию именно реактора и непосредственно обеспечивающих его подразделениях. У более опытных операторов в данную группу включались ещё и сведения, относившиеся к функционированию других технических систем и подразделений атомной станции. Благодаря таким изменениям опытные операторы создавали у себя целостную «умственную картину» функционирования атомной станции.

4. Выявлен нелинейный характер зависимости оценок операторами взаимосвязанности сведений в концептуальных моделях от стажа работы в должности ведущего инженера по управлению реактором. По мере возрастания стажа число высоких оценок взаимосвязанности сведений возрастало. Однако у операторов с наибольшим стажем доля таких оценок вновь снижалась.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анохин А.Н., Острейковский В.А.* Вопросы эргономики в ядерной энергетике. М.: Энергоатомиздат, 2001.
2. *Андерсон Дж.* Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2002.
3. *Величковский Б.М.* Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006. Т. 2.
4. *Галактионов А.И.* Системные исследования психических образов, формируемых оператором-технологом // Системный подход в инженерной психологии и психологии труда. М.: Наука, 1992. С. 92–104.
5. Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих: Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации, приказ от 10 декабря 2009 г. № 977.
6. *Зинченко В.П., Мунипов В.М.* Основы эргономики. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979.
7. *Ломов Б.Ф.* Человек и техника. М.: Сов. радио, 1966.
8. *Мунипов В.М., Зинченко В.П.* Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды. М.: Логос, 2001.
9. *Обознов А.А.* Структура концептуальной модели у человека-оператора: системный подход // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Вып. 1 / Под ред. В.А. Бодрова и А.Л. Журавлева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. С. 403–413.
10. *Обознов А.А., Волков Э.В., Чернецкая Е.Д.* Образно-концептуальные модели в деятельности операторов сложных эргатических систем // Мехатроника, автоматизация, управление, 2012. № 5. С. 21–30.
11. *Ошанин Д.А.* Предметное действие оперативный образ: Избранные психологические труды. М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 1999.
12. *Петренко В.Ф.* Основы психосемантики. М.: Эксмо, 2009.
13. *Холодная М.А.* Психология интеллекта: парадоксы исследования. Томск: Изд-во Томского ун-та. М.: Изд-во «Барс», 1997.
14. *Червинская К.Р.* Компьютерная психодиагностика: Учебное пособие. СПб: Речь, 2003.