

РОССИЙСКИЙ ОТКРЫТЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

И. И. Ильясов

**СИСТЕМА ЭВРИСТИЧЕСКИХ
ПРИЕМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

Москва

1992

ВВЕДЕНИЕ

Обучение решению нетиповых творческих задач традиционно считается одним из важнейших, а иногда и самым главным компонентом образовательного процесса в школе и вузе. В настоящее время идет интенсивная работа по развитию творческого мышления учащихся школ и вузов. Одним из основных направлений этой работы является вооружение учащихся эвристическими приемами, способствующими решению творческих, продуктивных задач. На сегодняшний день отечественными и зарубежными авторами разработан целый ряд систем или совокупностей таких приемов. Обучение осуществляется либо на специальных занятиях в виде курсов по развитию мышления, либо в рамках обучения различным предметным дисциплинам (математике, физике, истории и т.п.).

Как показывает анализ, имеющиеся системы эвристических приемов либо слишком обширны, громоздки и избыточны, либо чересчур кратки и неполны. В большинстве случаев их состав мало обоснован и даже произволен. Указанное положение связано с тем, что, с одной стороны, авторы, разрабатывая эвристические системы, либо совсем не пользуются данными по исследованиям эвристик либо пользуются ими недостаточно; а с другой стороны — с тем, что в имеющихся работах не проведена адекватная систематизация известных эвристик, не проанализированы и не выделены эвристики, тождественные и близкие по содержанию и другим характеристикам.

Используемые способы обучения также различны, и их выбор не всегда обоснован экспериментально. Правомерность переноса опыта обучения другим умениям на формирование эвристических приемов недостаточно обоснована. Здесь прежде всего проблемой является эффективность использования осознания обучающимся содержания приемов. В одних работах такое осознание применяется, в других — нет. И до сих пор остается не решенным, как же здесь нужно поступать. Наконец, не вполне ясна даже эффективность применения эвристических приемов для развития способности решения нестандартных задач по сравнению с обычной тренировкой в их решении без использования таких приемов.

В настоящей работе мы ставили перед собой следующие задачи:
— выделить и проанализировать эвристические приемы и их системы, разработанные зарубежными и отечественными авторами;

— провести систематизацию эвристических приемов и установить приемы, действительно различные по содержанию, среди очень большого их количества, рассматриваемого разными исследователями;

— соотнести эвристические приемы с фазами их решения и установить более обоснованный порядок их использования в процессе решения задач;

— усовершенствовать содержание некоторых важных эвристических приемов;

— создать на этой основе систему эвристических приемов, которая включала бы все основные, содержательно различные группы приемов в виде одного своего наиболее существенного представителя и тем самым была бы компактной и эффективной по составу;

— изучить относительную эффективность использования отдельных эвристических приемов, их групп и всей системы в целом по сравнению друг с другом и с тренировкой в решении задач без применения эвристических приемов вообще;

— наконец, изучить эффективность обучения эвристическим приемам при осознании их содержания и при его отсутствии.

При этом мы исходили из следующих предположений:

— если среди всех известных эвристических приемов выделить семейства содержательно тождественных эвристик и установить очередность их применения при решении задач по степени определенности состава приемов, то возможно создать эффективную, избыточную и неурезанную систему эвристических приемов, практически доступную для усвоения при сравнительно недолгом обучении;

— формирование эвристических приемов развивает способность решать продуктивные задачи больше, чем простая тренировка в решении задач в проблемном обучении;

— усвоение эвристических приемов на основе осознания их содержания и функции более эффективно, чем неосознанное усвоение.

Книга состоит из трех глав. В первой главе представлен обзор и анализ работ зарубежных и отечественных авторов, посвященных выделению, изучению, и обучению эвристическим приемам.

Во второй главе проведена систематизация всех известных эвристических приемов, выделены их семейства, которые соотнесены с фазами решения задач и выстроены в определенную последовательность их использования в процессе решения. Значительно уточнено содержание приемов в составе ряда семейств. В итоге предложена система эвристических приемов, оптимальная по составу и практически доступная для реализации в обучении.

В третьей главе описаны некоторые опытные данные, полученные в обучающих экспериментах с применением эвристических приемов, их групп и системы в целом, характеризующие эффективность их использования в решении задач. Здесь также представлены результаты изучения эффективности обучения эвристическим приемам при осознании их содержания и без него.

В приложении приводятся краткие описания основных эвристических приемов, составляющих предлагаемую систему приемов, и протоколы, иллюстрирующие процесс решения задач с их использованием.

ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

§ 1. Выделение и изучение эвристических приемов в зарубежных исследованиях

Творческие познавательные процессы стали объектом изучения весьма давно. За длительный период их изучения в этом деле приняли участие свыше двухсот различных авторов, и к настоящему времени существует весьма обширная литература, в которой описываются различные действия, акты, процессы, происходящие при решении творческих задач. Однако до сих пор нет работ, в которых бы известные уже действия и операции в составе продуктивного решения творческих задач были проанализированы и сведены в более или менее обобщимую систему. В связи с этим нами была предпринята попытка систематического выделения и типологизации эвристических приемов мышления. Разнообразие позиций множества исследований, изучавших данный вопрос, и широкий круг выделяемых ими операций в процессе решения творческих задач накладывает неизбежный отпечаток на способ представления и анализа обобщаемого нами материала. Сначала целесообразно совершить исторический экскурс в проблему изучения эвристических приемов мышления, дав краткое описание их компонентов с позиций наиболее известных исследователей. Затем необходимо провести анализ имеющихся представлений о действительно различных познавательных операциях и действиях с целью их характеристики и устранения дублей и повторов. Лишь после этого можно приступить к типологизации эвристических приемов мышления, определив их содержательные характеристики по ряду предлагаемых нами иерархически соподчиненных оснований.

По свидетельству Д. Пойа /22/, одним из первых авторов, занимавшихся изучением процесса решения задач и выделением эвристических приемов, был древнегреческий математик Папп Александрийский /55/. В своем трактате "Искусство решать задачи" Папп выделил как минимум два приема — регрессивное или прогрессивное рассуждение, что означает решение задачи от конца (цели) к началу (данным) либо наоборот, а также связанный с этим приемом прием доопределения цели и данных путем выведения следствий из их определений и других знаний о них. Если процедура первого приема явно обозначена Паппом, то второй прием отмечался Паппом неявно.

В новое время одним из первых выделением операций творческого мышления (приемов, эвристик) занимался, по-видимому, Р. Декарт./10, 11/. Он указал на важность следующих мыслительных приемов или операций:

- освобождение от всякого излишнего представления;
- разбиение на возможно большее число частей;
- черчение, рисование фигур и предложений (решения задач)

по чувственным данным.

Б. Паскаль предложил правило замены терминов их определениями /56/.

Большую работу по анализу процесса решения творческих задач провел (40). Б. Больцано — известный логик и математик XIX века. Он называет эвристикой или "искусством открытия" учение от том, как надо поступать при отыскании истины /40, с. 293/ и выделяет следующие 14 приемов или общих правил эвристической деятельности /40, с. 326—348/.

1. Точно сформулировать вопрос, ответ на который мы ищем. Необходимо строго ограничивать область исследования.

2. Оценить, является ли истинный ответ на поставленный вопрос возможным с точки зрения имеющихся знаний.

3. Разбить задачу на подзадачи и подвопросы и искать ответы на них сначала выведением решения из известных истин или сведением к решению подобных задач.

4. Прямо вывести решение из уже имеющихся знаний, если это возможно.

5. Выдвинуть гипотезы методом полной или неполной индукции или аналогии.

6. Совокупность четвертого и пятого приемов.

7. Сопоставить полученный результат с известными знаниями.

8. Проверить точность использования логических приемов.

9. Проверить правильность всех определений и суждений, используемых в решении.

10. Выразить все понятия решаемой задачи в "целесообразных" знаках (воспользовавшись символическим языком).

11. Стремиться к выработке наглядных образов объектов задачи.

12. Результат решения формулировать логически строго.

13. Оценить все "за" и "против" полученного результата.

14. Решать с возможно большим сосредоточением внимания на задаче.

Кроме указанных общих правил эвристики, Б. Больцано выделяет еще 33 особых правила, являющихся правилами анализа логической структуры понятий (представлений), предложений, доказательств, имеющих место в процессе решения. Так устанавливается, являются ли понятия простыми или сложными, относятся

к реальному или идеальному объекту, единичные ли они или общие, каким образом соотносятся по объему (включаются одно в другое, пересекаются и т.д.). В суждениях выделяется их состав, аналитичность или синтетичность, совместимость, выводимость, равнозначность и т.д.

В доказательствах фиксируются их цели, установление истинности, вскрытие основания, причины, определение непротиворечивости положения среди других и т.п.

Все познавательные задачи Б.Больцано объединяет в два класса: 1) задачи на доказательство, обоснование истины 2) задачи на нахождение новой истины.

Каждый класс задач решается соответствующими методами. Первый — методом восхождения к основаниям истины на основе операций логической редукции (т.е. поиска положения, из которого выводима доказываемая истина). Второй — методом, обратным восхождению.

Характеризуя учение Больцано в целом, можно заключить, что он выделил следующие, до него не отмеченные специально, приемы: уточнение требования и оценка возможности его достижения в принципе, применение аналогии, использование символических обозначений, оценка достоинств и недостатков гипотез и решений, сосредоточение внимания на пунктах рассуждения.

А.Пуанкаре [24] впервые подчеркивал важность отдыха после попыток решения задачи для облегчения работы подсознания. Наряду с философами и математиками приемы творческого мышления интересовали, естественно, и психологов. Психолог У. Джеймс [9] описывал поиск решения задачи как извлечение из определенного факта какого-то конкретного свойства, отождествление его со всем фактом в целом и попытки нахождения решения, исходя из этого отождествления. При неудаче после попыток с каким-то свойством объекта выбирается другое свойство объекта, и процесс повторяется. Данный прием является разновидностью приема обобщения.

А.Бине [39] выделил три фазы процесса решения задач: осознание цели, выдвижение гипотез о путях достижения цели, оценка гипотез и выбор одной подходящей. В рамках второй фазы процесса решения Бине отмечает общее направление поиска гипотез: нахождение общей цели идеи решения и переход к конкретному решению. Эти последние процессы опираются на перестройку, переструктурирование элементов проблемной ситуации и на мысленное манипулирование ее моделью.

Если первые два из отмеченных приемов были новыми, то третий представляет собой разновидность уже известного к тому времени приема схематизации, моделирования. Другие известные

приемы (обратные задачи, моделирование, разбиение на части и другие) Бине не рассматривает.

Критиковавший ассоциационизм О.Зельц [4а, 58] в общем плане говорит о задаче как о целостном комплексе.

Считается, что решение достигается путем антиципации, сигнализирования, резонанса. Например, если имеет элемент "в" связке с "Р(Рв)", а в нашем прежнем опыте было "аРв", то на основе овладения "Рв" у нас возникает "аРв", и следовательно, "а".

О. Зельц, как и ассоциационисты, считает, что попыткам решения предшествует усмотрение конфликта, т. е. неуспех при определенной попытке решения.

Более конкретно это описывается следующим образом. Решение задачи осуществляется в два этапа. 1 этап — образование единого (проблемного) комплекса, связи между данным и требуемым в определенных отношениях. (Общая задача, но в другом смысле, как единство данных и требуемого, в отличие от конкретной задачи (частной) в узком смысле, т.е. требований только.)

Комплекс в творческих задачах не завершен (аналогия с незаполненным бланком). Пустые места могут заполняться компонентами комплекса либо отношениям между ними. Отсюда искомое задается через место в комплексе и на этой основе антиципируются его возможные (неизвестные) свойства через их отношения к известным свойствам.

II этап — творчества — соединение известных операций в новые цепи для получения новых результатов (искомого в проблемном комплексе). Комплекс не только вызывает (актуализирует) операции, но и направляет их протекание.

Далее выделяются три основные интеллектуальные операции — дополнение комплекса, абстракция, репродукция сходства.

Дополнение комплекса (т.е. нахождение решения) включает: 1) порождение представлений (визуализация); 2) анализ свойств и 3) перемещение взгляда, фокуса внимания за пределы предмета и определение окружения предмета, исходя из какой-то его характеристики. Если решение не найдено (комплекс не дополнен) — следует возвращение к предмету и повторный анализ его свойств, определение другого окружения по другим свойствам (предмета) и вычленение свойства, завершающего комплекс. То есть происходит постоянное изменение направления мысли о предмете, пока не будет найдено искомое решение задачи.

Абстракция — выделение характеристик членов комплекса и отношений между ними. Она включает: 1) привлечение сходных понятий; 2) сравнение соотношения предметов и выделение не

известных свойств (анализ через синтез)*. Абстракция входит в состав операции 2 — "дополнение комплекса".

Репродукция сходства — нахождение тождества (частичного) между объектами, ранее считавшимися целиком различными. Эта операция входит в дополнение комплекса; последняя есть не операция в составе процесса решения, а все решение, состоящее из множества других операций (абстракции, репродукции, сходства и др.).

Таким образом, О.Зельц выделил, во-первых, новый прием — анализ данных и требований в единстве и взаимосвязи. Реализуется этот прием операциями как уже известными ранее — порождением представлений тождественно, моделированно, абстракцией, как привлечением сходных понятий, что равносильно переносу сходных элементов (правда, в составе комплекса и поэтому с их антиципацией), так и новой операцией — репродукцией сходства (поиск тождественных сторон у различных в целом объектов). Помимо этого новым в построениях Зельца является введение приема перемещения внимания для рассмотрения объекта в разных отношениях и для связывания объекта с другими объектами, окружающими его. При всем этом ряд уже известных к тому времени приемов Зельц не учитывал — обобщение, обратные задачи, разбиение на части, развертывание определений, отвлечение внимания.

Наиболее фундаментальное изучение творческого (продуктивного) мышления в первой половине XX века проведено видным психологом К.Дункером /12/. Он так же, как и многие другие авторы, движется в двух планах при рассмотрении процессов продуктивного мышления. С одной стороны, он дает описание "общего устройства" и схемы действий мыслительных процессов, а с другой стороны — описание эвристических приемов мышления. Различия между этими аспектами описаний не фиксируется специально, но не явно состоит в том, что эвристические приемы есть средство осуществления общих принципов, общего движения процесса. Дункер не выделяет стадий анализа (ознакомление с условиями, решение задачи и проверка найденного решения), хотя эти стадии у него и подразумеваются.

Все, что он изучил и выявил в своих экспериментах, касается стадии решения задачи. Она включает фазы: определение области поиска, анализ и поиск новых свойств компонентов задачи, дающих возможность решить задачу, выявление и проверка гипотез о решении.

"Приблизительное определение области" поиска, судя по при-

* Анализ через синтез подробно изучен в школе С.Л.Рубинштейна (см. ниже) — здесь и далее сноски автора.

мерам /12, с. 101/, не составляет проблемы и сводится просто к фиксации предельно широкой предметной области, к которой принадлежит объект задачи (числа, лучи и тело и т.п.).

Анализ и поиск новых свойств компонентов задачи включает целый ряд операций, которые являются основой для выдвижения гипотез и которые Дункер называет эвристическими методами мышления. К ним относятся: 1) обобщение; 2) выведение следствий; 3) анализ конфликта между целью и данными; 4) резонанс; 5) включение в структуру; 6) использование разных аспектов рассмотрения; 7) наглядное представление /12, с. 152/; 8) переструктурирование; 9) контакт с объектом; 10) специализация (взятие более конкретного случая /12, с. 136/; 11) привлечение всех известных знаний, касающихся общих отношений задачи (т.е. выяснение того, какие, собственно, существуют теоремы, относящиеся к данному случаю) /с. 143/; 12) поиск обратного (непрямого) доказательства; 13) установление причины негодности предложенного решения (направления, принципа решения) /12, с. 107/ (обратная связь); 14) движение от конца к началу, от цели к данным или наоборот.

Рассматривая процесс выдвижения гипотез о пути решения задачи, Дункер указывает на следующее. Гипотезы могут быть общего характера, дающие самую общую идею, принцип решения, "функциональное значение решения". Вслед за их предложением следует цепь дальнейшего поиска путей реализации общей идеи, и выдвигаются более конкретные идеи до тех пор, пока не будет найдена окончательная форма решения (движение сверху вниз). Однако наряду с указанным выше существует и другой путь решения задачи, когда окончательная форма решения достигается без предварительных общих гипотез, беспрограммно (движение снизу вверх), и лишь после этого принцип обобщается или не обобщается.

При движении сверху вниз при неудачах происходят смены гипотез. Эти смены могут касаться гипотезы внутри одного принципа, или же могут меняться и принципы (функциональные решения). Если у "дерева решения" много уровней*, то, соответственно, второй уровень выступает в роли подпринципа для всех последующих, третий — тоже, и так далее. По какому направлению пойдет процесс поиска решения, поиск частных и общих гипотез, варьирование (переструктурирование) критических моментов ситуации, будет ли выбрана, например, в задачах с облучением вариация "пути лучей" (а не их интенсивности, внутренних свойств тканей и т.д.), зависит от факторов "податливости" и

* Под "деревом решения" понимается собственно процесс решения задачи, изображенный графически.

"рыхлости", а также от: 1) особенностей формулировки задачи; 2) акцентов в схемах, параметрах ситуации; 3) прошлого опыта (имеющихся представлений о способах решения подобных задач, например, лучи трудно представить расчлененными, в виде суммы отдельных компонентов; подобного опыта нет); 4) наведения самой ситуации на наиболее очевидное препятствие; 5) отделимости главного препятствия, его "необходимая неизменяемость"; 6) опыта решения сходных задач.

Кроме того, Дункер различает понимание как установление конкретных связей между конкретными элементами и понимание как нахождение общих принципов — причин конкретных связей. Соответственно, существуют задачи, в которых понимание общих принципов достигается непосредственно" ... на основе внутренних и очевидных связей с условиями проблемной ситуации", которые выявляются при анализе конфликта и обуславливаются соответствующими элементами проблемной ситуации" (Дункер, Берлин, 1934, с.148). Но есть задачи, в которых общая идея проблемной ситуации не задается непосредственно. Тогда она ищется почти наугад.

Например, по условию задачи " Есть два сосуда — вместимостью 7 и 11 литров. Как с помощью этих двух сосудов отмерить 13 литров?" Вряд ли кто-нибудь придет к выводу, что имеется только два пути: составить 13 из суммы $11+2$ или $7+6$, и после этого реализовать найденное функциональное решение /12, с. 13/.*

Поиск направлен. Его объект может быть частью поля, района или конкретной области района, поле делается предметной областью объектов задачи. Конкретная область внутри поля, района находится путем "просмотра" их, если действие не задает направлений просмотра [Дункер, с. 194]. Направления решения, диапазоны и функциональные решения могут формироваться [там же, с.240], то есть смена их может происходить с большим трудом. Смена гипотез трактуется как переструктурирование взаимоотношений элементов задачи. То, что раньше было фоном, становится темой, препятствием.

Фиксироваться могут не только направления поиска, диапазоны и функциональные решения, но и элементы данных, цели, задачи. Исползованию различных элементов, преодолению их фиксации препятствует принадлежность элементов к разным контекстам, изменение строения задачи и ряд других причин.

Важным моментом в общей характеристике мышления является наличие вариантов порядка осуществления анализа компонентов задачи и выдвижения гипотез о ее решении. Здесь выделяются,

* Это, на наш взгляд, спорно. Здесь уже есть наведение на общую линию, идею — стр. 11, 7, 13, там же.

правда, в неявном виде, две возможности. В одном случае анализ условий и выдвижение гипотез происходит в какой-то мере параллельно, т.е. сначала осуществляется грубая общая оценка данных и цели, далее выдвигается гипотеза, затем она проверяется, снова проводится определенный анализ компонентов задачи, опять выдвигается гипотеза и так далее. Иными словами, анализ производится частями и не очень систематично, чередуясь с выдвижением и проверкой гипотез; и на продвинутых этапах, если нет решения к данному моменту, анализ может приобрести более осознанный и развернутый характер. В другом случае развернутый и осознанный анализ данных и цели осуществляется в самом начале, и лишь потом выдвигаются гипотезы, и проводится дополнительный анализ компонентов задачи.

Такова общая характеристика процесса решения задач по Дункеру, в рамках которой описан целый ряд эвристических приемов, указанных выше. Рассмотрим содержание этих приемов более подробно.

1. Обобщение цели. Прием включает поиск ответа на вопрос: "Чего, собственно, я хочу, что надо получить, без чего можно обойтись, что вообще делают, когда надо достигнуть определенной цели?" Все это помогает снять фиксации, возникающие в процессе решения.

2. Доопределение цели и данных, т.е. выведение следствий из цели и данных. Прием включает выяснение следующих вопросов: "Что, собственно, означает то, что требуется доказать? Как это можно было бы выразить иначе? Какие цели выполняются при имеющихся данных задачи?" Здесь предъявленную задачу надо трансформировать в решаемую на основе данных. Все сказанное выше относится к доопределению применительно к цели. Доопределение применительно к данным (материалу) должно отвечать на вопросы: "Что значит, что даны такие-то объекты и их характеристики? Какие отсюда можно вывести другие характеристики данных? Что можно использовать для достижения цели?".

3. Анализ конфликта между целью и данными. Указанный прием заключается в выяснении того, что является причиной затруднения, почему нельзя действовать каким-то явным способом (тем самым выясняется не только "что мешает", но и "почему").

4. Метод резонанса. Он заключается в воспоминании о других, известных решающему методах, сходных по получаемому результату, по конструированию сходного продукта. Например, по условиям задачи нужно получить желтый цвет без применения фильтров. Решая задачу, вспоминаем, что от синей тетради отражается синий цвет, значит для получения желтого цвета необходимо получить отражение света (от нейтрального по цвету

источника) от желтой бумаги (с. 115). В решении всегда участвуют процессы осознания и воспроизведения элементов прошлого опыта (резонанс). Новизна получаемого результата есть следствие объединения, комплектования известных элементов. Согласно К.Дункеру, из этих двух процессов — воспроизведения (резонанса) и комбинирования — первый относится к репродуктивным процессам воспоминания (памяти), а второй может быть репродуктивным и продуктивным; это последнее и есть, собственно, мышление. Стремление пользоваться только воспроизведением по памяти чего-нибудь" ... относительно решения данной задачи может остаться слепым к внутренней природе стоящей перед нами проблемы ... Такое желание вспомнить часто решительным образом мешает думать наново". /12, с.117/.

Вместе с тем, резонанс имеет определенное эвристическое значение и может помочь найти решение вместе с процессами действительного мышления и даже без них (в репродуктивных задачах). В продуктивных задачах с помощью резонанса можно находить частные гипотезы (конкретные способы), если общие гипотезы (функциональные значения) уже построены /12, с 41/. Эти же последние с помощью резонанса построены быть не могут. Для их построения необходимы другие эвристические приемы, методы. Когда функциональные значения построены, то они выступают антипациями для резонанса, для воспроизведения известных подходящих знаний.

5. Включение в структуру. Этот прием Дункер называет синтетическим обнаружением и характеризует его следующим образом. "Синтетическое обнаружение заключается в том, что благодаря включению элемента в новую структуру, он приобретает новые свойства /12, с. 165/. При этом эвристическое значение имеет не новое целое, то есть структура вместе с объектом, а другие новые свойства самого объекта, выявляющиеся при его включении в новую структуру".

6. Рассмотрение объекта с различных сторон. Как отмечает Дункер, " ... положение решающего задачу тем лучше, чем больше то число элементов, которое он может обозреть одним взглядом без длительной, изнуряющей работы "рассуждения", и чем различнее эти аспекты" /12, с.146/. При этом важным является также то обстоятельство, что выбор аспекта не должен сопровождаться длительным анализом каждого аспекта и будет более успешным, если этот выбор будет происходить на уровне совокупности самих важных аспектов. "Чтобы заметить возможные пути и проверить их пригодность, нельзя прибегать к обстоятельному окидыванию взором каждого такого пути по отдельности" /12, с.149/.

7. Еще одним важным приемом является прием наблюдения и моделирования. (Это действие, которое получает следующие объекты.) Наглядно воспринимаемая фигура вызывает в сознании "сферу" определенных, применяемых к данному случаю, положений и тем самым вызывает эти положения [12, с.152]. Эвристическая функция наблюдения обусловлена его "сокращающей" ролью, т.е. тем фактом, что при изучении всей обстановки в целом одновременно вскрываются многие следствия из условий, которые при логическом анализе могли бы быть обнаружены только через серию последовательных этапов" [12, с.230].

8. Контакт с объектом. При этом отыскание решения задачи облегчается, так как благодаря ему происходит преодоление сильной фиксации, обусловленной существенной для данной задачи функцией [12, с.206].

9. Специализация — поиск или доказательство общего принципа сначала на частных, конкретных, специальных случаях [12, с. 136].

10. Привлечение всех известных знаний — осуществление этого приема должно привести к ответу на вопрос "какие, собственно, существуют знания (теоремы), относящиеся к решаемой задаче". Таким путем можно вспомнить знания, приводящие к решению задачи.

11. Поиск обратного доказательства или доказательство от противного.

12. Анализ результатов попытки (обратная связь) — выяснение того, что предложенная гипотеза не годится, и почему она не годится. Последнее очень важно, так как дает осознание основ конфликта и позволяет вводить коррекцию осознанного недостатка предложенного решения, а не просто варьировать старый прием в случае его неудачи.

13. Движение от конца к началу (от цели к данным) и наоборот (от данных к цели). Этот эвристический прием указывает порядок анализа компонентов задачи. Движение от конца к началу считается органическим путем, а от начала к концу — механическим, и поэтому в обучении следует отдавать предпочтение первому. Движение от конца (цели) к началу (данным) считается движением сверху так же, как и движение от функционального значения, общей идеи к частным гипотезам. Движение же от данных к цели рассматривается как движение снизу вверх, от частных идей к общим.

Здесь есть ошибочные отождествления. Так, цель не является функциональным решением (общей гипотезой), цель и ее анализ не общая гипотеза, а данные и их анализ, не "воплощение общей гипотезы, функционального значения" /12, с.104/.

Анализ цели и анализ данных могут быть основой для выдвижения общих и частных гипотез, но анализ цели необязательно дает общую гипотезу, функциональное значение он может дать и частную гипотезу, и анализ данных не обязательно дает только частные гипотезы, он может дать и общие /12, с. 135 и др./. Движение сверху и движение снизу не тождественно решению, а выдвижение гипотез может иметь место и без этих двух видов движения. Но и утверждение, что весь процесс решения задачи есть выдвижение предположений /12, с.89/, тоже неверно. Есть еще анализ условий, анализ цели и тому подобное, что не отражено в протоколах исследований Дункера.

Выделенные эвристические приемы Дункер пытается связать, правда очень несистематично, с некоторыми их общими функциями в решении задач. Так, с одной стороны, Дункер отмечает приемы, входящие в анализ цели (обобщение цели, моделирование, выведение следствий, рассмотрение с разных сторон), приемы входящие в анализ данных (то же, что и при анализе цели, кроме обобщения, плюс включение в структуру, переструктурирование, специализация, контакт с объектом). С другой стороны, Дункер выделяет приемы, способы преодоления фиксаций: обобщение, моделирование, контакт с объектом, даже многократное использование одного и того же с насыщением; рассмотрение с разных сторон.

Переходя к обобщению концепции Дункера, следует отметить, что он рассматривает весьма широкий набор эвристических приемов и среди них ряд новых. К ним можно отнести контакт с объектом, специализацию, привлечение всех известных знаний об отношениях задачи. Ряд приемов, известных ранее, получили у Дункера дополнительные характеристики. К числу последних относятся прежде всего приемы рассмотрения объекта в разных отношениях и включения в структуру, описанные в самой общей форме у Зельца. Помимо этого, Дункер уточняет и развивает дальше представление об анализе конфликта с использованием сходных приемов, о резонансе. Уточняющие данные вводятся на базе одного обобщенного положения.

Это положение заключается в том, что, кроме суммарных объединений элементов, есть еще целостные объединения — гештальты, в которых главным является не составляющие их элементы, а отношения между ними. (Суммарные объединения имеют место в искусственных ситуациях — типа бихевиористских лабиринтов и т.п., где очень трудно увидеть целостность). Отношения — это внутренняя связь между элементами, причем изменчивая связь, решение задачи заключается в схватывании этой связи, а не только и не столько в выяснении внешней смежности, сочетаемости элементов. Это понимание второго вида, в отличие

от понимания как фиксации внешней связи (понимание первого вида).

Исходя из данного общего положения, анализ конфликта трактуется Дункером не только как констатация неуспеха, как считали ассоцианисты и Зельц, но и, как выявление, направленности конфликта, за которым стоит его причина.

Использование сходного прошлого опыта представляет собой не что иное, как перенос отношений, а не элементов. Согласно Дункеру, сходство отношений, их перенос, а не перенос сходных элементов — вот что лежит в основе решения. "Теория" же резонанса Зельца, как и весь его подход, считается Дункером более продвинутыми, чем подход ассоцианистов. Здесь уже уделяется определенное место взаимосвязям в комплексе, внутренним отношениям между элементами (часть, причина) и пониманию, хотя анализ конфликта и трактуется только как констатация неуспеха (решения), а понимание — только как понимание того, "каким образом нечто становится способом для достижения цели", без выявления причины. Резонанс как способ решения задач Дункер принимает и дает ему весьма действенную, экспериментально подтвержденную характеристику. Важное уточнение получила "обратная связь" как анализ причины негодности гипотезы, а не только как факт ее негодности, (см. у А.Бена и у бихевиористов).

К известным до Дункера приемам, которые также не описывал и он (но без выделения новых характеристик), относятся обобщение, выведение следствий, наглядное представление, поиск обратного доказательства и движение от конца к началу (и наоборот). (Хотя, конечно, последний прием на протяжении долгого времени не упоминался в работах исследователей творчества, был забыт, и воспоминание о нем (которое можно назвать и переоткрытием) является определенной заслугой Дункера. С другой стороны, Дункер не рассматривает некоторые из известных к тому времени приемов, например, приемы разбиения на части, замены терминов определениями, переключение на другие проблемы.

Большую работу по выделению и анализу эвристических приемов, сопоставимую по объему с работой Дункера, проделал известный американский математик Д. Пойа /22/. Он рассматривает эвристические приемы в привязке к фазам решения задачи. Согласно Пойа, на первой, начальной фазе решения происходит определение типа задач (на доказательство, на построение, на нахождение), выяснение того, что представляет собой неизвестное (конец), данные (начало) и условия (требования), определение их составных частей. К этой фазе процесса решения также относится выяснение вопросов: определено ли неизвестное данными задачи или они недостаточны (или чрезмерны, или противоречивы),

построение чертежа, введение обозначений, разделение условий на части, запись условий, поиск другой формулировки, развертывание определения.

Вторая фаза решения задачи — составление плана решения (поиск пути от неизвестного к данным, "анализ"). Эта фаза включает следующие приемы: 1) работать от конца к началу и наоборот; 2) использовать вспомогательные задачи, эквивалентные, промежуточные, аналогичные, с тем же неизвестным, с отброшенными и добавочными условиями, с расширенными и суженными условиями, с противоположными условиями, с частной задачей, с общей задачей; 3) преобразовать неизвестные (через введение новых неизвестных, более близких к данным); 4) преобразовать данные, получить новые данные, более близкие к искомому (методы преобразования — введение дополнительных элементов, переструктурирование); 5) применить аналогию; 6) использовать метод изоляции (то есть сосредоточиться на деталях данных и требований, по очереди) и метод специализации (проводить решение на частном случае решаемой задачи).

Третья фаза заключается в осуществлении плана решения. Для этого необходимо выполнение следующих требований: 1) контролировать каждый шаг; 2) доказывать правильность (каждого) шага.

Четвертая фаза — изучение полученного решения. Она состоит из этапов (подфаз): 1) проверка результатов; 2) проверка хода решения; 3) поиск другого способа получения результатов; 4) использование полученного (в пункте "3") результата и метода решения.

Как можно судить по приведенному перечню, Пойа предлагает два более или менее новых эвристических приема — сближение данных и условий, а также изоляцию. Все остальные предлагаемые им приемы не новы, но многие из них получили полезные дополнительные характеристики. Это касается прежде всего таких приемов, как деление на части, перенос опыта, обобщение, конкретизация, которые предлагается реализовать через различные части вспомогательных задач (промежуточных — деление на части, решение задач с отброшенными или добавочными требованиями, решение общих и частных задач (соответственно предполагается реализация операций обобщения и конкретизации). Также предполагается выполнение такого приема, как решение эквивалентных, аналогичных задач с теми же неизвестными (таким образом, намечается использование переноса имеющегося опыта).

Вместе с тем по полноте охвата известных приемов, набор Пойа уступает более раннему набору Дункера, хотя и тот, как мы видели, не является исчерпывающе полным.

После фундаментальных исследований Дункера и работ Пойа

на протяжении 50—80 годов нашего века процессы решения творческих задач изучали очень многие авторы. В работах 50-х годов можно найти данные об отдельных приемах, используемых при решении задач, которые уже были выделены ранее и не являются новыми по существу (хотя и имеют иногда новые названия). Так, Р.Линдсей и Д.Норман (53), Д. Р.Гер (48), Е.Р.Джон (52) и ряд других авторов отмечают важность выделения промежуточных целей, подзадач, постановку вопросов к промежуточным целям. Ф.С.Бартлетт /38/ говорит о приемах выхода за пределы данной информации и поиска новых свойств и сторон объектов, данных в условиях задачи, которые обеспечивают процессы интерполяции и экстраполяции и приводят к решению. Д.Х.Флейвел и Д.Драгенс /47/ описывают общую линию процесса решения сначала как нахождение общей схемы без связей ее компонентов, а затем установление связей между компонентами.

Помимо отмеченных имеется, обширный ряд работ, в которых в различных вариациях описываются только общие фазы решения задач (анализ условий — поиск решения — проверка) без дальнейшей расшифровки процессов, составляющих выделенные фазы, и не содержатся данные по интересующим нас приемами решения задач.

В 60-е годы подобные работы продолжали проводиться, но теперь этим занимались не только исследователи, но и педагоги.

А.Осборн еще в 40-е годы предложил прием генерирования гипотез при запрете их критики вначале и с необходимой их критикой в дальнейшем. В последующие годы этот метод получил название "мозгового штурма" /54/.

А.Цвикли /3, с. 12/, в свою очередь, предложил прием морфологического анализа, суть которого заключается в том, что выделяются главные характеристики объекта ("оси"), затем по каждой из них выделяются элементы (варианты реализации оси). Например, для задачи подогрева двигателя выдвигаются следующие оси: источники энергии, способы передачи тепла, способы управления передачей, а в качестве элементов осей — конкретных вариантов источников электроэнергии — батарейка, аккумулятор и тому подобное. Имея запись элементов по каждой оси и их сочетаниям, можно получить полезные комбинации, дающие решение. (Прием, сходный с анализом с разных сторон и изоляцией у Пойа).

У.Гордон разработал систему приемов под названием "синектика" /49/. В систему включены мозговой штурм, сходные задачи, вхождение в образ объекта задачи ("эмпатия"), образное описание сути задачи, возможные решения задачи в сказочных условиях.

Г.А.Девис и П.Хаутман /45, 46/ предлагают обучать учащихся

следующим приемам: 1) четкая фиксация требования; 2) перечисление возможных типов решения проблемы; 3) перечисление конкретных способов реализации каждого типа решения; 4) анализ "за" и "против" каждого способа решения. Для выделения позиций "2" и "3" рекомендуется выделить части и компонентов данных и требований, представление их взаимосвязи в виде таблиц, списков гипотез для каждого возможного сочетания — поиск сходных задач. Отсюда можно сделать вывод, что все это аналогично морфологическому анализу и изоляции.

Весьма представительный набор эвристических приемов рассматривал и включал в систему обучения мышлению Э.де Боно /41, 42/. Этот набор включает в себя следующие приемы: 1) порождение альтернативных гипотез; 2) критика допущений; 3) запрет критики гипотез; 4) снятие доминирующих идей; 5) деление на части (не обязательно точное и корректное); 6) противоположное движение; 7) мозговой штурм (предполагающий общее возбуждение или стимуляцию); запрет критики, установку на принципиальную возможность любых решений; 8) аналогии; 9) выбор многих начал, переключение внимания на различные области; 10) случайное, свободное порождение нерелевантных идей из дальних областей; 11) снятие поляризации, строгих определений (дефиниций); 12) снятие блокировки от "адекватности правильности" (т.е. общего представления заведомо "правильных" решений); 13) использование идей не самих по себе, а как путей к другим идеям; 14) анализ понятий для определения других путей решения; 15) точное определение проблемы; 16) оценка неудач; 17) использование требований ситуации как способа выделения новых путей решения; 18) определение соотношений идеи и требований, оценка достоинств и недостатков идеи.

Как можно видеть, некоторые из этих приемов являются рядоположенными, если не идентичными (3, 7, 10, 13 и соответственно 4 и 12, или 16, 17, 18), а ряд приемов далеко не нов (3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18). Новыми являются лишь приемы 1, 2, 4 (12) и 11.

Квалификация ряда приемов как не новых нуждается в пояснении. Прием "противоположное движение" есть не что иное, как другое название для приема "обратная задача". Прием 10 — случайное, свободное порождение нерелевантных идей из отдаленных областей — эквивалентен приему запрета критики гипотез (мозговой штурм), использование идеи для порождения других идей, и все они были известны до Э.де Боно. То же самое относится к приемам 16, 17 и 18 (оценка неудач, использование требований, установление соответствия идеи требованиям).

Разумеется, поскольку де Боно и другие авторы, строящие системы обучения творчеству, не ставят целью исследование (процесса творчества) и выделение новых эвристических приемов, то новизна рассматриваемых ими приемов не может быть поставлена им в упрек. Критиковать здесь можно за неполноту и упущение тех или иных известных приемов, за произвольность их подбора, но для этого требуются критерии подбора приемов, их типология и так далее, о чем мы уже говорили выше (в самом начале) и будем специально обсуждать в соответствующих разделах нашей работы.

Довольно большой перечень эвристик представлен в работах группы авторов во главе с М.К.Ковингтоном / 43 /, создавших курс обучения творческому мышлению и проверивших этот курс в обучающих опытах в течение достаточно длительного времени. Эти авторы используют следующие 16 эвристических приемов:

1. Осознать проблему до начала ее решения; выяснить суть проблемы.
2. Представить ясно все факты, относящиеся к задаче.
3. Решать задачу по плану.
4. Не торопиться, давая решение задачи.
5. Постараться предложить как можно больше идей по решению задачи.
6. Постараться придумать необычные идеи.
7. Для поиска решения собрать все важные объекты и лица задачи и проанализировать каждый из них (похоже на морфологический анализ).
8. Предложить несколько возможных общих решений задачи, а затем конкретизировать каждую возможность (переход от общего к частному).
9. В процессе поиска идей направлять сознание на свободное (неограниченное) изучение мира вокруг нас; почти все может натолкнуть на идею решения.
10. Всегда соотносить идею с фактами для установления ее годности (обратная связь).
11. Если вы оказались в тупике, продолжайте думать, не теряя надежды, и не отказывайтесь от попыток решения.
12. Если нет идеи, посмотрите на задачу с другой, новой стороны.
13. Рассмотрите снова все данные, проверьте, не упустили ли вы что-нибудь важное.
14. Предложите невероятную идею и попробуйте ее подтвердить.
15. Будьте внимательнее к невозможным и противоречивым фактам: их объяснение может дать новые идеи решения.
16. Когда имеется несколько противоречивых фактов в задаче,

надо попытаться объяснить их с помощью одной цели, которая объединяет все факты.

В приведенном списке приемы 1, 2, 3, 4, 7, 13 являются уже известными приемами анализа условий, только сформулированы они в общей и неопределенной форме, в отличие от приемов анализа цели, данных, конфликта. Приемы 5, 6, 9, 14 родственны по содержанию и эквивалентны приему запрета критики гипотез. Приемы 8, 10, 12 эквивалентны известным приемам движения от общего к частному, получения обратной информации, рассмотрения с различных сторон, соответственно. Прием 11 — внешнее, малоэффективное побуждение к решению. Только приемы 15 и 16 являются в какой-то степени новыми и важными, указывая на противоречивость фактов и данных (которые требуют специального внимания) и направляя поиск на более эффективный путь.

По сравнению с предыдущими системами, набор эвристических приемов, которые предлагал использовать М.Рубинштейн /57/, был более скромным. Он включал всего шесть, но достаточно существенных следующих приемов:

1. Получи общую картину ситуации.
2. Держись открытого сознания.
3. Работай от конца к началу.
4. Используй аналогии.
5. Обсуждай проблему с другими людьми.
6. Используй модели.

В приведенном перечне, очевидно, не представлены многие полезные известные эвристики и нет ни одного нового эвристического приема.

В конце 60-х — начале 70-х годов проблема эвристических приемов становится объектом активного изучения специалистами в области моделирования решения задач на ЭВМ. Наиболее известные представители этого направления А.Ньюэл, Г.Шоу, Г. А.Саймон /20/ проанализировали в своих работах имеющиеся данные по эвристическим приемам в психологии и педагогике, проведя ряд самостоятельных экспериментов с испытуемыми, решившими творческие задачи методом "думания вслух". С учетом этого они разработали программу для ЭВМ, получившую название "общий решатель задач". Эта программа основывалась на общей модели решения, принятой авторами, и включала ряд эвристических приемов. Ньюэл, Шоу и Саймон в качестве модели поиска решения задач взяли ситуацию прохождения лабиринта как группы путей, в котором реализация какого-то пути в какой-то подгруппе приводит к определенной цели (т.е. дает объект с нужными свойствами).

Выражаясь на символическом языке, дана группа Р, надо найти

определенный член, соответствующий этой группе в определенной подгруппе и имеющий нужные свойства /20, с. 508/. Решение включает нахождение элемента и проверку его соответствия условиям и требованиям задачи. Трудности решения определяются размером группы путей (количеством возможных путей) и необходимостью проверки. Основное направление решения — сокращение количества проб (путей) и отсеечение негодных на основе информации о задаче и ее решениях, что равносильно разложению проблемы на подпроблемы и получению обратной связи о пробах их решения. Выделяются следующие четыре вида эвристических приемов, сокращающих число проб:

1. Действия, осуществляемые в направлении от решения (конца, цели) к началу /20, с.515—516/.
2. Эвристический выбор /20, с.517/.
3. Функциональный анализ, то есть анализ отношения средств к цели /20, с.522/.
4. Планирование /20, с.523—528/.

Первый прием движения от конца к началу в ситуации наличия множества начальных точек и одной конечной совпадает с аналогичным приемом у Дункера, Пойа и других. Вместе с тем упоминается движение от начала к концу, которое может быть менее распространено и эффективно, хотя между ними нет качественного различия.

Из эвристик выбора говорится лишь о двух. С помощью первой отделяются пути, кажущиеся "недоказуемыми" по определенным критериям. С помощью другой отсекаются слишком сложные пути. Узловые точки выбора, обозначающие близость или дальность решения ("холодно" — "горячо") определяются путем описания состояния или способа получения состояния.

Эвристика "анализ отношения средств к цели" состоит в последовательном выделении и уменьшении различий — вплоть до их устранения — между данными и требованиями как главной цели решения задачи ("преобразовать А в Б"). Для этого используются операторы (правила преобразования), соответствующие всевозможным видам различий (для ЭВМ они заранее выделяются и закладываются в память). Операторы представляют собой средство достижения промежуточных и конечных целей, в процессе решения осуществляется поиск в памяти (ЭВМ или решающего) нужных операторов, путем соотнесения их с различиями между достигнутым и нужным результатом, которые должны быть уменьшены и устранены. Моделью является приведение алгебраического выражения к заданному виду путем последовательных преобразований исходного выражения по правилам преобразований.

Эвристики планирования состоят в поиске более простой задачи, аналогичной данной, но с меньшим числом деталей. Находится решение упрощенной задачи (что сделать легче, чем решить исходную задачу), а затем принцип ее решения принимается за план решения исходной задачи (примерно соответствует методу блокирования по Ю.Н.Кулюткину) /15, с. 167/. Все это очень сходно с решением общей задачи.

Развивая эвристическое программирование, Х.Герлентер и Д. Рочестер / 8 / использовали эвристики моделирования в "геометрической машине". Благодаря этой эвристике возникла возможность выбирать наиболее вероятные для успеха шаги, отбрасывая те из них, которые не соответствуют тому, что показывает чертёж, — или как очевидное соотношение, или как положение.

Характеризуя в целом приемы, разрабатываемые в эвристическом программировании отметим, что среди предложенных Ньюэллом, Шоу и Саймоном эвристик-приемов решения, прием движения от начала к концу прямо взят из предыдущих работ; прием анализа отношения средств к цели (уменьшением различий между данными и целью) является объединением известных к тому времени приемов упрощения алгебраических решений. Эвристики же планирования являются разновидностью обобщения задачи через упрощение условий. Эвристики выбора направления поиска на основе критериев "недоказуемости", неправдоподобия и большой сложности того или иного направления основаны на предметно-специфических знаниях и имеют поэтому частный, привязанный к материалу характер. Кроме того, выбор указанных эвристик из многих других, известных ко времени разработки рассматриваемой системы, не выглядит обоснованным и достаточно мотивированным. Хотя этим характеризуются и многие другие работы, однако здесь это более выражено. Это понятно, ибо ставилась цель обучения не человека, а ЭВМ, что могло накладывать дополнительные ограничения на используемые эвристики. Но при всех условиях указанное обстоятельство должно быть специально отмечено.

В.А.Викельгрейн /59/ попытался использовать "информационные" эвристики в сочетании с другими для обучения продуктивным умениям людей. Он применял следующий набор эвристических приемов.

1. Выделение данных, цели, допустимых операций.
2. Экспликация (выявление) неявных характеристик элементов задачи (данных, целей).
3. Использование стратегий порождения и проверки гипотез, построение эквивалентных "деревьев" состояний, действий (планирование по Саймону и др.), случайный, систематический, селективный перебор, анализ собственных действий, переключение.

4. Оценка положения (функциональный анализ по Саймону и др.).

5. Выделение промежуточных целей, деление на части, замена одной сложной задачи двумя и более простыми.

6. Решение через противоречие, выведение следствий, противоречащих условиям, выявление противоречий между целью и данными, косвенное доказательство, отсечение противоречащих альтернатив.

7. Движение назад, от конца к началу.

8. Поиск сходной (эквивалентной) задачи (т.е. такой задачи, в которой все элементы те же — "эквивалентная задача") или поиск такой задачи, в которой некоторые элементы те же, а другие отличаются ("подобная задача"). Поиск частной задачи (включенной в данные специальной задачи). Поиск общей задачи (включающей в себя решаемую задачу). Отметим, таким образом, что сходные задачи всех видов могут быть проще, сложнее или идентичнее по сложности с решаемой исходной задачей.

9. Моделирование, схематизация.

В наборе эвристических приемов, используемых в системе обучения Викельгрена новых приемов не выделено. С точки зрения включения уже известных приемов, набор является достаточно представительным, но тем не менее он содержит родственные, дублирующие друг друга элементы (соответственно, №№ 5 и 8, 3 и 4). Наряду с этим, в наборе отсутствуют некоторые другие приемы, уже известные, а также полезные эвристики (анализ причин неудач, включение в структуру и другие).

Современным исследователем, разрабатывающим курс обучения продуктивным умениям на основе информационного подхода, является Дж.Р.Хаес /50, 51/. Им в курс обучения включены следующие эвристические приемы, распределенные по соответствующим фазам решения.

1-я фаза — нахождение проблем (задач). Включает:

1. Изучение списков проблем.
2. Поиск контрпримеров.
3. Поиск альтернативных интерпретаций.

2-я фаза — понимание задачи. Включает:

1. Формулирование проблемы и проверку правильности извлечения информации.
2. Поиск другого способа репрезентации проблемы:
 - изменение точки зрения;
 - выбор новых образов;
 - анализ до конца;
 - поиск гипотетических обоснований;
 - доказательство через противоречие.

3. Повышение строгости определения плохо определенных задач.

Принятие решений, дополняющих проблемы.

Решение проблемы как метод ее понимания.

4. Использование внешних репрезентаций (моделирование):

— создание перспективных изображений;

— создание матриц и схем;

— создание рисунков.

3-я фаза — поиск (собственно) решения. Включает:

1. Мозговой штурм.

2. Использование эвристических приемов:

— планирование;

— функциональный анализ (по Саймону);

— решение вспомогательных задач;

— деления на части;

— проведение аналогий.

4-я фаза — проверка и оценка. Включает:

1. Проверка результатов.

2. Анализ внешней оценки и критика.

Как можно видеть из представленного выше, система Хаеса, по-видимому, не включает новых, неизвестных до него эвристических приемов. Правда, в доступных нам его публикациях ряд приемов обозначен не совсем обычно и не имеется расшифровки их реального содержания (например, "попытка гипотетических обоснований" или "принятие решений, заполняющих пробелы"). Поэтому трудно оценить точно данную систему на новизну используемых в ней приемов. Другие же приемы понятны по содержанию и не новы (например, "поиск другого способа репрезентации проблемы", "изменение точки зрения", "выбор новых образов"). Причем эти приемы заданы в более неопределенных описаниях по сравнению с аналогичными, ранее предложенными (например, "доопределение или реструктурирование данных и требований задачи", "рассмотрение элементов условий с разных сторон", "построение разных моделей объектов" соответственно).

Завершая описание и анализ проблемы эвристических приемов в зарубежных исследованиях, отметим, что, несмотря на ее существенную проработку в рамках эвристического программирования, все-таки его представители не смогли превзойти классические работы К.Дункера и Д. Пойа, внесших фундаментальный вклад в современную эвристику. Свою лепту в нее внесли и отечественные исследователи.

§ 2. Изучение эвристических приемов в советской психологии

В дореволюционный период и в первое время после революции было проведено довольно большое количество исследований по анализу творческого мышления, подробный обзор которых дан Я.А.Пономаревым /23 а/. Не рассматривая их специально, следует отметить присущий им интерес к таким общим проблемам, как природа творчества интуиция, этапы творческого процесса в целом. Более конкретное экспериментальное изучение творческого процесса началось в 50-е годы в работах С.Л. Рубинштейна, А.Н.Леонтьева и их сотрудников.

Один из ведущих советских психологов старшего поколения С.Л.Рубинштейн вместе со своими учениками активно занимался изучением мыслительного процесса. В работах этого направления также выделялись приемы, осуществляемые в ходе продуктивного решения задач. Сам С.Л. Рубинштейн /28/ в кратком изложении описывал процесс решения задачи следующим образом.

На первом этапе проводится анализ проблемной ситуации, выделяется данное и искомое. На втором этапе осуществляется освобождение данных от привходящих обстоятельств (например, путем изображения на чертеже) и формирование собственно задачи (в отличие от проблемной ситуации, в которой выделяются лишь условия и требования). На третьем этапе совершается поиск решения задачи путем последовательных соотнесений условий с требованиями (анализ через синтез) и выявлением новых свойств объектов задачи, что выражается в ее переформулировании. Объект поворачивается новыми сторонами и включается в новые взаимосвязи.

В данном описании легко узнаются такие эвристические приемы, как обобщение (т.е. освобождение данных от привходящих обстоятельств), моделирование, постановка промежуточных задач, рассмотрение с разных сторон, соотнесение условий с данными, включение в структуру.

Позже ученики С.Л. Рубинштейна отмечали и другие приемы. Так К.А. Славская /32/ указывает на сведение условий и требований задачи к единой системе отношений (это аналогично образованию общей задачи по Зельцу), она считает важным для решения также выделение подзадачи и преобразование условий и требований с введением новых данных и с переформулированием для облегчения понимания данных и требований.

А.М. Матюшкин /18/ предложил различать задачу и проблемную ситуацию как субъективный эквивалент задачи, состоящий в ее принятии, в возникновении проблемы и мотивации к ее

решению в сознании субъекта. Он предложил классифицировать неизвестные в задаче по компонентам деятельности (продукт, предмет, операции). Описание самого процесса поиска неизвестного включает рассмотрение, главным образом, этапов решения (попытки репродуктивного решения, переход к поиску новых способов, реализация и проверка предложенных способов). В качестве приема поиска новых способов решения указывается выход в другие области, установление далеких связей.

Л.И.Анцыфрова / 4 / описывает процесс поиска решения как включающий фазы первоначального грубого анализа и синтеза: затем анализ и синтез становятся все более тонкими и глубокими.

В.Н.Пушкин / 2 5 / в качестве важного условия решения задачи, как и К.А.Славская, отмечает организацию условия в единое целое (после анализа ситуации).

З.И.Калмыкова / 1 4 / отмечает важность приемов конкретизации, повышение уровня абстрактности, варьирования условий, аналогий, переформулирования и др.

А.Ф.Эсаулов говорит о решении задачи как о последовательном многократном переформулировании по восходящей линии (на основе обобщения задачи) и по нисходящей линии (на основе ее конкретизации).

Известные советские психологи Я.А.Пономарев и О. К. Тихомиров, исследователи процесса творческого мышления, также отмечают определенные эвристические приемы в процессе поиска решений задачи или по крайней мере описывают такие компоненты процесса творческого поиска, которые могут являться эвристическими приемами.

Я.А.Пономарев начал заниматься изучением творческого мышления в начале 50-х годов совместно с А.Н.Леонтьевым, П.Я.Гальпериным и Ю.Б.Гиппенрейтер, а затем, опираясь на достижения С.Л.Рубинштейна, Б.М.Теплова и др., работал в этом же направлении самостоятельно.

Согласно Пономареву [236], мыслительный процесс осуществляется на 6 уровнях. На первом уровне мышление протекает при манипулировании с вещами, и решения достигаются бессознательно. На втором уровне также имеет место взаимодействие с вещами, но с участием речи. На третьем уровне мышление осуществляется уже в плане образов при слабом участии речи, а на четвертом уровне оно становится более значительным. На пятом и шестом уровнях мышление становится полностью осознаваемым актом.

Я.А.Пономарев описывает процесс творческого поиска при решении мыслительной задачи как состоящий из четырех фаз.

На первой фазе производится сознательный анализ структуры задачи (без проб и ошибок), строится план решения и происходит

его реализация. Здесь осуществляется использование прошлого опыта, выдвижение гипотез, догадок, их оценка и доминируют пятый и шестой уровни мыслительной деятельности.

Вторая фаза — это полностью бессознательная работа. На этой фазе доминирует первый уровень мышления, т.е. манипулирование с вещами при полном отсутствии вербализации и осознания; затем может включиться второй уровень — решение на вещах с участием речи.

На третьей фазе имеет место частично неосознаваемая работа. Здесь преобладает третий уровень мышления (манипулирование) с образами объектов при слабом участии речи, поиск осуществляется с пробами и ошибками).

Четвертая фаза решения протекает опять на сознательных уровнях — пятом и шестом.

Процесс решения состоит из указанных четырех фаз не всегда. Я.А.Пономарев выделяет два вида задач. Первый вид задач решается на сознательных уровнях и включает тем самым только две фазы решения — первую и последнюю. Задачи этого вида не являются собственно творческими. Второй вид задач решается с участием подсознательных процессов, т.е. их решение включает все четыре фазы. Задачи этого вида обозначаются как истинно творческие, и их решение достигается на неосознаваемых уровнях взаимодействия с объектами через возникающий в этом взаимодействии "побочный продукт", т.е. через дополнительное знание об объектах, которое затем должно быть осознано и оформлено вербально-логически, а затем — проверено. Этому способствует ряд факторов: "включение деятельности в контекст более широкой задачи, в которой результат предшествующего действия должен выступить уже как операция, постановка теоретической задачи, т.е. такой, где цель заключается не в достижении практического результата, а в выявлении способа, которым такой результат уже получен" /23, с. 261/.

К сожалению, все перечисленные факторы связаны с наличием наводящей задачи, в которой заведомо возникает побочное знание об объектах, приводящих к решению задачи. Но при самоуправлении и самонаведении на решение с помощью эвристик, наводящая задача как раз неизвестна. Поэтому при наличии только исходной задачи решающему не ясно, на какую задачу переключаться, и затем — после попыток ее решения — осуществлять актуализацию указанных выше факторов, способствующих осознанию возможно возникшего при ее решении нужного знания. Иными словами, надо знать, какая задача для исходной (стимулирующей) является наводящей (образующей), в которой может возникнуть нужный побочный продукт. Это знает только учитель, и он может

использовать наводящую задачу и факты, способствующие выявлению и осознанию нужного знания в проблемном обучении. Но сам решающий этого сделать не может — разве что просто может пытаться решать аналогичные, сходные задачи в расчете на то, что какая-нибудь окажется образующей (наводящей) и после каждой попытки решения пробовать реализовать факторы осознания. Низкая эффективность такой эвристики заранее очевидна.

В какой-то мере важным можно считать прием объяснения предложенных гипотез и осуществленных проб решения, что аналогично известному приему анализа причин неудач и негодности испробованных гипотез.

С нашей точки зрения, Я.А.Пономарев в описании поиска решения задачи делает акцент на интуицию, неосознаваемый процесс поиска, а следовало бы говорить о его конкретном содержании. И это содержание состоит в поиске новых свойств объектов задач, дающих путь к ее решению, которые открываются во взаимодействии с объектом (о чем специально говорил СЛ.Рубинштейн) часто неосознаваемо, и поэтому возникает дополнительная задача их осознания. Но неосознаваемый характер новых свойств объекта не является обязательным, а главное — во взаимодействии с объектом новые свойства, нужные для решения задачи, открываются вообще не всегда (подсознательно или сознательно), и открытие это происходит не всегда с участием гипотез, т.е. может быть и случайным.

Поэтому первая фаза решения задачи отличается от второй и третьей не только тем, что на последних доминирует подсознательная работа, но и тем, что на них происходит поиск решения, а на первой фазе идет анализ условий и попытка репродуктивного решения. Последняя фаза — проверка найденного решения. На всех фазах есть подсознательная и неосознаваемая работа, и доминирование интуиции на каких-либо фазах — предположение, требующее специального доказательства. С тем же успехом можно предположить, что интуитивное решение достигается уже на первой фазе и лишь актуализируется на последующих фазах решения. Любая из указанных гипотез требует специальной проверки.

Точно так же нужно обосновать и утверждение о доминировании подсознательного открытия "побочных" новых свойств, о том, что это можно сделать только интуитивно, или что первоначально это происходит интуитивно, а затем осознается. Феноменологически на сознательном уровне также выделяются новые свойства объектов, не имеющие отношения к сознательной цели действий, и нужно еще специально показывать, что этому обязательно предшествует их интуитивное открытие.

О.К.Тихомиров /33/, развивающий деятельностный подход

А.Н.Леонтьева к изучению мышления, выделяет две начальные фазы в процессе решения творческих задач: фазу нахождения решения и фазу его проверки. Первая фаза включает начальное обследование ситуации, т.е. ознакомление с составом элементов, установление элементов, установление функциональных взаимосвязей между элементами в наличной ситуации, анализ конфликта возникновения познавательной потребности. Затем следуют попытки решения по этапам: 1) подготовка попытки (образование смысла попытки, образование невербализованных смыслов конкретных элементов ситуации); 2) проигрывание попытки; 3) переобследование ситуации при недостижении цели; 4) новые попытки в том же составе.

Здесь, как можно видеть, в процессе решения творческой задачи выделяются такие акты, как анализ условий и конфликта, выдвижение гипотез, постановка промежуточных ситуативных целей, анализ результатов попыток решения, сужение поля поиска.

О.К.Тихомиров занимался анализом эвристик, выделенных специалистами по машинному моделированию мышления на материале игры в шахматы. Не отрицая наличие в процессе решения творческих задач эвристик доопределения функционального анализа, планирования, он, однако, подчеркивает их ситуативную изменчивость, динамичность, относительность. Машинные эвристики достаточно полны по составу операций, но в них отсутствуют побочные акты, осуществляемые человеком — прогноз замыслов противника, смыслов (значений, ценностей) некоторых типов элементов ситуации и ряд других актов (33, с.284—287, 295—297).

Эвристические методы мышления специально изучал Ю.Н.Кулюткин (15). Он выделил следующие этапы решения творческих задач:

1. Анализ данных, условий и их соотношений. Появление общей идеи. Операции сопоставляются с требованиями.

2. Специализация и конкретизация общей гипотезы (идеи). Операции сопоставляются с общей идеей (а не с требованиями, как было раньше).

3. Нахождение конечного результата (сопоставляемого опять с требованиями).

Таким образом, каждый этап решения творческой задачи имеет фазу построения гипотез и их верификации (сличения). Общее содержание процесса решения — временный отказ от ограничивающих условий с последующим их наращиванием.

При этом первый этап может осуществляться на разных уровнях сопоставлений (координации):

1-й — уровень бинарных сопоставлений; 2-й — уровень

соотнесения отдельных групп; 3-й — уровень объединения групп в целостные ансамбли. Уровни координации определяются уровнями развития, образования.

Кроме этого, Ю.Н.Кулюткиным вводится понятие звеньев эвристического поиска [15, с. 140] и выделяются три звена:

1. Временная редукция отношений;
2. Нахождение вспомогательных отношений:
 - а) продуцирование инвариантов;
 - б) вычленение инвариантов;
3. Пересечение.

Если первые два звена составляют содержание отказа от ограничивающих условий, то третье звено — наращивание ограничений. Необходимо заметить, что не очень ясно, как звенья соотносятся с этапами, но, по-видимому, все они имеют место на первом этапе.

Согласно Ю.Н.Кулюткину, на первом этапе процесса решения задач в составе регуляций отношений и элементов используются эвристики двух групп: 1) репродукции отношений при сохранности их элементов и их качества (эвристики упрощения); 2) репродукции элементов и их качества при сохранности отношений (эвристики аналогий). Указанным преобразованиям подвергаются как условия задачи, так и требования. Каждый из указанных двух видов эвристик осуществляется по отношению к двум видам систем: а) к системам одновременных взаимодействий: б) к системам последовательных взаимодействий и преобразований.

Отсюда выделяются следующие типы эвристик:

1. Эвристики упрощения систем одновременных взаимодействий ("дивергентные эвристики"). Они включают: специализацию проблемы, отыскание крайних случаев, доказательство от противного [15, с. 150].

2. Эвристики упрощения систем последовательных взаимодействий ("конвергентные" эвристики) включают также эвристику отыскания крайних случаев [15, с. 151], но при движении от конца к началу.

Промежуточными между дивергентными и конвергентными эвристиками являются эвристики блокирования (устранения) составляющих [15, с.152] (планирование по Ньюэлу, Шоу, Саймону).

3. Эвристики аналогии систем одновременных и последовательных взаимодействий. Они включают моделирование, перенос по сходству с известными.

4. Эвристики аналогии систем последовательных преобразований не раскрываются.

Все четыре вида эвристик и их типы могут сочетаться в одной

задаче. Рассмотрим эвристические приемы, выделяемые Ю.Н.Кулюткиным.

Временная редукция отношений и элементов осуществляется с использованием приема специализации, приема движения от конца к началу и от начала к концу, приемов "доказательства от противного", "блокирования составляющих", "анalogии". Приемы специализации проблемы, движения от конца к началу — известные эвристические приемы. Доказательство от противного также известно, но, с нашей точки зрения, этот прием, как и прием продуцирования тождественных формулировок, в целом является не приемом упрощения, "редукцией требований задачи" [15, с. 151], а скорее, представляет собой прием переструктурирования задачи.

По нашему мнению, Кулюткин не совсем четко представил аналогию, определяя ее как редукцию элементов при сокращении отношений, и считал, что она лежит в основе моделирования и переноса по сходству (но только при редукции отношений). Мы же считаем, что традиционное описание приема аналогии является более четким и полным. Как известно, традиционно полагают, что аналогия есть любое частичное сходство объектов. Причем это не только сходство "по отношению" при разных элементах, но и сходство "по элементам" при различных отношениях. Вывод по аналогии — это предположение о сходстве объектов по некоторым определенным (а при неявном сходстве — по некоторым другим, неявным) характеристикам. Редукция как элементов, так и отношений может лежать в основе аналогии, входить в ее состав или же предшествовать ей, но только в том случае, если аналогия есть перенос по сходству от известного к неизвестному. Цитата же, которую приводит Кулюткин [15, с.151], говорит об аналогии именно как любой частной эквивалентности, а не только об отношениях (см. также у О.Зельца — "резонанс и репродукция сходства — все аналогия, то есть перенос опыта").

Моделирование основано на аналогии как на сходстве любых характеристик и также связано с репродукцией свойств и упрощением. При этом следует различать моделирование (анalogию, упрощение) данных (объектов) задачи для ее решения и упрощение, обобщение целей, требований задачи.

Процедура нахождения вспомогательных отношений и перечисление есть не что иное, как известные эвристики дополнительных преобразований.

Наконец, весь ход решения задачи представлен как движение к общему и от него — к частному, что также является известной эвристикой.

В целом весь набор эвристик, предлагаемых Кулюткиным,

является достаточно ограниченным. Отсутствие ряда известных эвристических приемов не обосновывается. Недостаточно полно, с точки зрения использования эвристических приемов, описаны операции спецификации и конкретизации общей задачи, идеи нахождения конечного результата.

Обширное изучение эвристических процессов при решении задач представлено в работах Л.Л.Гуровой [7]. Вслед за многими исследователями она отмечает, что в решении любой задачи принимают участие формальные (репродуктивные) и неформальные (эвристические, семантические, интуитивные, творческие) процессы.

Различие формальных и неформальных операций поясняется на примере трех типовых задач — геометрических, вербальных и физических. В геометрических задачах формальные операции — это операции, осуществленные по определенным правилам над графическими (символическими) изображениями (чертежами). Неформальные операции — это операции над содержательными представлениями объектов задачи в пространстве /7, с.8/.

В вербальных задачах формальные операции осуществляются над отдельными взаимосвязями признаков понятий в проблемной ситуации, а неформальные операции "работают" с целыми обобщенными областями словесных понятий /7, с.310/.

В физических задачах к формальным операциям относятся операции с математическими моделями, а к неформальным — операции с (над) предметно-образными и образно-символическими моделями ситуации.

В продуктивных задачах — задачах с объективной и, соответственно, субъективной неопределенностью (или только с субъективной неопределенностью) в отношении способа решения, важная роль принадлежит эвристическим операциям.

Основным признаком неформальных процессов является поиск и выдвижение гипотез, сначала общих ("макрогипотез"), об области поиска среди других возможных областей, а затем частных ("микрогипотез") — внутри выбранной области поиска. Происходит это, примерно, следующим образом. Выдвигается несколько макрогипотез, затем каждая апробируется в случайном порядке по двум-трем "точкам" (микрогипотезам). На основе этих проб выбираются одна-две гипотезы для детального изучения и осуществляется перебор микрогипотез внутри избранной макрогипотезы /7, с.167/.

Таким образом, Л.Л.Гурова справедливо допускает, что в процессе решения имеют место "случайные ходы мысли, действия "наугад" /7, с.307/. Однако отмечает при этом, что вряд ли их следует отождествлять со статистическим механизмом "машинного"

поиска решений, последние могут только имитировать этот процесс. Такие действия являются причинно обусловленными и ситуацией задачи, точнее, степенью "проникновения" в нее, выделением соответствующей информации и опытом человека, связанным с этой информацией (ситуацией). Но их механизм не совпадает с логическим прогнозом. Гурова называет такие действия интуитивными и считает их участие в решении задач закономерным /7, с.307/.

Все это является справедливым и достаточно общепринятым в психологии мышления. Важно также, что признак неосознанности интуитивных процессов не является обязательным, абсолютным /7, с.311/. Логический признак, приведший к решению, или комплекс информации в слитном качестве импонирующей гипотезы могут осознаваться, но механизм синтеза информации и все ее составные признаки не осознаются. Разумеется, что неформальные, интуитивные процессы осуществляются в тесной связи с формальными процессами. В решении задач они чередуются и взаимодополняют друг друга своими результатами.

Исходя из изложенных представлений о процессах решения задач, Л.Л.Гурова рассматривает проблему формирования (формулирования) эвристических операций. Суть ее подхода состоит в организации тренировки учащихся в выполнении операций выдвижения и проверки гипотез разных уровней на основе построения соответствующего мыслительного хода. При этом указанный способ развития творческих процессов противопоставляется использованию эвристик. Как пишет Л.Л.Гурова, "исследование показало, что для достаточно широкого круга задач программирование в обучении эвристическим процессам как компонентам творческого мышления возможно. Оно осуществляется не путем "введения" в мышление определенных эвристик (тогда бы мы не получили при осуществлении этой программы творчества как такового), а на основе формирования специального языка и структуры этих вопросов, вследствие чего становится возможным их самопрограммирование по мере возникновения новых проблемных целей ... Собственно продуктивные компоненты мышления формируются опосредованным путем, в процессе той информационной деятельности, которая обеспечивает функционирование и развитие их специфического языка" /7, с.289/.

Правда, в другом месте ею все же отмечается, что использование эвристик может быть также полезным: "Мышлению человека свойственны действия в неопределенных условиях, не обеспеченные абсолютно надежными, "пригнанными" к поставленным целям средствами, и учить человека нужно способами, адекватными природе его мышления. Поэтому даже общие эвристические

рекомендации в духе Поля в ряде случаев оказываются полезными" /7, с.306/.

Специально подчеркивается также и то обстоятельство, что общие стратегии эвристического поиска всегда реализуются в конкретном содержании и соответствующем мыслительном семантическом коде, который осваивается при изучении конкретной области. Обучение только общим стратегиям недостаточно.

Это также общеизвестное положение. Очевидно, что владение, например, логическими приемами как таковыми необходимо, но недостаточно для решения задач в определенной предметной области. Нужны еще и соответствующие предметные знания. То же относится и к эвристическим приемам.

Итак, какие же операции творческого мышления, которые можно было бы отнести к эвристическим приемам, выделяются Гуровой? С нашей точки зрения, к ним относятся следующие операции:

1. Содержательное предметное моделирование (например, пространственное представление объектов), выходящее за пределы моделей, описываемых формально-логически в данной области знаний (например, изображение чертежей), хотя затем на основе выхода должна быть построена и модель, позволяющая применить формальный (ход) метод. Содержательные модели выполняют функции "фиксации данных и обнаружения их скрытых свойств" /7, с.297/. "Они позволяют вскрыть натуральные отношения между объектами, которые ведут к обнаружению искомого" /7, с.298/. После этого возможно построить содержательную формальную модель, к которой приложимы известные закономерности, выраженные формально-теоретически.

2. Выдвижение общих макрогипотез и последующий поиск частных микрогипотез внутри общей гипотезы.

3. Параллельное осуществление анализа задачи и выдвижения гипотез.

Перечисленные приемы в целом не новы, но в приеме моделирования имеется очень полезное различие содержательного и формального моделирования и указание на то, что только содержательное моделирование выполняет отмечавшуюся многими функцию фиксации данных и обнаружения скрытых свойств и что для этого надо опираться на модели, более близкие к реальным предметам.

Что касается предлагаемого автором пути формирования эвристических операций, то он, с нашей точки зрения, в целом не выходит за границы проблемного обучения, хотя включает при этом элементы наведения учащихся на осуществление моделиро-

вания и выдвижение гипотез, но без достаточного раскрытия и рефлексии такой работы для учащихся /7, с.274/.

Видный специалист по обучению приемам решения задач Л.М.Фридман осуществил семантический анализ задач и способов их решения /34, 35/. В состав задачи, по Фридману, входят:

1. Предметная область, т.е. предметы, о которых говорится в задаче.

Предметы могут быть постоянными, конкретно определенными (например, числа, действия и т.п.) и переменными; они могут принимать множество значений (х, у и т.п.). Предметы могут быть также известными (данными) и неизвестными. Известные предметы всегда постоянны, неизвестные предметы всегда переменны. Неизвестные предметы могут быть: а) главными (искомыми) и б) вспомогательными (то есть их надо искать для нахождения главных неизвестных, а не самих по себе). Следует отметить, что этого разделения неизвестных в требовании задачи (в явном виде) не приводится.

Предметы задачи могут быть и неопределенными — их вообще не надо искать (а иногда и нельзя найти), но они нужны для задания в задаче отношений между данными (известными) и искомыми.

2. Отношения предметов в условии задачи могут быть известными и неизвестными (переменными).

3. Требования — искомые неизвестные. Ими могут быть и не предметы, например: "доказать", "построить", "представить", т.е. операторы. (В этом случае 3 и 4 совпадают.)

4. Оператор задачи — действия над условиями для выполнения требования. (Он может быть известным и неизвестным.)

1 и 2 образуют условия задачи. Поэтому можно считать, что задача состоит из элементов: "условия-требования-операторы".

Этапы решения задачи представляются Л.М.Фридманом в следующем виде: 1) анализ задачи; 2) появление идеи о плане решения; 3) осуществление найденного плана; 4) анализ решения. Содержание этапов задачи представляется следующим образом:

1. Анализ задачи.

1.1. Установление предметной области и ее элементов:

а) выявление постоянных и переменных (элементов) области их изменений;

б) выявление известных и неизвестных (элементов);

в) установление искомых, вспомогательных и неопределенных неизвестных. (На этом этапе видно, что отсутствует развертывание условий задачи.)

1.2. Установление отношений между элементами.

1.3. Установление требования, его уточнение.

1.4. Установление оператора, его развертывание.

Все это делается путем опознания при соотнесении с прошлым опытом.

2. Появление идеи о плане решения.

2.1. Поиск, узнавание и использование конкретных знаний применительно к данному типу задач.

2.2. Разбиение задачи на подзадачи, преобразование задачи (сближение данных и искомых, разбиение на части, повышение уровня определенности задачи); переформулирование задачи в другую, более знакомую (преобразование условий, замена неизвестных, замена одних объектов другими, т.е. кодирование).

Таким образом, из анализа приведенных Л.Ф.Фридманом, приемов, явствует, что новых приемов среди них нет.

Л.Ф.Фридман вообще считает, что других приемов в принципе не существует, кроме отмеченных трех: разбиение задачи на подзадачи, преобразование задачи, применение вспомогательных элементов. В свете рассмотренных выше работ это утверждение не выглядит убедительным. Особенно относительно решения творческих задач.

Выделение и формирование приемов решения продуктивных задач на материале "малых творческих задач" проводили П.Я.Гальперин и его ученики. Наиболее развернуто это осуществлялось в работах В.Л.Даниловой и Т.А.Идобаевой: проведенных по непосредственным руководством П.Я.Гальперина.

В.Л.Данилова, в отличие от традиционного, по ее мнению, исследования процессов решения задачи, совершает радикальный поворот к предварительному и систематическому исследованию догадок /6/*.

Она выделяет семь последовательных частей анализа проблемной ситуации (представляя, таким образом, фактически решение в целом): 1) выяснение того, что прямо указано в условиях задачи об исходной ситуации, о процессе решения, о конечном результате); 2) выдвижение предположений о возможных, т.е. не противоречащих прямым указаниям характеристиках тех же объектов и объединение этих предположений в предположение о ситуации в целом; 3) выдвижение гипотез о возможных решениях задачи и предварительная оценка каждой из них; 4) реализация и проверка гипотез; 5) в случае неудачи, выяснение того, какие из выдвинутых предположений опровергаются этой неудачей; 6) вывод из неудач-

* Хотя следует отметить, что такой подход концептуально присущ теории П.Я.Гальперина в целом и относительно творческого мышления, применяем то Л.Ф.Обуховой, Н.П.Василенко, И.Н.Семеновым, А.А.Веселовым /6/

ной попытки о действительных свойствах проблемной ситуации; 7) выдвижение на этой основе новых предположений. Таким образом, как мы видим В.Л.Данилова включает в свою систему эвристических приемов следующие процедуры: доопределение условий (пункт 2); запрет критики на противоположенные гипотезы и на все гипотезы; предварительный анализ гипотез (все — в пункте 3); анализ неудавшихся гипотез (пункт 5); корректирование знаний о проблемной ситуации (пункт 6). Кроме того, присутствует использование операции фиксации результатов анализа и гипотез в таблицах*, а также строгая очередность реализации и проверки гипотез.

В работе Т.А.Идобаевой /13/ используется прием состоящих из: а) представления ситуации задачи и ее элементов в виде компонентов действия и — б) анализ имеющихся знаний о компонентах задачи с точки зрения требований к знаниям о каждом компоненте действия, необходимом для успешного решения задачи (т.е. требований к содержанию ориентировочной основы действия). В соответствии с этими требованиями в ООД** должны быть представлены: 1) строение и свойства конечного продукта действия; 2) части конечного продукта действия в очередности порядка их получения; 3) характеристики исходного материала и его разметка; 4) орудие действия; 5) последовательность (исполнительных операций; 6) средства операции контроля.

У учащихся формировались описанные выше представления о содержании ООД и умении подводить и анализировать знания о компонентах задачи, с точки зрения необходимого для успешного решения задачи содержания ООД. На этой основе учащиеся совершали следующие операции: анализ требований задачи, состава их элементов; выявление представлений о составе материала, из которого могут быть получены такие элементы и их свойства, и также выяснено, с помощью каких средств и операций. Все эти знания сравниваются с теми, которые даны, выясняется, каких необходимых знаний не хватает и намечаются цели и способы их получения.

В обеих работах, таким образом, выделяются уже известные эвристические приемы. Сочетание использовавшихся приемов не обосновывается и выбирается только по логике задач собственных исследований.

В работах З.А.Решетовой и ее сотрудников /26, 27/ в качестве эвристического приема решения задач предложен системный анализ условий. Здесь разработана следующая схема анализа:

1. Выделить имеющиеся сведения об условиях задачи и ее заключение, установить ее заключение или условия задачи

* Первый вариант такой таблицы предложен И.Н.Семеновым.

** Здесь и далее — сокращенное обозначение ориентировочной основы действия.

описания явления, выполнив действия выделения объекта анализа и его целостных свойств и характеристик.

2. Выделить подсистемы рассматриваемого в задаче объекта. Если возможно, выполнить это действие неоднократно. Оценить качественное состояние подсистем.

3. Расчленить подсистемы (или исходный объект, если он не содержит подсистем) на элементы. Повторить выполнение этого действия до получения неделимых в условиях данной задачи элементов.

4. Дифференцировать выявленные предшествующим анализом связи на внутренние и внешние.

5. Определить уровни строения и аспекты анализа объекта.

6. Определить последовательность движения при отыскании неизвестного в задаче на основе установления иерархии аспектов анализа объектов.

7. Установить вид связи на каждом из уровней по каждому из аспектов анализа.

8. Проверить, где возможно и необходимо, оценку качественного состояния исходной системы и всех преобразований.

9. Отобрать средства решения задачи на основе проведенного системного анализа.

10. Произвести исполнительную часть решения.

11. Зафиксировать качественный результат, выполнить необходимые вычисления.

Особенностью подхода, развиваемого З.А.Решетовой и ее группой, является обязательная привязка системного анализа к предметному материалу. Прием системного анализа не формируется здесь как автономный от предметного содержания, самоценный и применяемый к любому предметному содержанию без специальной предварительной подготовки и обучения использования его на том или ином предметном содержании. Наоборот, применение данного приема тщательно отрабатывается на специфическом материале, и только в этом случае достигается его успешное использование. Отработка приема системного анализа на материале механики, теории вероятности, составления уравнений показала, что во всех случаях отмечается успешное решение задачи на соответствующем материале после овладения данным приемом анализа условий задач.

В принципе, указанный подход действительно позволяет облегчить усвоение применения эвристических приемов, поскольку не требует от учащегося полностью самостоятельного переноса их на новые предметные области, и это умение формируется в большой мере самим учащимся, хотя оно может и не требоваться при направленной профессиональной подготовке и специализации в той

или иной предметной области. Но следует отметить, что даже в этом случае одного приема системного анализа мало, при всей его действенности. Нужна система взаимодействующих приемов.

Выделение эвристических приемов в рамках развернутого исследования структуры творческой деятельности осуществлялось в исследованиях И.П.Калошиной /16/. Она исходит из различения прежде всего репродуктивной и творческой деятельности. Для репродуктивной деятельности характерно наличие у субъекта либо конкретных знаний о предметах и способах деятельности с ними, либо общих знаний, из которых можно вывести конкретные знания о предметах и действиях с ними. В творческой же деятельности субъект либо не имеет указанных знаний, но имеет знания для разработки отсутствующих знаний, либо не имеет и этих последних знаний.

В первом случае творческая деятельность называется нормативной, и она осуществляется на осознаваемом уровне, планомерным путем и теоретически. Во втором случае творческая деятельность осуществляется методом проб и ошибок на неосознаваемом уровне, эмпирически.

И.П.Калошина предложила ряд следующих приемов для планомерного поиска характеристик неизвестного в задачах. Прием уподобления характеристик неизвестного (количество элементов и свойств, их номенклатура, содержание, количество и характер взаимосвязей) таким же характеристикам известных компонентов задачи. При этом компоненты задачи рассматриваются как компоненты деятельности (предмет, продукт, средства, операции). Например, имеется задача, где известна форма поверхностей деталей, которые надо получить на станке, и неизвестен принцип действия станка. Поскольку в деятельности орудия уподобляются целям, то принцип действия станка уподобляется форме поверхностей деталей и должен, таким образом, из него выводиться. Так, в случае задачи на построение четырех треугольников из шести спичек количество правил построения и их содержание в неизвестном способе деятельности уподобляются и выводятся из количества и содержания элементов известной цели (продукта) деятельности — треугольников, т.е. их сторон, вершин, углов. Отсюда способ построения включает три группы правил: правила о сторонах треугольников, правила о вершинах треугольников и правила об углах треугольников.

Для реализации приема уподобления может потребоваться установление дополнительных характеристик известных в задаче явлений. Для этого предлагаются приемы анализа определений и подведение под понятие, под логические категории "необходимых и достаточных" признаков и выведение одних при наличии других,

подведение под диалектические категории "качество—количество", "единичное—всеобщее" и установление соответствующей противоположной характеристики при наличии данных об одной из них.

Оценим новизну предложенных И.П.Калошиной приемов. Прием уподобления характеристик неизвестного характеристикам известных в задаче (деятельности) компонентов является конкретизацией известного ранее приема установления новых свойств объекта через его взаимосвязи с другими объектами, что отмечает сама И.П.Калошина /16, с.27/. Прием подведения под логические категории необходимости и достаточности сходен с приемом выведения следствий из определений известных явлений.

Это видно, в частности, из примера, приводимого И.П.Калошиной для иллюстрации действия данного приема: "Подведение явлений", "прямоугольный треугольник" и выражение " $a^2 + b^2 \gg c^2$ " под логические категории, — пишет автор, — позволяет установить, что понятие "прямоугольный треугольник" является необходимым и достаточным для выражения " $a^2 + b^2 - c^2$ "; в свою очередь, указанное выражение, взятое как соотношение сторон некоторого треугольника, является необходимым и достаточным условием прямоугольного треугольника" /16, с.82—83/. Иными словами, если дан прямоугольный треугольник, то отсюда следует, что одним из его свойств является определенное соотношение сторон, описываемое выражением $a^2 + b^2 - c^2$, и наоборот, если дано указанное выражение, то оно обозначает соотношение сторон прямоугольного треугольника. При этом важно отметить, что рассматриваемая связь вытекает прежде всего из теоремы Пифагора, а уж потом может фиксироваться и в терминах логического отношения "необходимого и достаточного", и позволяет выводить наличие одного из наличия другого компонента соотношения.

Прием подведения под понятия и анализа определений — известная эвристика.

Прием подведения под парные диалектические категории (восстановление качества по количеству, например) — тоже разновидность эвристики "выведение следствий из определений известных явлений". Это также видно из примеров И.П.Калошиной: "Известные явления, представленные в теореме Пифагора, такие как "прямоугольный треугольник" и выражение " $a^2 + b^2 - c^2$ " можно подвести под категории качества и количества: "треугольник" является качественной характеристикой явления в данной предметной области, а указанное выражение — каждый его структурный элемент (a^2 , b^2 , c^2) — количественной, представленной в обобщенном, буквенном виде" /16, с.83—84/. Отсюда вытекает, что если дан прямоугольный треугольник, то, следовательно, он обладает количественной характеристикой $a^2 + b^2 - c^2$. Если

даны количественные выражения a^2 или 180° , то отсюда следует, что это могут быть площади квадратов со стороной "а" (и другие фигуры) или развернутый угол, дуга полуокружности и т.д.

Таким образом, в общем плане рассматриваемые И.П.Калошиной эвристические приемы не являются новыми, но их частные варианты обладают определенной степенью новизны. Новизна здесь, в общем плане, состоит в уменьшении поискового компонента рассматриваемых эвристических приемов. Это достигается за счет выделения того или иного общего направления осуществления поиска соответствующих условий, а именно: направления поиска связей искомых объектов с другими объектами (предлагаются связи с известными объектами задачи, направления выведения следствий из определений, представленных в задаче явлений (предлагается выводить необходимые и достаточные признаки из данных явлений, качественные признаки по количественным, и наоборот).

Причем речь идет именно о снижении степени поискового характера соответствующих известных эвристических приемов, а не о превращении их в полностью репродуктивные, дающие выводное знание. Как отмечает сама И.П.Калошина, использование, например, уподобления неизвестных явлений известным не следует рассматривать как простой перенос свойств известных явлений на искомые характеристики неизвестных явлений [16, с.93]. К этому следует добавить, что получаемые при этом характеристики неизвестных явлений не являются сразу конкретными искомыми характеристиками, а представляют собой общие их признаки, получаемые обычно при доопределении искомых и данных (количество элементов и свойств, их номенклатура, общее содержание, количество взаимосвязей и область расположения).

Приемы продуктивного решения задач выделялись и в работе группы авторов Н.Г.Алексеева [2, 2а], И.Н.Семенова [29, 30, 31], С.Ю.Степанова [30] и др. Вслед за П.Я.Гальпериным [6 а] эта группа изучала творческое мышление на материале решения задач на соображение, стремясь разработать средства ориентировки субъекта в условиях "малых творческих задач" и в путях их решения. В первом случае использовался прием разбиения текста задачи на единицы сообщения, предложенный Л.Ф.Обуховой [6], а во втором — прием построения* таблицы для систематического выдвижения и проверки гипотез, разработанный И.Н.Семеновым [6]. Поскольку этих приемов оказалось недостаточно для распределения содержания условий задачи, то для разработки средств формирования творческого мышления на основе реконструкции

* В дальнейшем этот прием был развит А.А.Веселовым и В.Л.Даниловой.

процесса ее дискурсивного (словесно выраженного) решения был использован нормативный подход к анализу мыслительной деятельности.

Развивая этот подход, И.Н.Семенов [29, 3] провел категориально-нормативный анализ задач на соображение, выделив следующие этапы их решения: 1) ознакомление с текстом задачи путем распрепредмечивания условий и категоризации описываемых в них явлений; 2) репродукция представлений (об этих условиях) и поиск латентных, проблемообразующих среди них; 3) определение интенции (направленности) поиска; 4) построение модели проблемной ситуации; 5) использование знаний для нахождения решения; 6) построение схемы (плана) действия; 7) выполнение операций; 8) получение решения (в виде формулировки ответа) и его проверка. Этот категориальный норматив решения творческих задач (не оперирование числовым рядом) на измерение времени, на определение стоимости и т.п.) позволяет методически (процедурно) дифференцировать предметные пункты [1 — 4] и операциональные [5 — 8] компоненты интеллектуальной деятельности по решению творческих задач, а также выделить среди них три основные типа: на отношение между объектами, на преобразование объектов и на отношение между преобразуемыми объектами.

Однако при повторении опытов К. Дункера обнаружилось, что подобным, категориальным нормативом описывается примерно половина речевой продукции, вербализуемой субъектом в процессе решения творческой задачи путем рассуждения вслух. Предположив, что в содержательных "неформальных" высказываниях проявляется смысловая (рефлексивно-личностная) регуляция содержательного (предметно-операционального) плана мышления, Семенов /29/ разработал 4-х уровневую концептуальную модель организации творческого процесса.

Согласно этой модели разрывы мысли на нижележащем уровне — операциональном или промежуточном — выталкивают ее на верхние уровни — рефлексивный и личностный, которые оказывают регулирующее воздействие на нижние уровни, управляя тем самым протеканием мыслительного процесса и обеспечивая его саморегуляцию. Экспериментально установлено /30, 36/, что феномен "проб и ошибок" связан с блокадой взаимодействия уровней и феномен "озарения" — с прорывом блокады, а успешность решения обусловлена сменой репродуктивной личностной позиции на продуктивную.

Личностную позицию реализует смысловой план. В общем виде она может быть репродуктивной и продуктивной. Репродуктивная позиция характеризуется движением в решении на основе только уже известных человеку знаний и способов деятельности. Продук-

тивную позицию характеризует готовность испытуемого отказаться от репродуктивных ответов, направлять (фиксироваться) на осмысление и осознание оснований своего движения поиск ошибочных допущений, неадекватных средств, своей позиции, мотивации ее колебаний и т.д. Продуктивная позиция — залог успешного решения задачи и основа развития продуктивного мышления.

Авторы предпринимали попытки формирования продуктивной личностной позиции в обучающих опытах через раскрытие ее особенностей учащимся. Для этого им давались следующие знания и рекомендации к действию: " ... задача творческая, решение ее "в лоб" невозможно, первый приходящий в голову ответ — неверный, нужно попытаться выяснить лежащее за ним основание и попытаться изменить его" /30, с. 128/.

Для осуществления этих процедур необходимо ставить вопросы: разрешима ли задача, почему так получается при таком-то действии, что здесь еще можно предположить и т.д.

Испытуемым также рекомендовалось не отказываться от решений ни в каком случае, поддерживать уверенность в себе и другие направления мобилизации на решение и преодоление проблемной и конфликтной ситуации.

Не входя в детальное обсуждение общих системных описаний мыслительной деятельности у рассматриваемой группы авторов, отметим лишь, что оно достаточно полно по составу рассматриваемых компонентов, но их группировка, с нашей точки зрения, еще может дорабатываться. Так, нам представляется, что личностный уровень, ядром которого является мотивация, так же, как и предметный и операциональный уровни (ориентировочно-контрольный и исполнительский, в другой терминологии), могут быть как нерелексивными, так и релексивными; отсюда, указанные три уровня являются по существу не уровнями, а компонентами (и этапами) решения (мотивация, ориентировка, исполнение), которые могут протекать на неосознанном (неосознаваемом, нерелексивном) уровне и на осознаваемом (релексивном) уровне, (т.е. имеются три компонента, реализуемые на двух уровнях). В описаниях же авторов имеет место нестрожность (нестрогость), поскольку личностный уровень есть фактически (по их описаниям) релексивно-личностный, а (объективно) он может и не быть релексивным как таковым. Релексивный уровень, согласно авторам, включает интеллектуальную релексию и личностную релексию, что правильно, и указывает на релексию как на уровень, регулирующий предметно-операциональный и личностный компоненты мышления (а не только предметно-операциональный), и сам регулируем мотивацией (вторым уровнем, по терминологии авторов) /30, с.36/.

Экспериментальное изучение роли рефлексии в организации творческого мышления привело к пониманию его как процесса преодоления проблемно-конфликтной ситуации /30/. Если проблемность обусловлена противоречиями в условиях задачи, то конфликтность возникает при сознании личностью безуспешности попыток решить задачу. Преодоление личностного конфликта путем переосмысления, рефлексии перипетий поиска служит необходимой предпосылкой для разрешения проблемности, заданной условиями задачи. Отсюда необходим своего рода психотренинг, призванный обеспечить побуждение испытуемых именно к творческому поиску при формировании средств ориентирования в решении задачи. На это были направлены задававшиеся педагогом-экспериментатором вопросы о том, что такое "творчество", "творческая личность", "творческая задача", "творческое решение". Предполагалось, что сам процесс построения ответов (которые потом в целях осознания требовалось представить в виде "советов и рекомендаций" для своих товарищей — возможных партнеров по совместному решению) должен был послужить своеобразным "автопсихотренингом" творческих возможностей субъекта и привести к активизации смыслового (рефлексивно-личностного) плана мышления и его регулирующего воздействия на содержательный план. Экспериментально полученные данные /30/ свидетельствуют о подтверждении гипотезы о культивировании рефлексии указанным образом как эффективном средстве формирования решения творческих задач.

Что касается эвристических приемов, которые выделяются авторами, то их перечень сводится к следующему:

1. Анализ условий и конфликта.
2. Блокирование репродуктивных гипотез.
3. Анализ допущений и предлагаемых гипотез.
4. Анализ причин неудач гипотез.
5. Мобилизация и повышение уверенности в себе.

Обучением элементам творческих умений на материале решения конструкторско-изобретательских задач занимался Альтшуллер /3/. Автор выделяет следующую последовательность этапов решения задачи.

1. Ситуация (надо что-то изменить).
2. Задача (надо изменить имеющуюся систему или заменить ее другой системой).
3. Модель задачи — фиксация технического противоречия. Для этого устраняется специальная терминология, конкретные условия.
4. Воссоздание идеального конечного результата.
5. Формулировка физического противоречия.
6. Физическое решение.

7. Техническое решение.

8. Расчетное решение.

Все приемы снабжены обобщенными примерами их решения в правилах и таблицах, что может сделать их менее поисковыми, уменьшить их поисковый компонент. Таким образом, здесь налицо использование приемов анализа противоречия, обобщения, конкретизации, решения в общем виде. Альтшуллер также отмечает в качестве эвристических приемов мысленные эксперименты, "метод демонов" по Дж.К.Максвеллу.

Известный советский педагог И.Я.Лернер /17/ разработал систему эвристических приемов для развития творческих компонентов мышления учащихся в рамках преподавания истории в средней школе. С одной стороны, он считает операциями творческого мышления такие акты, как видение проблемы, видение новой структуры объекта, новой функции, нового способа действия без использования элементов старого опыта или с их комбинированием, ближний и дальний перенос в новую ситуацию. С другой стороны, И.Я.Лернер указывал на такие приемы, как анализ данных на непротиворечивость, на возможность восстановления одних через другие, выявление недостаточных данных и поиск в прошлом опыте, анализ полученного решения на непротиворечивость условиям задачи.

Мы считаем, что акты, отнесенные И.Я.Лернером к операциям, охарактеризованы только со стороны своего результата (нахождение проблемы, структуры и тому подобное). Способ их осуществления не указан. Только дальний перенос можно рассматривать как прием решения. Все другие, указанные И.Я.Лернером приемы, вполне являются эвристическими; но однако, новых среди них нет.

Другой советский педагог М.М.Махмутов /19/ основной трудностью творческого мышления считает фиксированность на известных способах решения задач и пренебрежение некоторыми элементами условий. В качестве приема преодоления фиксированности автор предлагает осознание возможности ее наличия и постановку вопросов на поиск других способов решения задачи. Те же способы предлагаются и для преодоления анаксиоматизации (т.е. пренебрежения рядом компонентов условий).

Специальное исследование приемов и факторов решения творческих задач провел А.Н.Орехов /21,21а/. В процессе решения задач он выделяет три этапа — анализ задачи, выдвижение гипотез о решении, реализация и проверка гипотез.

Обобщение состава приемов решения творческих задач и действий по их реализации позволяет представить набор эвристических приемов, использовавшихся в методике. А.Н.Орехова следующим образом:

1-й этап.

1. Анализ и фиксация логических условий. 2. Анализ допущений. 3. Доопределение (т.е. дедуктивное выявление неявных условий). 4. Нахождение нешаблонных элементов и изменение их отношений для выявления неявных свойств элементов и отношений. 5. Моделирование ситуации. 6. Нахождение противоречащих (противоречивых) элементов. 7. Выражение условий задачи в одном языке. 8. Репродукция всех известных релевантных знаний. 9. Установление сходств и различий (данной задачи) с известными задачами (способы решения которых известны).

2-й этап.

1. Фиксация основного противоречия (упрощение задачи, абстракция от специфики). 2. Установление недостающих условий. 3. Изменение элементов и отношений задачи. 4. Анализ недостатков гипотезы.

3-й этап.

1. Разработка действий по реализации гипотезы. 2. Оценка этих действий. 3. Оценка гипотезы по результатам действий после их реализации.

Помимо указанных А.Н.Орехов выделяет также приемы уменьшения и увеличения возбуждения. Важным моментом является также выделение базальных факторов — использование сложившихся в прошлом опыте взаимосвязей прежних знаний и зоны поиска решения (количество учитываемых одновременно элементов условий задачи). Эти факторы реализуются при применении ряда приемов из общей их системы.

Приемы увеличения и уменьшения возбуждения, а также уровень базальных факторов применяются по-разному на первом, втором и третьем этапах решения задачи. На первом этапе уровень мотивации и уверенности в себе (возбуждение) должны быть снижены, а уровни (действия) базальных факторов — повышены. На втором этапе уровни возбуждения целесообразно повышать, уровень использования прошлого опыта — понижать, а уровень учета элементов задачи целесообразно заставить "колебаться". На третьем этапе уровни мотивации, уверенности в себе и учета элементов задачи целесообразно понизить, а уровень использования прошлого опыта — повысить.

В данном наборе эвристических приемов новых приемов нет. Новым стало выделение Ореховым приемов возбуждения и базальных факторов, а также разработка системы регуляции уровней возбуждения, использования прошлого опыта и учета элементов условий задачи. С нашей точки зрения изучение зависимости успешности решения задачи, от применения указанной регуляции уровней базальных факторе на различных этапах решения задачи

и соответствующий этому порядок использования уже известных приемов явились также новыми результатами, полученными в исследовании А.Н.Орехова.

На этом мы завершаем обзор работ, в которых описываются изучавшиеся и использовавшиеся в обучении эвристические приемы. Разумеется, этот обзор не является исчерпывающим, но в нем мы постарались представить основных авторов, внесших вклад в разработку данного вопроса.

Анализ рассмотренных в обзоре эвристических приемов, их систематизация, объединение в систему, изучение эффективности представлены в последующих главах.

ТИПОЛОГИЗАЦИЯ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

§ 1. Типологизация эвристических приемов

Проведенный обзор и анализ исследований по эвристическим приемам и обучению им показывает, что общее количество приемов, выделяемых всеми авторами вместе, весьма велико. Предложенные системы эвристических приемов часто включают в себя довольно большое их количество и отбор приемов для объединения в ту или иную систему мотивируется редко. Однако действительно различных по содержанию приемов, как мы пытались показать в результате проведенного выше анализа, значительно меньше, так как во многих случаях одни и те же по содержанию приемы просто называются по-разному. Напомним некоторые примеры такого рода. Тождественными по содержанию являются такие приемы, как:

- освобождение от излишнего представления, обобщение цели, обобщение задачи, гипостазирование свойства, установление общей схемы условий, освобождение данных от привходящих обстоятельств, пренебрежение некоторыми условиями, переформулирование по восходящей линии, устранение лишних элементов, редукция лишних элементов и отношений, планирование' по Саймону, использование аналогичной общей задачи и некоторые другие;

- конкретизация задачи, формирование частной вспомогательной задачи, специализация, переформулирование по нисходящей линии, использование аналогичной конкретной задачи;

- формулирование обратной задачи и доказательство от противного, противоположное движение;

- исключение из структуры, устранение компонентов, изоляция;

- критика очевидных решений и блокирование очевидных репродуктивных гипотез;

- поиск привнесенных условий и преодоление фиксированности;

- движение от конца к началу, постановка промежуточных задач, выведение следствий из условий, функциональный анализ (по Саймону), логическая редукция;

- сближение данных и цели, устранение различий между условиями и целями, выражение в одном языке, поиск тождественного в различном;

— черчение фигур, перекодирование текста в схему, рисование изображений, наглядное представление явлений, моделирование;

— перенос сходных признаков и использование сходных задач;

— привлечение всех известных знаний о возможных видах явлений задачи и их характеристиках, морфологический анализ, установление типов решения проблем, рассмотрение с разных возможных сторон, выбор многих возможных начал;

— анализ данных и цели, анализ условий, явное представление всех фактов;

— анализ конфликта, осознание конфликта, фиксация противоречия, образование проблемного комплекса, формулирование идеального общего результата;

— запрет критики, мозговой штурм, выдвижения любых идей;

— реструктурирование и перегруппировка.

Все приведенные примеры групп приемов представляют собой по существу не группы разных приемов, а один прием вместо каждой группы, имеющий различные названия. Ниже мы будем пользоваться следующими названиями каждого из пятнадцати приемов:

— обобщение задачи;

— конкретизация задачи;

— формулирование обратной задачи;

— исключение из структуры;

— критика очевидных решений;

— поиск привнесённых условий;

— движение от конца к началу;

— сближение данных и цели;

— перекодирование текста в модель;

— использование сходных задач;

— рассмотрение с различных сторон;

— анализ условий;

— анализ конфликта;

— выдвижение любых идей;

— реструктурирование.

Проделав аналогичную работу по резюмированию результатов обзора и анализа приемов, которую нецелесообразно представлять здесь полностью, мы выделили еще следующий ряд различных по содержанию приемов — как имеющих в литературе другие названия, так и не имеющих их:

— включение в другую структуру,

— включение в деятельность,

— введение дополнительных элементов или отношений,

— деление задачи на части,

— выделение доминирующих целей,

- подведение под логические категории,
- подведение под диалектические категории,
- резонанс,
- замена терминов определениями,
- выдвижение противоположных гипотез,
- анализ оснований гипотез,
- оценка достоинств и недостатков гипотез,
- перерыв в решении задач, отдых,
- параллельное решение нескольких задач,
- вживание в образ явлений задачи,
- регуляция уровня уверенности в себе,
- движение от общих идей к частным,
- символическая запись условий,
- определение области и поиска неизвестного.

Таким образом, действительно разных по содержанию приемов всего насчитывается немногим более тридцати. В связи с этим снимаются опасения в существовании необозримого количества эвристических приемов (до 200 согласно подсчетам некоторых исследователей).

Если далее провести систематизацию разных приемов, объединить их по содержанию в более общие группы, то можно получить вполне операциональную систему эвристических приемов для обучения решению задач.

Итак, содержательно различными являются тридцать с лишним приемов. Они могут быть даже объединены в семейства. Приемы имеют состав операций и познавательный результат осуществления (обобщение, включение в структуру, моделирование и тому подобное). Соответственно, приемы могут отличаться только по составу операций, или только по результату, или по тому и другому одновременно. Приемы, сходные по результату при различных операциях, образуют семейства приемов. Объединение приемов в семейства является полезным. Это позволяет систематизировать приемы и дает возможность лучше понять их особенности и связи, а также уменьшает поле выбора приемов. Объединение приемов в семейства также не упускает представительство каждого семейства в выбираемой системе приемов для обучения решению задач.

Анализ выделенных 32 различных приемов приводит к установлению следующих 11 семейств приемов:

1. Анализ условий задачи, анализ данных, анализ требований, анализ конфликта.
2. Доопределения, развертывание определений явлений задачи, движение от конца к началу, подведение под логические категории, подведение под диалектические категории, сближение данных и цели, резонанс.

3. Изменение уровня обобщенности задачи, обобщение задачи, использование известной общей задачи, конкретизация задачи, использование известной конкретной задачи.

4. Включение в новые связи, подведение под компоненты деятельности, включение в другую неизвестную структуру, включение в другую известную структуру, введение дополнительных элементов или отношений (неизвестных и известных), переструктурирование, деление задачи на части.

5. Анализ допущений, выделение доминирующих идей, критика очевидных решений, поиск лишних условий.

6. Моделирование, перекодирование текста в схему (модель), символическая запись.

7. Выдвижение любых гипотез, выдвижение маловероятных гипотез, выдвижение противоположных гипотез.

8. Обоснование принятия и отвержение гипотез, обоснование выдвижения гипотез, анализ достоинств и недостатков гипотез.

9. Переключение и другие проблемы, параллельное решение нескольких задач, перерыв в решении задач.

10. Вживание в образ явлений задачи, принятие роли объекта или процесса задачи, "метод демонов" (по Максвеллу).

11. Регулирование уровня уверенности в себе, повышение уровня уверенности в себе, понижение уровня уверенности в себе.

Помимо указанных семейств родственных приемов есть еще приемы, которые не образуют семейств. К ним относятся: анализ с разных сторон, комбинаторика свойств явлений задачи, поиск сначала общей, а затем частной идеи и наоборот. Из указанных трех приемов образуются два составных приема: морфологический анализ (включает анализ с разных сторон и комбинаторику) и определение области поиска неизвестного (включает поиск общей, а затем и частной задачи, анализ с разных сторон).

§ 2. Распределение эвристических приемов по фазам решения задач

Для распределения приемов по фазам процесса решения, необходимо иметь какие-то критерии. В качестве таких критериев мы применяем два основания — содержание соответствующей фазы решения и степень репродуктивности (продуктивности) приемов.

Состав, содержание и назначение фаз решения задач трактуется различными исследователями с большим разнообразием и часто без четких критериев членения процесса решения на фазы.

Если по отношению к фазам и этапам решения задач проделать ту же работу, что и по отношению к эвристическим приемам, а из всего их многообразия, отмечаемого многочисленными исследо-

вателями, занимавшимися этим вопросом, выделить только действительно разные по содержанию фазы и этапы решения задач, то можно фиксировать следующий их состав:

- встреча с задачей и возникновение проблемы (чувство проблемы, затруднения, постановка проблемы, выделение проблемы);

- анализ задачи (сознательная работа, осознание цели, подготовка, анализ информации, понимание постановки задачи, ориентировочное исследование);

- поиск способа решения задачи (гипотеза о решении, усмотрение нового качества, вдохновение, пробы гипотез; созревание и вдохновение, построение решения, составление плана решения, бессознательная работа, нахождение принципа);

- реализация решения (развитие идеи, осуществление плана решения, вторичная сознательная работа, выделение принципа);

- проверка решения (принятие **или** отклонение, оценка гипотез, проверка истинности, верификация решения, доказательство);

- исследование задачи (изучение решения, переобследование ситуации);

- получение ответа;

- анализ решения задачи.

Указанные этапы объединяются чаще всего в три фазы: анализ задачи, поиск способа решения, реализация и проверка решения. Правда, при этом, на наш взгляд, содержание каждой из трех фаз трактуется не совсем удачно. Так, если грубо считать, что основными группами процедур решения задач по механизму действия приемов, их реализующих, являются: констатация явных данных, дедуктивное выведение неявных данных, невыводной поиск групп неизвестных характеристик явлений задачи, проверка найденных решений; то чаще всего в анализ задачи включается фиксация данных и дедуктивное выведение неявных данных, а к поиску способа решения относятся только невыводные продуктивные процессы.

Нам представляется, что более четкое деление на фазы будет получено в том случае, если анализом задачи считать только фиксацию ее явных данных и требований, а к поиску способа решения относить выведение неявных данных и невыводные операции. В этом случае соблюдается более четко целевой критерий выделения этапов решения задач. Если же выводные процессы включать в анализ задачи, то, поскольку эти процессы являются уже работой с данными и в некоторых случаях могут дать решение задачи, анализ задачи становится частично и ее решением. Более логично, на наш взгляд, поиском способа решения

задачи считать осуществляемую для этого переработку явных данных, как выводным путем, так с помощью невыводных процессов. Важно также учитывать, что поиск решения и его проверка могут осуществляться многократно и циклично вплоть до нахождения подходящего решения с процедурами анализа неудачных попыток и завершиться анализом особенностей правильного решения.

Таким образом, предлагается вслед за многими авторами разделить процесс решения задач в конечном счете на три фазы — анализ условий задачи, поиск решения, проверка решения. Однако при этом мы считаем, что анализ условий кончается уяснением того, что дано и что требуется найти на основе формулировки задачи без каких-либо действий над данными и требованиями, приводящими к получению информации о явлениях задачи, не содержащихся непосредственно в формулировке. На стадии поиска решения уже осуществляются действия, порождающие новую информацию о явлениях задачи любым способом — как выводным, так и поисковым.

На фазе проверки найденные решения реализуются, и их результаты анализируются на предмет соответствия их требованиям задачи.

Представление решения в виде указанных трех фаз с соответствующим их общим содержанием является достаточно удобным и оптимальным для применения в обучении решению задач.

Наборы эвристических приемов мышления, включаемые в те или иные фазы различными исследователями, также весьма разнообразны. Часто их сочетания вообще не имеют обоснования, так что не вполне ясно, почему определенные приемы включены в определенную фазу, например — в анализ условий, а не в фазу поиска решения, и наоборот.

По нашему мнению, адекватным и эффективным критерием распределения приемов по группам применительно к фазам решения задач является степень определенности состава приемов.

Определенность состава операций в приемах решения задач является их важнейшей характеристикой. Она зависит от того, насколько полны знания о составе операций и последовательности их осуществления. Если решающий задачи знает (т.е. имеет в памяти) все необходимые данные для осуществления приема, то такой прием является наиболее определенным с точки зрения его выполнения, а по механизму он является репродуктивным. Например, прием развертывания определений является репродуктивным и вполне определенным с точки зрения его выполнения. Здесь имеются знания — определения явлений задачи, и понятно, что их нужно воспроизводить в развернутой форме.

В том случае, когда знания о приеме имеются не полностью, и недостающие знания нельзя вывести из известных знаний, то прием является продуктивным, поисковым, и тем самым наименее определенным. Например, прием обобщения задачи включает неопределенный поисковый компонент — определение направления обобщения, определение временно редуцируемых свойств. Сами процессы абстрагирования и обобщения при этом являются репродуктивными компонентами данного приема. Каким образом осуществлять операции абстрагирования и обобщения может быть задано вполне определенно. Но понимание того, от чего абстрагироваться в каждом конкретном случае — всегда является поисковой проблемой. И если это нельзя дедуктивно вывести из какого-то более общего знания, а надо перебирать, догадываться и т.п., то прием является продуктивным.

Если же недостающее знание можно вывести из какого-то более общего знания, то прием является более определенным, чем продуктивные приемы, но все же он содержит операции вывода и не равен по определенности чисто репродуктивным приемам, осуществляемым на основе только воспроизведения готового нужного знания. Такие приемы являются в какой-то мере промежуточными по определенности между репродуктивными и продуктивными приемами. Иногда их считают разновидностью репродуктивных приемов, рассматривая операции выведения также известной частью этих приемов, обеспечивающей гарантированное получение знания об их неизвестных конкретных компонентах. Такая терминология вполне возможна, но тогда надо учитывать, что репродуктивные приемы могут быть двух видов: приемы, основанные на простом воспроизведении знаний и приемы, включающие выведение знаний из более общих положений.

Любой прием, содержащий поисковые компоненты, может быть превращен в репродуктивный прием, если удастся конкретизировать направления поиска. Например, если для приема включения в структуру предлагается конкретная структура, в которую нечто нужно включить, то этот прием из продуктивного и неопределенного превращается в репродуктивный и определенный по способу своего выполнения.

Для обучения использованию приемов в решении задач очень важно учитывать меру определенности приемов. Некоторые исследователи высказывают мнение о том, что в силу неопределенности и эвристичности самих эвристических приемов от них мало пользы в решении задач и обучение им очень затруднено. В самом деле, если эвристический прием сам требует поиска способа своего осуществления, то какой смысл в его применении? При ответе на этот вопрос следует, во-первых, учитывать, что далеко не все

эвристические приемы сами требуют продуктивного, творческого способа их осуществления (так как есть репродуктивные и полурепродуктивные приемы), а во-вторых, — что найти конкретный способ осуществления приема часто может быть легче, чем сразу найти способ решения задачи в целом. После же осуществления приема и получения его результата может открыться путь к нахождению решения задачи. Например, искать направление обобщения, конкретизации может быть легче, чем сразу искать неизвестные, нужные для решения задачи характеристики явлений ее предметной области. Когда в прямом поиске решения задачи наступает состояние отсутствия идей и гипотез о возможном решении (что иногда имеет место с самого начала решения задачи), и решающий просто не знает, что ему делать, и склоняется к отказу от дальнейшего решения, тогда эвристические приемы указывают на ряд возможностей дальнейшего движения, которые активизируют процесс и могут продвинуть его в нужном направлении.

Учет степени репродуктивности и продуктивности приемов позволяет, как будет показано ниже, подойти к построению более обоснованной по составу и последовательности применения системы приемов для обучения решению задач. В связи с этим мы предприняли попытку осуществления анализа приемов в данном отношении. Указанный анализ приемов проводится по их семействам.

В семействе анализа условий задачи все приемы репродуктивны, если в них не включать элементы других приемов (обобщений, конкретизации и других) и считать анализом констатацию явных данных, требований, конфликта.

В семействе доопределения условий большинство приемов являются репродуктивными. Это касается таких приемов, как движение от конца к началу (выведения следствий, функционального анализа, логической редукции), подведения под логические и диалектические категории. Продуктивным в этом семействе является прием сближения данных и требований задачи (устранение различий между целями и условиями, выражение в одном языке). В этом приеме ясно общее направление действия, но не определены операции, позволяющие его реализовать, и требуется, таким образом, их поиск.

Приемы семейства изменения уровня обобщения являются продуктивными, так как они содержат неопределенный компонент, связанный с нахождением направления обобщения и конкретизации.

В семействе включения в новые связи все приемы являются продуктивными, поскольку требуют поиска дополнительных эле-

ментов и отношений, направления переструктурирования, обратной задачи с исключением из структуры, разбиения на части.

Приемы семейства анализа допущений являются репродуктивными, но требующими некоторого индуктивного анализа для выделения сходных доминирующих идей в предлагаемых гипотезах, отличия очевидных решений от неочевидных.

Приемы семейства моделирования являются репродуктивными. Они фиксируют информацию, уже полученную репродуктивно или продуктивно (т.е. новую или не новую для решающего), но сама фиксация есть репродуктивная процедура. Поскольку фиксируются данные, полученные продуктивно, то иногда считают, что и моделирование является продуктивным процессом, но это не так.

В семействе приемов выдвижения любых гипотез, выдвижение противоположных гипотез является репродуктивным и вполне определенным по способу его осуществления. Но другой прием этого семейства — выдвижение возможно большего количества любых гипотез — является определенным в том отношении, что не надо бояться плохих гипотез, все же очень неопределен в отношении того, каким же образом находить гипотезы и идеи.

Аналогично продуктивными являются и приемы обоснования и опровержения гипотез, поиска их достоинства и недостатков. Приемы семейства переключения на другие проблемы являются определенными по составу. Приемы семейств вживания в образ явлений задачи и регулирования уровня уверенности в себе также являются определенными по составу.

Приемы анализа с разных сторон и комбинаторика свойств явлений являются репродуктивными. Прием поиска общей-частной идеи и наоборот является продуктивным. Морфологический анализ является репродуктивным приемом, а определение области поиска — полурепродуктивным.

На основе приведенного рассмотрения по параметру продуктивности — репродуктивности (определенности — неопределенности) состава приемов их можно выстроить внутри семейств по степени их определенности, что очень важно для применения в решении задач, поскольку одним из принципов выбора является применение сначала более определенных и репродуктивных приемов, а затем менее определенных и продуктивных. Пользуясь этим принципом, проведем распределение семейств приемов по этапам решения задач.

Поскольку на первой фазе не должна происходить какая-либо переработка знаний о явлениях задачи, и требуется лишь их фиксация в более четкой и систематической форме, то здесь могут иметь место только приемы, представляющие собой узнавание и воспроизведение уже имеющихся знаний.

Далее процесс решения задачи вступает в свою основную фазу — фазу поиска решения. Здесь уже должны применяться приемы преобразования данных задачи. Состав этой фазы мы предлагаем разбить на три этапа — по основанию степени репродуктивности (продуктивности) приемов, применявшихся на каждом этапе. На первом этапе осуществляются действия логического вывода дополнительных характеристик объектов. На втором этапе осуществляется поиск с помощью репродуктивных эвристических приемов. На третьем этапе в поиске решения применяются продуктивные эвристические приемы. Второй, и далее, третий этапы на данной фазе решения имеют место, если оно не достигается на первом и втором этапах, соответственно.

Общий принцип, таким образом, состоит в том, что в начале должны использоваться более репродуктивные и определенные по механизму приемы, а затем — более продуктивные и неопределенные (по структуре и вероятности наведения на правильное решение) эвристические приемы. Обоснованием выдвижения указанного принципа мы считаем то обстоятельство, что, во-первых, многие задачи решаются только с применением репродуктивных приемов, и поэтому эти приемы должны быть опробованы в начале поиска, а, во-вторых, в начале решения желательно и эффективней действовать в более определенных направлениях, что характерно для репродуктивных приемов. Только после того, как их применение не привело к решению задачи, можно переходить к попыткам использования продуктивных эвристических приемов. При этом даже если применение репродуктивных эвристических приемов не привело к решению задачи, то все равно проведенная с их помощью работа не проходит вхолостую. После их применения, как правило, возникают дополнительные знания о явлениях задачи, которые являются полезными для последующего поиска решения.

На основе проведенного выше анализа и систематизации приемов по семействам и внутри семейств по характеру их репродуктивности (продуктивности), мы можем теперь осуществить разработку группы приемов решения задач применительно к фазам их решения на базе предложенных критериев. Какие же приемы должны входить в состав каждой из трех фаз при указанном понимании их содержания и назначения?

В состав первой фазы процесса решения — анализа условий задачи — мы включаем такие операции, как выделение в ней данного (известного) и искомого (неизвестного), отнесение данного и искомого к объектам или процессам, фиксацию известных и неизвестных характеристик объектов и процессов в условии задачи (качественных и количественных свойств, структуры, функции, связей и отношений, установление основного конфликта задачи,

первичного моделирования условий). Все эти приемы представляют собой действия анализа и констатации характеристик явлений как явлений предметной области задачи и ее компонентов. Эти действия осуществляются как подведение под понятия, задающие различные виды явлений и их характеристики. Они не дают содержательно новой информации о явлениях задачи, а позволяют лишь четко зафиксировать данное и искомое, и их явные, задаваемые формулировкой задачи, характеристики в полном и систематическом виде.

Рассмотрим теперь состав эвристических приемов на второй фазе процесса решения задачи — фазе поиска решения. На первом этапе второй фазы должны применяться дедуктивные выводные приемы из семейства доопределения условий, такие как развертывание характеристик объектов и процессов по их определениям, выведение следствий о других, не данных прямо характеристиках явлений из данных известных (движение от конца к началу и обратно, подведение под логические и диалектические категории, резонанс), сближение данных и требований задачи, повторное моделирование по результатам действий первого этапа. Все это предваряется вспомогательным приемом понижения уровня возбуждения и уверенности в себе.

На втором этапе второй фазы процесса решения следует переходить к использованию менее репродуктивных эвристических приемов с нарастанием степени их эвристичности одновременно. К ним относятся репродуктивные приемы повышения уровня уверенности в себе, поиска сходной задачи, определения области поиска, приемы семейства вживания в образ явлений задачи, разбиения задачи на части — в соответствующем порядке.

Многие из указанных приемов являются представителями семейств приемов и могут заменяться другими приемами соответствующего семейства или использоваться вместе с ними в гибком порядке. Например, не обязательно сначала искать известную общую задачу, а потом частную и так далее. Надо пытаться привлечь любые сходные задачи, и чем больше — тем лучше.

На третьем этапе второй фазы применяются продуктивные приемы и их семейства: обобщение и конкретизация задачи, переструктурирование явлений задачи, формулирование и решение обратной задачи, выдвижение любых гипотез, переключение на другие проблемы. Второй и третий этапы поиска решения могут предваряться вспомогательным приемом повышения уровня мотивации и уверенности в себе.

Третья фаза решения — проверка и анализ гипотез. Проверка дает возможность установить реализуемость или нереализуемость гипотез. Анализ гипотез включает осуществление выделения

оснований гипотезы, установление достоинств и недостатков предлагаемого решения в случае реализуемости гипотезы, решение о ее принятии или отвергании. Для нереализуемых гипотез устанавливаются причины нереализуемости и фиксируется их характер (явность, тривиальность, очевидность или нет). Если анализируются несколько гипотез, то проводится выделение доминирующих идей и наведений, то есть привнесенных решающим лишним условий и допущений.

Третья фаза решения задач включается не обязательно после третьего этапа второй фазы. Гипотезы о возможном способе решения могут появиться и после второго этапа второй фазы поиска (иногда даже после первого этапа второй фазы). Если гипотезы появились, то они фиксируются и затем осуществляется их проверка и анализ на любом шаге решения. Иными словами, приемы третьей фазы решения — проверки и анализа гипотез — выполняются по мере их появления параллельно с приемами поиска решения любого этапа.

Так, например, если после применения приемов второго этапа поиска гипотезы не появились, то следует переходить к приемам третьего этапа фазы поиска. Если же в результате использования приемов второго этапа поиска появились гипотезы о возможных путях решения задачи, то необходимо произвести их проверку. При положительном результате проверки, то есть при наличии гипотезы, приводящей к решению задачи, процесс заканчивается. Если же при проверке ни одна из гипотез не оказалась подходящей, то осуществляется их анализ на обоснованность, достоинства и недостатки и др.

После этого включаются приемы третьего этапа фазы поиска, и найденные гипотезы снова проверяются, анализируются при их непригодности, а затем можно снова начинать решение с любого этапа фазы поиска, сразу или после некоторого отдыха.

§ 3. Разработка общей ориентировки в решении задач

Общая ориентировка в задачах, их свойствах, структуре, решении является одним из важнейших факторов обучения решению задач. По нашему мнению, общая ориентировка в задачах должна включать знания: о видах задач, структуре задач, их компонентах, о фазах решения задач и об общих механизмах решения на каждой фазе.

По каждому из указанных знаний в работах имеются определенные данные, которые, однако, нуждаются в уточнении и дополнительной разработке, что мы и попытаемся сделать в данном параграфе.

Различными исследователями (Адамар, Пойа, Саймон, Де Боно, Ковингтон, Хайес, Альтшуллер, Гурова, Кулюткин, Калошина, Лернер, Матюшкин, Фридман и др.) выделяются многочисленные основания классификации задач, подразделения их на виды и типы. Наиболее распространенными являются такие основания, как виды искомого, логическая правильность, степень определенности, уровень обобщенности, полнота постановки, количество возможных решений, предметная область, уровень абстрактности, субъективной трудности, механизмы решения и некоторые другие. Вероятно, в принципе знание решающим многих из отмеченных видов и типов задач может быть полезным для поисков решений, но, по-видимому, обеспечить это знание "по максимуму" нереально в практическом обучении. Поэтому необходимо выбрать наиболее значимые характеристики задач и их видов в ограниченном и доступном для широкого обучения объеме.

С нашей точки зрения, Важным и полезным для решения задач в первую очередь являются их типы по видам искомого и по механизмам решения. Имеется целый ряд классификаций задач по видам искомого в них.

Так, Ж.Адамар /1/ разделяет задачи на научные и изобретательские. В задачах на научное открытие искомым является научное знание об объектах и процессах природы и общества, а в изобретательских — знание об искусственных объектах и процессах, способах их создания и использования. При этом Адамар утверждает, что это различие не абсолютно и что в математике, по-видимому, предпочтительнее говорить об изобретении.

Д.Пойа /2,2/ подразделяет задачи (правда, только в математике) на два класса — задачи на нахождение и доказательство, не рассматривая при этом вопроса о том, являются ли они видами открытия или изобретения, или представляют собой и то, и другое. Конечной целью задач на нахождение является получение, построение, проведение, отождествление, перечисление некоторого объекта определенного класса с определенными свойствами. Конечной целью задач на доказательство является установление правильности или ложности некоторого утверждения.

Фридман /34, 35/ — также в математике — выделяет уже три вида задач: на нахождение искомого, на доказательство (или объяснение) и на преобразование (или построение). В задачах на нахождение искомого специально выделяется тип задач на опознавание (т.е. нахождение признаков объектов или отнесение их к какому-то классу). В сравнении с классификацией Пойа, у Фридмана задачи на нахождение (по Пойа) разделены на задачи на нахождение и задачи на преобразование и построение.

Кулюткин /15/ задачи любой области знания подразделяет

на три вида — задачи на распознавание, на конструирование и на объяснение (на доказательство). Здесь задачи на распознавание понимаются как задачи на нахождение (по Пойа). Задачи на объяснение делятся сами на три подвида — объяснение через структуру, объяснение через функцию и выведение из теоретических соотношений (доказательство в математике).

А.М.Матюшкин /18/ классифицирует искомое в задаче (и на этом основании сами задачи), исходя из того, каким компонентом в деятельности является искомое. Оно может быть целью (предметом) действия или способом действия, или условиями действия.

И.П.Калошина, считая, что у А.М.Матюшкина представлены не все компоненты деятельности, добавляет сюда виды задач, у которых искомыми являются орудия и продукт деятельности /16, с. 99/.

С нашей точки зрения, во всех приведенных выше попытках классификации задач недостаточно четко представлена общая схема познавательного процесса в научной и практической деятельности; не выделены типы задач по этапам познания, а установленные типы, соответственно, не соотнесены с этими этапами.

Решающему полезно знать, что задачи на открытие и на изобретение являются этапами познавательно-преобразовательной деятельности. Задачи на открытие — это научно-исследовательские познавательные задачи. На основе решения этих задач и получения научных знаний возможно далее решать задачи на изобретение (шире — все практические задачи) новых конструкций машин как средств деятельности, способов практической деятельности (производства предметов, эксплуатации машин, управления, обучения, лечения и тому подобное).

Мы придерживаемся точки зрения, согласно которой в общем виде процесс познания в науке имеет четыре этапа: 1) выявление эмпирических характеристик единичных объектов и процессов, 2) обобщение и классификация этих характеристик, 3) поиск объяснительных принципов (сущности, причин), 4) выведение известных и предсказание новых характеристик явлений. Любая конкретная научная задача будет относиться к какому-нибудь одному (или нескольким сразу) из перечисленных этапов познавательной научной деятельности.

Видами задач на эмпирическое описание явлений действительности являются выделение характеристик объектов и процессов, обобщение этих характеристик, их классификация и систематизация. Типы задач на поиск объяснительных принципов выделяются по видам объяснений — оттрибутивные, структурные, функциональные, генетические через наблюдаемые или гипотетически существующие свойства, структуры, функции, генез.

Все широко рассматриваемые исследователями задачи на преобразование, на построение, на доказательство, на нахождение и опознание объектов заданного вида с заданными характеристиками являются видами задач четвертого этапа познания — выведения характеристик явлений из их сущности. Так, когда говорят о нахождении, то имеют в виду выявление конкретных неизвестных характеристик явлений путем их выведения из имеющихся знаний об их основаниях.

Говоря о доказательстве, имеют в виду задачу на установление связи некоторого известного свойства с каким-то объектом, выведение некоторого известного свойства некоторого объекта из других его свойств и общих свойств объектов данного класса, установленных ранее или постулируемых в качестве аксиом. При этом полезно знать, что в математике, как и в любой другой науке, есть и другие три этапа исследования. Можно считать, что первые два этапа в ней касаются выделения общих количественных характеристик объектов, их классификаций, систематизации и тому подобное. Третий этап — поиск объяснительных принципов — в математике заключается в установлении постулатов, аксиом о количественных свойствах объектов, из которых затем выводятся другие их свойства в задачах на доказательства теорем. Отсюда следует, что в математике, также как и в любой другой науке, все задачи — это задачи на открытие, а не на изобретение.

Все сказанное о задачах на нахождение объекта относится и к задачам на опознание (по Кулюткину) как к тем же самым в принципе. Задачи на опознание (по Фридману) есть разновидность задач на нахождение искомого объекта и поэтому также являются задачами на выведение свойств конкретных объектов и процессов из общих свойств.

Конструктивная задача решается на основе научных знаний, но ее целью является разработка искусственных объектов и процессов с заданными свойствами для выполнения определенных функций путем нахождения сочетаний естественных, установленных в науке характеристик объектов и процессов, которые позволяют человеку достичь с их помощью определенных целей. В принципе, изобретение и конструирование являются разновидностью четвертого этапа познавательной деятельности — выводением и предсказанием характеристик явлений в сочетаниях различных условий (т.е. комплексных характеристик). Поэтому, граница между конструктивными задачами и научными задачами четвертого этапа не очень четкая и абсолютная, но она все-таки есть.

Для решения задач полезно также знать, что они могут быть репродуктивными (типовыми, стандартными) и творческими (про-

дуктивными). Проблема различия творческих и нетворческих задач посвящено большое количество исследований / 1, 2, 5, 7, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 32, 33 и др./.

Вначале репродуктивные и творческие задачи различались только по критерию новизны получаемых знаний. Если в результате решения задач получаются новые знания — задача творческая, а если знания неновые, то — нетворческая, репродуктивная.

Затем, однако, были поставлены вопросы: "Что значит новое знание?", "Новое знание для кого? — субъекта или общества в целом?", "Является ли новым знание, полученное путем логического вывода из известных знаний, хотя оно не существовало в опыте субъекта или общества?" и т.п. При ответах на эти вопросы делались попытки дать более точное определение творческих задач в отличие от репродуктивных. Эти попытки продолжаются до сих пор и единого общепринятого определения творческих и нетворческих задач не выработано до настоящего времени.

Мы считаем что в конечном счете содержательно проблема состоит не в том, чтобы дать определение какому-нибудь возможному виду задач как творческим, определить их как задачи творческие, а в том, чтобы выделить возможные виды задач по некоторым важным признакам и их сочетаниям и учитывать их различия и сходства при решении теоретических и практических задач. Какой из этих видов задач будет назван творческим, а какой — нетворческим, в принципе, не очень важно. Это — терминологическая, номинационная проблема.

С нашей точки зрения, в рассмотрении задач и обучении их решению, важнейшими основаниями являются новизна для субъекта получаемого при решении знания и способ, механизм для получения. По этим основаниям можно выделить задачи, решение которых дает субъекту новые и неновые для него знания. Первые могут быть получены путем дедуктивного или индуктивного вывода из известных субъекту знаний либо путем поиска, методом подбора, проб, угадывания, догадки и тому подобное. Неновые знания получают путем их воспроизведения из памяти.

При решении реальных задач могут иметь место все три вида процессов — вывод, поиск, воспроизведение или только вывод и воспроизведение, или даже только воспроизведение без вывода и поиска. Задачи с элементами поиска принципиально отличны от задач без поиска, поскольку процесс поиска в чистом виде принципиально отличен от процессов воспроизведения и вывода. На этой основе можно выделить два различных типа задач — с наличием поисковых процессов и без них.

Именно задачи, при решении которых имеют место поисковые процессы (наряду с процессами выводными и воспроизводящими),

по нашему мнению, в конечном счете можно назвать собственно творческими — либо только с указанным набором признаков, либо с добавлением каких-нибудь других признаков. Задачи же, в решение которых не включаются поисковые процессы, будут автоматически называться нетворческими.

Можно, конечно, договориться называть творческими более широкий класс задач, решение которых дает новые знания любым путем — поисковым или выводным, — а репродуктивными назвать задачи, решение которых не дает нового знания. Но все равно в рамках творческих задач в этом случае придется выделить два принципиально различных вида задач — поисковых и выводных.

Можно предпринять и другой ход — назвать выводными не только дедуктивные и индуктивные логические операции, но и поисковые процессы проб, догадки и тому подобное. Так пытается действовать ряд исследователей". Однако, с нашей точки зрения, эти попытки носят лишь терминологический характер, поскольку при этом формально под общим названием объединяются разные виды общего рода, и поисковые процессы от такого объединения не становятся тождественными логическим операциям (дедуктивным и индуктивным), хотя и называются теперь одним общим термином — выводные и творческие.

Необходимо подчеркнуть, что все те, кто занимается изучением и формированием приемов решения поисковых задач имеют принципиально другой предмет исследования по сравнению с теми, кто занимается по существу анализом формально-логических операций. И включение поиска в класс выводных процессов, а выводных — в класс творческих, не может содержательно изменить этих различий. Разве что такая постановка вопроса позволила бы ученым, работающим с логическими операциями, считать себя также исследователями творческих процессов, если это им представляется более важным.

Третья попытка снять различие между творческими и нетворческими процессами состоит в утверждении их неразрывного единства в реальном решении задач /7, 20 и др./.

Действительно, как отмечалось выше, есть задачи, в процессе решения которых необходимо присутствуют в единстве поисковые, выводные и репродуктивные процессы. Однако далеко не все задачи таковы. Имеется множество задач, решаемых только на основе выводных и репродуктивных процессов, или даже лишь на основе репродуктивных процессов. Так что задачи первого вида, решение которых необходимо должно включать в себя поисковые процессы в единстве с выводными и репродуктивными, отличны от задач, решение которых предполагает реализацию только выводных и репродуктивных процессов. Это может служить основанием для

отнесения задач первого вида к творческим, а задач второго вида — к нетворческим.

В исследованиях мышления можно встретить большое разнообразие трактовок компонентного состава задач — как по содержанию выделяемых компонентов, так и по их качеству /7, 12, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 29, 33, 34 и др./. Различия в описании компонентов задачи определяются в первую очередь подходом к установлению оснований выделения компонентов. Чаще всего используются два частично пересекающиеся основания — "дано-требуется" и "известно-неизвестно". Соответственно, в качестве компонентов задачи выделяются данные — требования или известные-неизвестные. Здесь же часто встречается термин "условие", который обозначает либо данные, как один из компонентов задачи, либо данные и требования вместе.

Известным компонентом считаются такие характеристики объемов и процессов задачи, о которых имеются сведения в ее формулировке. Неизвестными являются характеристики объектов и процессов задачи, которые должны быть найдены в результате ее решения на основе их известных характеристик.

Помимо отмеченных компонентов задачи, ряд исследователей выделяет еще и такие компоненты, как искомое задачи /5, 16, 18, 32/, предметная область, отношения и операторы задачи /15, 20, 34/. Под искомым здесь имеются в виду неизвестные свойства и характеристики объектов и процессов, о которых прямо не говорится в задаче, но которые необходимо найти в дополнение к их известным характеристикам для получения основного неизвестного, представленного требованиями задачи. Правда, такая терминология не является общепринятой, и многие исследователи употребляют термин "искомое" как синоним термину "требование" /7, 15, 22, 34/. Тогда для обозначения дополнительных неизвестных характеристик объектов и процессов задачи употребляются другие термины. Например, Л.М.Фридман называет их вспомогательными неизвестными. Под предметной областью задачи он имеет в виду объекты действительности и их отношения, о которых говорится в формулировке задачи. Тогда операторами задачи Л.М.Фридман и другие авторы называют способ ее решения.

Не входя в подробное обсуждение достоинств и недостатков имеющихся описаний компонентного состава задач, мы отметим лишь, что каждое из них в отдельности неполно и нестрого, а многие довольно громоздки и не очень пригодны для использования при обучении решению задач. Для подтверждения сказанного приведем лишь отдельные примеры.

Так Л.М.Фридман выделяет четыре компонента задачи — предметная область, отношения, требования, оператор. Здесь

требования не могут рассматриваться как компонент наряду с указанными другими, поскольку требованием, так же как и данным, может быть конкретный представитель предметной области, отношений, операторов — то есть, других компонентов задачи по Л.М.Фридману. Требования являются лишь видом трех последних компонентов, выделенным на основании "что дано — что требуется". Это тем более выглядит противоречиво, если учесть, что данное, а также известное и неизвестное, самим Л.М.Фридманом правильно рассматриваются как виды предметной области и отношений (хотя это и неполно, так как операторы тоже могут быть даны, известны и неизвестны). Получается, что один член классификации по основанию "дано — требуется" является видом компонента задачи, а другой — самостоятельным компонентом. На наш взгляд, если представить это более строго, то предметную область, отношения и операторы вообще не следует считать компонентами задачи. Ими являются разновидности элементов предметной области, отношений и операторов (в более общем виде — разновидности объектов и процессов действительности), которые являются данными и требуемыми, известными и неизвестными в задаче.

Соотношение известного и неизвестного (искомого) с данным и требуемым также не всегда трактуется четко. В принципе мы присоединяемся к тем исследователям, которые различают требуемое и неизвестное (искомое) в задаче и считают, что они могут не совпадать, и что требуемое может быть известным и неизвестным. Правда, следует добавить, что неизвестное в требовании может быть представлено с различной полнотой. Так, например, в задаче требуется найти площадь треугольника, если неизвестна формула площади треугольника, тогда в требовании неизвестное представлено частично. Имеется в виду лишь конкретное значение площади, а поиск формулы не фиксируется в требовании. Если же в требовании задачи говорится и о том, что необходимо найти способ, формулу расчета площади любого треугольника, то неизвестное в этом случае будет представлено в требовании более полно.

Несовпадение — полное или частичное — требования задачи с неизвестными (искомыми) явлениями и их характеристиками служит очень важным моментом для проведения исходного анализа условий задачи, в результате которого должно быть установлено по ее формулировке то, что дано, что требуется, что неизвестно и что должно быть найдено для решения.

Решающему важно знать систему общих характеристик любых явлений, о которых может идти речь в задачах. Описание таких характеристик имеет разную полноту и строгость у исследователей,

рассматривавших этот вопрос /12, 15, 22, 34/. Наиболее полное описание характеристик явлений задач представлено у И.П.Калошиной /16/. Она все характеристики явлений называет структурными элементами и выделяет три их вида — субстациональные (реальные или идеальные предметы, из которых строится явление, его компоненты), атрибутивные (свойства явлений), операциональные (действия, которые структурируют явление). Затем выделяются четыре вида основных характеристик структурных элементов — номенклатура (виды элементов), количество элементов, содержание (свойства) элементов, взаимосвязи (группировки элементов и явлений), а также три вида вспомогательных характеристик — иерархия, состав структурных элементов и область расположения. В иерархии структурных элементов указываются три вида характеристик — отношения порождения элементов (порождающие и порождаемые), порядок появления (первичные и вторичные), обобщенность (отдельные свойства или комплексы свойств). По составу структурных элементов отмечается три вида элементов — простые, сложные и составные. Область расположения — научная дисциплина, в которой явление было выделено впервые.

Приведенное описание характеристик явлений, с нашей точки зрения, имеет некоторые недостатки. Так, на наш взгляд, не очень удачно все характеристики явлений называть структурными элементами. Более целесообразно считать, что явления обладают свойствами, структурой (компонентами и их связями), функциями. Иными словами, структурные элементы — это только часть видов характеристик явлений. Помимо этого имеются и свойства, и функции явлений (о которых И.П.Калошина вообще не упоминает), есть также другие их характеристики.

Среди всех встречающихся явлений, с нашей точки зрения, необходимо выделять объекты и процессы, причем и первые, и вторые следует рассматривать как обладающие определенными свойствами, структурой и функциями (шире — отношениями и связями), а не считать процессы операциональными характеристиками явлений. Описание вспомогательных характеристик представлено И.П.Калошиной также не очень четко. В отношении порождения имеются в виду просто уровни структурных элементов в составе объекта или процесса, и место элемента в иерархии этих уровней. Обобщенность элементов фиксирует фактически то обстоятельство, что свойства объектов и процессов в целом определяются их структурой. Состав же структурных элементов фактически дублирует характеристику отношения порождения, так как простые элементы — это по сути исходные элементы, а сложные и составные элементы — это промежуточные и конечные элементы. Область расположения является частной характеристи-

кой. Все отмеченные недостатки, на наш взгляд, затрудняют понимание описания общих характеристик явлений, составляющих материал любой задачи.

В связи с этим нами было разработано описание общих характеристик явлений с учетом всех отмеченных выше аспектов. Его содержание приводится в приложении. Это описание, по нашему мнению, является более полным, четким, компактным и больше отвечает общепринятым представлениям о видах явлений действительности и их характеристик.

§ 4. Разработка эвристического приема обобщения направлений поиска неизвестного

Основной трудностью в решении творческих задач является определение области нахождения неизвестного среди других областей или нахождение его в заданной области среди других объектов этой области, или и того и другого вместе.

Общим принципом преодоления этой трудности, согласно ряду исследователей, является, как мы видели, определение сначала широкой области поиска среди ряда других областей. Для этого выдвигаются гипотезы о границах возможных широких областей поиска. Затем каждая широкая область апробируется по одной-трем частным гипотезам внутри каждой области, отбрасываются неподходящие широкие гипотезы, и начинается поиск внутри каждой из выбранных областей. Здесь также возникает трудность в определении направления поиска внутри каждой из выбранных областей, которая часто преодолевается систематическим перебором.

Рассматриваемый прием основан на использовании, с одной стороны, приема движения от общей области (идеи) к частным, к конкретным областям, а с другой — приема всестороннего рассмотрения явлений на базе имеющихся знаний о них. Прием определения области поиска неизвестного обладает большим потенциалом, если его сделать более определенным и репродуктивным по составу.

Для этого данный прием, во-первых, должен быть представлен как компонент сознательного, рефлексивного поиска направлений обнаружения неизвестного. Субъект должен осознавать порядок действия — от поиска среди общих областей до поиска внутри общих областей, и осуществлять эти действия сознательно и целенаправленно.

Во-вторых, при привлечении знаний об объектах и процессах задач, для определения набора (выбора) широких возможных областей поиска и состава каждой области, решающий задачу

должен иметь какие-то более систематические ориентиры. Поскольку прием определения направления (области) поиска неизвестного предполагает определение области поиска среди других областей и подобластей (внутри области) по отношению к другим возможным подобластям, то для этого осуществляются попеременно две процедуры — определение возможных областей (подобластей разного порядка) поиска и выбор области (подобластей) поиска из возможных областей (подобластей). Каждая из этих процедур и должна получить отмеченные более определенные и систематические ориентиры для своего осуществления. В качестве таких ориентиров могут выступить категориальные представления об основных видах характеристик любых объектов и процессов, поэтому для выявления областей поиска этих характеристик можно воспользоваться знанием видов различных общих характеристик объектов и процессов независимо от их конкретного содержания.

Общие виды различных общих характеристик объектов и процессов репрезентируют общие виды областей их нахождения. Отсюда получается знание о том, что искомое в конечном счете является свойством, структурой или функцией объекта или процесса, задавая общие области их поиска. Знание о составе видов возможных свойств, компонентов, функций объектов и процессов в данной предметной области задает направление поиска в каждой общей области конкретных свойств, структуры, функции, которые могут привести к нахождению искомого задачи.

Помимо этого, важным знанием, определяющим и облегчающим выбор областей поиска (задаваемых общими характеристиками объектов и процессов) и выбор направления поиска' внутри некоторой области, является знание о связях и зависимостях общих характеристик объектов и процессов. Говоря предельно кратко, это знание состоит в следующем.

Качественные и количественные структурные свойства объектов и процессов зависят от их структуры. Функциональные свойства зависят от места объекта или процесса внутри какой-то системы, а также от структуры и атрибутивных свойств объектов и процессов. Кроме этого существует связь между характеристиками объектов и характеристиками процессов. Эта связь двусторонняя. Свойства, структура объекта могут порождаться, определяться структурой процесса, и, наоборот, структура процесса может определяться структурой объекта.

Указанные знания об общих взаимосвязях характеристик объектов и процессов позволяют выбирать направления поиска области нахождения искомых характеристик более систематично и последовательно. Так, например, если неизвестны характеристики

объекта и что-то сказано о процессе, связанном с ним, то сначала надо искать характеристики объекта в связи с данным процессом. Заметим, что это чаще всего структурные и функциональные характеристики объекта. Если же о процессе ничего не сказано, тогда надо искать свойства объекта по связям с его структурой или функцией, или наоборот. Иными словами, данные в задаче характеристики объектов общего вида являются основанием для поиска его характеристик того же или другого вида на базе связей этих характеристик.

То же самое относится к неизвестным характеристикам процессов. Так, если неизвестны характеристики процесса и что-то сказано об объектах, то надо выявлять свойства, структуру и функцию в связи с объектом, то есть надо искать возможные характеристики объекта (в дополнение к тем, которые заданы в его определении), порождаемого процессом, и отсюда затем следует искать характеристики последнего. Если об объектах в связи с искомым процессом ничего не сказано, то тогда надо искать неизвестные характеристики процесса через его известные характеристики, имея в виду их связи и зависимости. Так, длительность процесса можно определить по его составу, а иногда — наоборот.

На основе этих представлений мы разработали прием систематического определения области поиска неизвестных явлений задачи. Предписание к выполнению этого приема состоит в следующем:

1. Определить исходные возможности области поиска неизвестного по объектам и процессам задачи и по их характеристикам.
2. Выбрать область поиска из возможных по принадлежности искомого (неизвестного) к объекту или процессу.
3. Рассмотреть выбранную область поиска и выделить в ней возможные подобласти поиска для рассмотрения по характеристикам явлений.
4. Выбрать для рассмотрения характеристики из возможных в данной области или установить очередность их рассмотрения по взаимосвязям характеристик явлений.
5. Рассмотреть каждую из выбранных характеристик явлений задачи до нахождения характеристик, дающих ее решение.

Развернутое описание приема с примерами его использования в решении задач приведено в приложении.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ И СПОСОБОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

§ 1. Эффективность приемов включения в структуру процесса, определение области поиска, группы репродуктивных приемов и всей системы приемов

Разработанный нами обобщенный эвристически прием определения области поиска, сочетание приемов анализа условий задачи и поиска решения задачи и система эвристических приемов в целом были исследованы и апробированы на эффективность в трех сериях обучающих экспериментов и одной контрольной серии.

В первой серии испытуемые обучались использованию приемов анализа условий, доопределения условий и приему обобщенного определения области поиска решения. Во второй серии проводилось обучение приемам анализа и доопределения условий, а вместо приема определения области поиска вводилась группа эвристических приемов второго этапа второй фазы поиска решения.

В третьей серии испытуемые осваивали все указанные приемы вместе с продуктивными эвристическими приемами, т.е. всю систему приемов решения задач.

В каждой серии обучалась одна группа испытуемых, так что всего их было три. Количество испытуемых в каждой группе составляло 10 человек, это были студенты младших курсов московских вузов физико-технических специальностей. Все испытуемые предварительно проверялись на знакомство и умение решать четыре задачи, которые потом были предложены в контрольной серии эксперимента.

Все три серии были построены по единой методике. Группа испытуемых получала все необходимые знания о составе и способах осуществления приемов, их сочетаниях и системе с подробным разъяснением на примерах решения задач с их помощью. Затем каждый испытуемый решал четыре контрольные задачи. При этом мог пользоваться всеми предписаниями и знаниями по каждому приему, их сочетаниям и системе. В качестве контрольных задач использовались две задачи Дункера ("Х-лучи" и "Высоты") /15/, а также две задачи "на соображение" ("4 треугольника из шести спичек" и "12 ударов" /28, 38, 43/.

Испытуемые решали контрольные задачи совершенно самостоятельно без всяких наведений и подсказок со стороны эксперимен-

таторов. Длительность решения ограничивалась 50, 60, 10 и 30 минутами, соответственно.

Все применявшиеся в опытах знания о приемах, их сочетаний и системы, а также контрольные задачи и образцы протоколов их решения приведены в приложениях.

В соответствии с составом усваивавшихся в каждой серии приемов, задавалось содержание описаний для каждой серии.

В первой серии опытов предписания включали описание порядка выполнения приемов анализа условий задачи, приемов доопределения условий задачи и приема определения области поиска.

Во второй серии опытов учащиеся получали предписания к выполнению приемов анализа условий задачи, приемов доопределения условий и всех приемов 2-го этапа второй фазы поиска решения (кроме приема определения области поиска).

В третьей серии экспериментов испытуемые получали описание полной системы приемов решения задач — от анализа условий до набора продуктивных эвристических приемов.

Обучение испытуемых выполнению приемов на основании предписаний осуществлялось на занятиях продолжительностью полтора — два часа каждое. Количество обучающих занятий по каждой серии было следующим. Для группы испытуемых, участвовавших в первой серии эксперимента, было проведено два занятия, для испытуемых, участвовавших во второй серии — четыре. У группы испытуемых третьей серии, обучавшихся всей системе приемов, было 10 занятий. Участие в опытах мотивировалось результатом — совершенствованием умений решать продуктивные задачи, что, как выяснилось, является ценностью для многих учащихся естественно-научной и технической ориентации.

В четвертой серии те же четыре задачи решала контрольная группа испытуемых, не обучавшаяся никаким эвристическим приемам.

Приведенная схема обучения приемам решения задач во всех четырех сериях позволила выявить сравнительную эффективность использования приемов определения области поиска решения и набора традиционных эвристических приемов без приема определения области поиска. Схема также позволила выявить эффективность полной системы всех изучаемых приемов и их сочетаний.

Гипотезой при проведении всех серий опытов было предположение, что эффективность обобщенного приема определения области поиска решения может быть выше эффективности группы репродуктивных эвристических приемов, применяемых в решении задач.

Второй гипотезой было предположение о том, что разработанная нами система приемов, включающая как новые приемы, так и

набор известных приемов, отобранных и связанных в последовательность на основе принадлежности к семействам по типам содержания и по степени репродуктивности и определенности, будет достаточно эффективной в решении задач.

Результаты экспериментов и их обсуждение.

Результаты экспериментов по формированию умений применять эвристические приемы, их сочетания и систему приемов приведены в сводной таблице.

Количество решений задач по 4-м сериям

Серия	Задача					Всего	%
	"Х-лучи"	"Высоты"	"4 треугольника"	"12 ударов"			
1	2	2	4	3	И	27,5	
2	2	2	3	3	10	25	
3	3	2	5	6	16	40	
4	0	0	2	1	3	7,5	

Все приведенные данные по первой, второй и третьей сериям опытов свидетельствуют о следующем.

В первой серии опытов, где испытуемые пользовались приемом определения области поиска, и во второй серии, в которой испытуемые решали задачи с использованием группы эвристических приемов, были получены почти одинаковые результаты. Так в первой серии было получено 11 решений задач, а во второй — 10. И состав задач с успешным решением также почти одинаков: имеется по два решения задач "Х-лучи" и "Высоты", четыре и три решения (соответственно, по сериям) задачи "Четыре треугольника" и по три решения задачи "12 ударов".

Однако следует отметить, что в первой серии использовался только один прием, а во второй — целая группа. Это означает, что прием определения области поиска решения примерно равен по эффективности группе эвристических приемов.

По результатам, приведенным в таблицах исходных данных по каждой серии, можно также отметить, что в тех случаях, когда испытуемые решали по две задачи, они были часто тождественными по материалу. Так, если решалась задача "Высоты", то второй решенной задачей чаще всего была задача "4 треугольника", а если решалась задача "Х-лучи", то вслед за ней чаще решалась задача "12 ударов".

Результаты третьей серии опытов показывают, что полная система эвристических приемов, применявшаяся испытуемыми при

решении задач, позволила получить довольно большое количество решений — 40% , и это количество значительно выше, по сравнению с двумя предыдущими вариантами частичной реализации системы.

В целом, результаты этой серии, по нашему мнению, являются достаточно обнадеживающими в смысле эффективности обучения эвристическим приемам и их использования при решении продуктивных задач. Конечно, до 100% здесь далеко (если это вообще достижимо в принципе), но 40% решений по сравнению с 7,5% в контрольной группе — это, на наш взгляд, вполне ощутимый прирост.

Мы не ставим своей задачей сравнение эффективности разработанной системы приемов с системами, предлагающимися другими авторами, — прежде всего по причине отсутствия достаточных данных об эффективности системы других авторов. Нашей задачей было получить несколько более определенные данные на этот счет. Можно только отметить, что отдельные задачи решались нашими испытуемыми на основе полной системы приемов успешнее, чем у других авторов.

Результаты приведенного экспериментального исследования сравнительной эффективности приемов решения задач в целом подтвердили обе сформулированные гипотезы с тем уточнением, что прием определения области поиска решения примерно равен по эффективности группе других эвристических приемов, а не более эффективен их.

§ 2. Развитие продуктивных умений путем тренировки в решении задач

Для более полного выяснения роли и значения формирования эвристических приемов в деле развития творческих умений важным является получение данных о развитии этих умений на базе формирования эвристических приемов путем тренировки процесса в результате простого самостоятельного решения продуктивных задач.

Следует отметить, что несмотря на распространенное убеждение в большой эффективности обучения решению задач с применением эвристических приемов, повышения культуры решения задач и тому подобное, а также несмотря на наличие большого опыта в обучении с решением задач в ряде дисциплин (математике, физике), что указывает в какой-то мере на некоторый развивающий эффект такого обучения, хотя и достаточно скромный /34, с. 100/, более определенные данные об этом отсутствуют. Для того, чтобы хотя бы в минимальной степени восполнить этот пробел,

мы провели серию опытов, в которой группа испытуемых в количестве 12 человек (все — студенты технических вузов) на шести занятиях длительностью от одного до полутора часов занималась решением продуктивных задач по физике и математике, а также головоломок.

В группу были подобраны испытуемые, не решавшие задач контрольного замера предыдущих серий ("Х-лучи", "Высоты" и другие). Общее время решения задач в этой серии опытов было меньше времени занятий с испытуемыми, проходившими обучение по полной эвристической программе, но примерно вдвое превышало время собственно решения тренировочных задач этой группой испытуемых. Напомним, что испытуемые в группе, обучающиеся по полной эвристической программе, большую часть времени занимались разбором содержания самих эвристических приемов и примеров задач, поясняющих эти приемы. Собственно решением задач с использованием эвристических приемов испытуемые этой группы занимались (из примерного общего времени в 15-16 часов) около 3-х часов. Это было обусловлено тем, что мы не ставили себе задачи в формировании умений использовать систему эвристических приемов до умственного уровня. В связи с этим испытуемые основное время тратили на уяснение ориентировки в приемах и их системе и меньшее время на их отработку до материального уровня овладения с опорой на описание приемов. В контрольной серии проверялось усвоение приемов с использованием их описаний.

В группе испытуемых, решавших задачи, каждый в конечном счете получал знания о принципе их решения от экспериментатора, если не мог решить задачи сам. Ни о каких приемах решения задач им не сообщалось. После шести занятий такого рода каждый испытуемый получал для решения четыре контрольные задачи, которые он не мог решить в констатирующей серии. Полученные результаты показывают, что простая тренировка в решении продуктивных задач с обратной связью дает определенное улучшение в умении решать продуктивные задачи, но оно примерно равно повышению успешности их решения, достигаемому при использовании отдельных эвристических приемов анализа и доопределения условий совместно с приемом систематического поиска области нахождения искомого. Однако обучение указанным приемам было примерно втрое меньшим по длительности.

По сравнению с результатами решения контрольных задач испытуемыми, использовавшими всю систему приемов, успешность решения задач испытуемыми, проходившими только тренировку в их решении, примерно вдвое ниже (даже если принять, что время, затрачиваемое на упражнения в решении задач, в обеих группах

было примерно одинаковым). Указанные результаты подтверждают гипотезу о том, что обучение эвристическим приемам более существенно улучшает умения решать продуктивные задачи, чем простая тренировка в их решении.

§ 3. Изучение возможности и сравнительной эффективности рефлексивного и нерефлексивного формирования эвристических приемов

Проблема.

В обучении использованию эвристических приемов, как и в любом другом обучении, стоит вопрос не только о том, чему учить (в нашем случае — каким приемам и каким их сочетаниям), но и как учить (в нашем случае — как учить отобранным эвристическим приемам). В вопросе о том, "как учить" — вообще — и "как учить эвристическим приемам" — в частности — имеется очень много аспектов. Нас в данном случае интересует один из них, а именно: возможность и эффективность осознанного, рефлексивного овладения приемами — по сравнению с неосознанным, нерефлексивным овладением ими в упражнениях без предварительной обобщенной и сознательной ориентировки в их составе и назначении.

В области обучения эвристическим приемам осуществляются попытки применить как первую, так и вторую стратегию. При этом в отношении к обоим возможностям наблюдаются различные позиции. Авторы, проводящие обучение эвристическим приемам на основе осознанной, рефлексивной ориентировки в них, считают возможность такого обучения само собой разумеющейся и не сомневаются в ней. Они не сомневаются также и в том, что это (т.е. их путь) есть наиболее эффективный путь обучения приемам, обходясь без специального обоснования своей позиции. Другие авторы, также без особых обоснований, выбирают метод нерефлексивного обучения эвристическим приемам. Но есть еще группа авторов, которые специально обсуждают вопрос об эффективности того или иного способа обучения. Главным образом к этой группе относятся сторонники нерефлексивного обучения, сомневающиеся в возможности и эффективности сознательного и обобщенного формирования Эвристических приемов.*

Из зарубежных авторов нерефлексивное обучение эвристиче-

* Правда, при этом не всегда достаточно четко различаются сознательность и обобщенность, а это несовпадающие характеристики усвоения. Сознательное или несознательное овладение приемами может происходить независимо от степени их обобщенности и наоборот. Здесь мы рассматриваем только проблемы сознательного или несознательного овладения эвристическими приемами.

ским приемам без обсуждения вопроса о возможности и эффективности рефлексивного обучения осуществлял М.Рубинштейн /57/, частично также М.К.Ковингтон /43/.

Из советских авторов в значительной степени подобным образом работал Ю.Н.Кулюткин и его сотрудники, насколько можно судить по публикациям их работ /15/.

Суть методики Кулюткина заключается в том, что преподаватель (экспериментатор) осуществляет проблемное объяснение сути решения одного варианта задачи по шагам, применяя при этом необходимые эвристические приемы, но не давая их обобщенного описания и не выделяя их из "ткани" конкретного материала задачи. Затем учащиеся решают вторые и третьи варианты задачи с постепенно убывающим наведением, заключающимся в помощи и участии преподавателя в реализации эвристических приемов. Далее дается четвертый вариант (или пятый и шестой варианты) задачи, которые учащиеся решают — как зачетные — самостоятельно.

Успешное решение зачетной задачи рассматривается как перенос усвоенных в решении предыдущих задач эвристических приемов.

Однако здесь можно поставить некоторые вопросы. Во-первых, может быть, для более уверенной проверки эффективности переноса усваиваемых эвристических приемов необходимо давать другие типы задач, в частности, для выяснения, насколько будет успешным перенос в этом случае. Во-вторых, может быть, рефлексивное обучение эвристическим приемам с осознанием их содержания обеспечит более успешный перенос, в том числе и на задачи других типов.

Сам Ю.Н.Кулюткин отмечает, "...что перенос отдельных эвристических методов и приемов, имеющих значение лишь в контексте данного содержания, может быть расценен как достаточно показательный лишь для первоначального экспериментального вывода об эффективности обучающих программ описанного здесь типа. Нужно, однако, дать себе ясный отчет в том, что становление общего подхода к решению нестандартных задач может быть итогом только всего обучения в целом" /15, с.214-215/.

Понятно, что "обучение в целом" как многолетний опыт нерефлексивного применения эвристических приемов может дать довольно большой эффект. Однако известно также, что осознание содержания действий при их усвоении повышает в большинстве случаев эффективность овладения ими, и есть все основания предположить, что это будет иметь место и в обучении эвристическим приемам. По крайней мере, оба способа надо проверить и сопоставить в более строгих экспериментальных условиях, чем это до сих пор было сделано.

Проблему рефлексивного и нерефлексивного усвоения эвристических приемов специально обсуждает Л.Л.Гурова. Она считает, что эвристические приемы не могут формироваться непосредственно в прямом обучении этим приемам, а могут быть сформированы только опосредованно, в деятельности. "Структура эвристических процессов не может формироваться непосредственно, путем обучения операциям и приемам деятельности" /7, с.289/. Такое обучение необходимо, когда ставится цель сформировать формальные, алгоритмические процессы "... Но собственно продуктивные компоненты мышления формируются опосредованным путем, в процессе той информационной деятельности, которая обеспечивает функционирование и развитие их специфического языка" /7, с.289/.*

В своих экспериментах Л.Л.Гурова проводила формирование у учащихся двух основных, с ее точки зрения, эвристических приемов — приема работы в неформальном языке образно-содержательных операций над объектом задачи и приема выдвижения гипотез, устанавливающих сначала широкую, а затем — узкую область поиска. Обучение проводилось на материале задач по аналитической геометрии, для которых неформальным языком является пространственное представление объектов в трех измерениях, а гипотезы касаются взаимоотношений элементов и характеристик объектов, как простых, так и сложных (точек, линий, поверхностей и т.п.).

Л.Л.Гурова провела две большие серии формирующих экспериментов с несколькими подсериями в каждой. В первой серии оба эвристических приема формировались в некоторой степени по отдельности, а во второй серии — вместе и в единстве. Суть методики формирования в обеих сериях заключалась в том, что учащиеся получали проградуированные по сложности серии задач и так называемые эвристические программы, схемы, предписания к их решению. Данные предписания содержали указания на выполнение некоторых действий по материалу задачи и вопросы, наводящие решающего на выполнение элементов формируемых приемов. Постановка таких вопросов не является жесткой регламентацией мыслительных действий, так как не определяет операции, которыми можно получить требуемый ответ, и не предусматривает языка, в котором могут быть

* Конечно, можно думать, что непосредственное опосредованное формирование — это не то же самое, что осознаваемое (рефлексивное) и неосознаваемое (нерефлексивное) формирование. Однако анализ опытов по формированию эвристических приемов, проводившихся Л.Л.Гуровой, показывает, что под опосредованным обучением имеется в виду обучение без осознания состава и содержания эвристических приемов, которые усваивались учащимися (хотя, может быть, в дополнение к этому добавляется еще что-то, что явно не указывается).

выражены эти операции в реальном мыслительном процессе /7, с.271/.

В результате проведения обучения по такой методике были до некоторой степени усвоены формировавшиеся приемы, получено определенное улучшение в решении задач у испытуемых экспериментальных групп по сравнению с испытуемыми контрольных групп. На этом основании Л.Л.Гурова делает такой общий вывод: "... программирование в обучении эвристическим процессам, как компонентам творческого мышления, возможно. Оно осуществляется не путем "введения" в мышление определенных эвристик ..., а на основе формирования специфического языка и структуры этих процессов" /7, с.289/. Если считать, что здесь речь идет не о прямом осознанном усвоении эвристик, а о формировании специфического языка и структуры этих процессов как о непрямом нерелексивном усвоении эвристик, то для второй части приведенного вывода, по нашему мнению, достаточных оснований нет. Чтобы считать, что приемы усваиваются несознательно, а опосредованно, неосознаваемо, необходимо провести формирование обоими способами, а не одним каким-либо из них. Но этого в работе Л.Л.Гуровой не было сделано так же, как и в исследовании Ю.Н.Кулюткина и в работах других авторов, осуществлявших обучение эвристическим приемам тем или иным способом. Выбор этих способов пока остается делом "вкуса" авторов. Причем сторонников как релексивного, так и нерелексивного обучения эвристическим приемам достаточно много.

В связи со сказанным, имеется необходимость в осуществлении экспериментальной проверки возможности и сравнительной эффективности формирования эвристических приемов через осознание и обобщение их общего содержания и без осознания его, а только через употребление в деятельности.

Мы предприняли попытку провести такое экспериментальное изучение двух путей формирования эвристических приемов. Рассмотрим описание этого исследования и его результатов.

Методика проведенных экспериментов состояла в следующем.

Сначала одна группа учащихся (девять человек) обучалась решению физической задачи на эффект Доплера полностью по методике Ю.Н.Кулюткина, а вторая группа учащихся (семь человек) обучалась решению задач на определение общего члена последовательности (также по методике Ю. Н. Кулюткина).

Условия обеих задач были следующими.

1. "Источник звука (паровоз) передает свои колебания воздуху, где они распространяются со скоростью "С" (скорость звука равна 340 м/сек). Сам источник движется с какой-то скоростью "V"

(например, 40 м/сек). Наблюдатель воспринимает звук. Вопрос: какую высоту воспринимает наблюдатель — ту же, что передает источник, или какую-то измененную высоту? (Варианты: P_1 — наблюдатель неподвижен, источник звука движется в сторону наблюдателя; P_2 — источник звука неподвижен, наблюдатель приближается к нему с некоторой скоростью; P_3 — наблюдатель удаляется в сторону, противоположную от источника звука, источник звука неподвижен; P_4 — наблюдатель неподвижен, источник звука движется в сторону, противоположную от наблюдателя).

2. Даны последовательности (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5). Требуется составить формулу общего члена последовательностей, т.е. выразить величину любого члена последовательности a_n через его натуральный номер (через " n ", где " n " = 1, 2, 3 ...).

P_1 : 0, 3, 6, 9 ...

P_2 : $1/2, 1/4, 1/6, 1/8$...

P_3 : 1, $3/5, 4/10, 5/17$...

P_4 : $1/6, -1/7, 1/8, -1/9$...

P_5 : $-1/13, +4/14, -9/15, +1$...

Учащимся предлагался первый вариант задачи (наблюдатель неподвижен, источник звука движется навстречу наблюдателю), и они решили его с использованием эвристических приемов аналогии, редукции факторов, фиксации вспомогательного множества, пересечения этого множества, эвристических крайних случаев. Эти приемы вводились экспериментатором последовательно по ходу решения задачи и применительно к ее конкретной ситуации. Подробное описание методики приведено в работе Ю.Н.Кулюткина /15, с.185-195/.

После успешного решения первого варианта задачи учащимся предлагалось решить второй и третий варианты этой же задачи ("источник света неподвижен, наблюдатель приближается к нему" — второй вариант, и "источник света неподвижен, а наблюдатель удаляется от него" — третий вариант).

При решении этих вариантов задачи учащиеся также должны были пользоваться приемами, которые они применяли при решении первого варианта задачи и которые снова вводились экспериментатором, но уже не столь развернуто.

Наконец, после решения второго и третьего вариантов задачи учащимся предлагалось решить полностью самостоятельно четвертый вариант той же задачи ("наблюдатель неподвижен, источник звука удаляется от него").

В этой завершающей части опыта, выполняемого по методике

Ю.Н.Кулюткина (группа с контрольной функцией), мы получили результаты, не полностью совпадающие с результатами Ю.Н.Кулюткина. По его данным, "последнюю (проверочную) физическую задачу все учащиеся решили правильно, и главное, с использованием ранее описанных эвристических приемов" /15, с.213/.

В наших опытах из девяти учащихся пять человек пытались решить задачу чисто формальным комбинаторным путем; они брали три формулы зависимости частоты звука, воспринимаемой наблюдателем (f_n) от частоты звука, производимого источником (f_i) и относительных скоростей движения звука (C) и источника или наблюдателя (V), которые были получены ранее для каждого из трех предыдущих вариантов задачи, а именно:

$$1) f_n = f_i \frac{C}{C - V};$$

$$2) f_n = f_i \frac{C + V}{C};$$

$$3) f_n = f_i \frac{C}{C + V}$$

Сопоставляя эти формулы, учащиеся находили вид четвертой формулы для четвертого варианта задачи, исходя из комбинаторно необходимого — в данном случае четвертого — сочетания соотношений "C" и "V". Так как ранее имели место сочетания величин:

$\frac{C}{C - V}$, $\frac{C}{C + V}$ и $\frac{C + V}{C}$ — остается лишь выражение $\frac{C - V}{C}$. Вся формула (решение задачи) принимает следующий вид:

$f_n = f_i \frac{C - V}{C}$. Разумеется, экспериментатор пресекал попытки такого решения, но стремление к их осуществлению все же было у половины испытуемых первой группы.

Отмеченный факт уже указывает в какой-то мере на то, что эвристические приемы, применявшиеся в предыдущих вариантах задачи, не стали необходимым средством решения последнего варианта задачи (контрольной), не были перенесены на ее решение, хотя последний вариант задачи был совершенно аналогичен трем предшествовавшим вариантам.

Во второй группе испытуемые, решавшие задачу на определение общего члена последовательности, показали результаты, аналогичные данным Ю.Н.Кулюткина, как по решению первых трех вариантов задачи, так и по решению контрольного варианта задачи.

Следующим нашим шагом была проверка переноса эвристических приемов с решения задач одного типа на решение задач другого типа, здесь мы получили следующие данные. Из девяти учащихся, осваивавших эвристические приемы на материале задач по физике, восемь человек почти сразу после первых попыток отказались выполнить требование на использование приемов решения физической задачи при решении задач на нахождение общего члена последовательности, заявив, что это требование "несуразное", "невозможное", "невыполнимое" и т.п., поскольку задачи на последовательности — это совершенно другие задачи и в них нет ничего общего с задачами физическими, которые они решали до этого; для задач же по последовательностям должны быть найдены свои, нужные для их решения приемы. Лишь один учащийся из этой группы, хотя также вначале был несколько смущен требованием использовать приемы, использовавшиеся для решения физической задачи при решении задачи математической, тем не менее не отказался сразу попытаться это сделать. "Я чувствую смутно, — говорил он, — что в решении задачи на частоту звука, воспринимаемом наблюдателем при движущемся источнике или при движении самого наблюдателя, есть какие-то общие приемы решения разных задач, но какие? Вот, может быть, разбор условий на сходных случаях, когда мы паровоз и его гудок заменяем на автомат, кладущий шары на бегущую ленту? Но я не вижу, как это можно применить для задачи на общий член последовательности. А ... вот, наверное, надо что-то упростить. Но что? Буду думать".

Здесь, как мы видим, учащийся действительно что-то смог нащупать, осознать и обобщить сам. Но очень "смутно" и несовершенно, и всего лишь один испытуемый из девяти. Поэтому можно считать, что при имевшем место в рассматриваемой методике нерелексивном усвоении эвристических приемов на задачах одного типа их перенос на задачи другого типа сильно затруднен и у большинства испытуемых сознательно не происходит.

Когда экспериментатор предложил испытуемым решить задачу на поиск общего члена последовательности, как они сами смогут, без обязательного применения приемов решения задачи на воспринимаемую высоту звука при движущемся источнике или наблюдателе, результаты решения оказались следующими. Четверо испытуемых из девяти осуществили прием упрощения задачи, двое из них — неполно и неуверенно. Остальные пытались сопоставить три и больше члена последовательности, двое из четырех самостоятельно упростили задачу, и сами нашли ее решение. Иными словами, неосознаваемый перенос приемов, правда, весьма скромный, все же имел место.

Сходные данные в результате проверки переноса эвристических приемов на задачи разных типов были получены и в группе учащихся, осваивавших приемы на математических задачах (на поиске общего члена последовательности). Когда этим учащимся была предложена задача на эффект Доплера с просьбой решить ее с использованием приемов, применявшихся в задачах на последовательности, все семь испытуемых также заявили, что этого сделать нельзя и что они не знают, как можно применить приемы из задачи на последовательности для решения данной физической задачи. Ведь эти задачи совершенно различные, в одной задаче говорится про одно, а в другой — совершенно про другое. Вместе с тем, у двоих из семи испытуемых все-таки отказ не был совершенно решительным. Один из них сказал, что, конечно, можно "делать общие действия — сопоставления, пробы, поиск закономерности и проверку, которые входят в порядок составления формулы общего члена последовательности. Но ведь эти действия — разные, и для физической задачи они неизвестно какие".

Второй испытуемый после некоторого размышления спросил: "Может быть, вы имеете в виду такой прием, как упрощение задачи? При решении последовательности с дробями мы сначала рассматривали последовательность числителей, а потом — знаменателей. А что упрощает задачу здесь? Нет, я не знаю ... Наблюдателя, что ли, сначала рассматривать, а потом — паровоз? Ну, а как? Нет. Чего-то не могу придумать. А можно решать задачу эту без применения приемов для решения последовательности?" Когда экспериментатор разрешил учащимся пытаться решить задачу самостоятельно, то это были довольно хаотические попытки, и в них трудно было установить наличие эвристических приемов, применявшихся при решении математических задач.

Аналогичный характер решения демонстрировали и все другие испытуемые при инструкции решать задачу, как они смогут, без обязательного применения приемов, использовавшихся при решении задачи на последовательности. Более конкретно результаты переноса были такими. Первый прием самостоятельно применили двое испытуемых из семи, а второй и третий приемы применил один испытуемый. Таким образом, и в этом случае перенос эвристических приемов на задачи другого типа также оказался очень незначительным.

Целью следующего шага нашего исследования была попытка добиться у испытуемых обеих групп осознания и обобщения приемов, использовавшихся ими при решении первоначальных типов задач. Для этого учащимся обеих групп давалось общее описание приемов, применявшихся в решении их первой задачи с

пояснением указанного описания на материале этой задачи. В целом описание приемов было примерно следующим:

"В решении задачи на воспринимаемую высоту звука (а также при решении задачи на нахождение общего члена последовательности) мы пользовались по порядку тремя взаимосвязанными приемами. Сначала мы временно упрощали условия задачи, отбрасывая какие-нибудь условия, затем мы решали ее для этих упрощенных условий, а после этого снова вводили отброшенные условия и находили решение для исходных условий, по образцу решения упрощенных условий. Например, в задаче на воспринимаемую высоту звуков при движущемся источнике или наблюдателе (в разных направлениях) на модели этой ситуации в виде автомата, выбрасывающего шары на движущуюся мимо него и наблюдателя ленту, мы сначала упростили ситуацию — автомат стал рассматриваться стоящим на месте. Затем для этих условий мы получили, что за одну секунду автомат выбросит тридцать шаров на отрезок движущейся ленты длиной 340 м, если она движется со скоростью 340 м в секунду; неподвижный наблюдатель увидит за одну секунду тоже 30 м, так как лента движется мимо него с такой же скоростью, так что мимо него пройдет отрезок ленты длиной 340 м. Наконец, после этого мы ввели снова исходные условия — автомат движется в сторону наблюдателя со скоростью 40 м в секунду, и для этого условия получили, что автомат выбрасывает 30 шаров в секунду уже не на 340 м ленты, а на 300 м, так как сам проходит 40 м в секунду в том же направлении. Соответственно, на каждые десять метров ленты располагается по одному шару, а на 340 м, проходящих мимо наблюдателя в секунду, он увидит уже не тридцать, а тридцать четыре шара". В переводе на звуковые колебания наблюдатель услышит не 30, а 34 колебания в секунду, то есть звук, который будет слышать наблюдатель — выше звука, издаваемого источником. Так мы получили общее решение задачи и дальше вывели формулу, выражающую зависимость частоты от относительных скоростей для рассмотренного случая и трех других.

При осуществлении приема упрощения условий задачи надо, прежде всего, четко фиксировать все заданные условия. Затем можно решить вопрос о том, какое из условий лучше выбрать для временного отбрасывания и упрощения задачи таким образом.

Например, в нашей физической задаче перечень всех условий включает: 1) источник звука передает звуковые колебания определенной частоты (пусть 30 колебаний в секунду) воздуху; 2) эти колебания передаются по воздуху со скоростью 340 метров в секунду; 3) сам источник звука движется к наблюдателю с какой-то скоростью (пусть 40 метров в секунду); 4) наблюдатель неподвижен

и воспринимает звук какой-то частоты, т.е. с каким-то количеством колебаний в секунду. Вопрос: какова эта частота?

В переложении на модельные условия с аппаратом, выбрасывающим шары на ленту, эти условия будут такими: 1) есть аппарат, который выбрасывает шары на движущуюся ленту (по тридцать штук в секунду); 2) лента движется со скоростью 340 метров в секунду; 3) сам аппарат движется к наблюдателю со скоростью 340 метров в секунду; 4) наблюдатель неподвижен и воспринимает какое-то количество шаров на ленте за одну секунду. Вопрос: сколько шаров в секунду будет проходить мимо наблюдателя? (т.е. сколько шаров будет восприниматься им в секунду).

Теперь надо решить, какое условие надо отбросить. Если отбросить первое или второе условие, исчезает сама задача. Если отбросить третье условие, задача упрощается. Если отбросить четвертое условие, то задача, наоборот, усложняется. Если отбросить третье и четвертое условия вместе, задача останется почти той же самой, только вместо аппарата будет двигаться сам наблюдатель. Итак, для упрощения данной задачи нужно отбросить временно третье условие и считать, что аппарат также стоит на месте. Это, как Вы помните, было когда мы решали данную задачу вместе. Теперь Вам должно быть более ясно, почему мы так поступали.

Второй прием — решение упрощенной задачи может быть разным по сложности в задачах разных типов, но упрощенную задачу решать в любом случае легче. Для этого прежде всего надо попытаться, если это возможно, вывести все возможные шаги решения из получившихся упрощенных условий чисто логически, без действий наугад и подбора. Так, в нашей задаче это как раз возможно. Если аппарат стоит на месте и выбрасывает на ленту, движущуюся со скоростью 340 метров в секунду, 30 шаров в секунду, то они разместятся на отрезке ленты протяженностью в 340 метров, и мимо наблюдателя будут проходить за секунду те же 30 шаров.

Однако иногда бывает так, что чисто логически решение задачи, даже упрощенной, не получается и приходится действовать угадыванием и подбором. Мы познакомимся с такими задачами позднее.

Третий прием — введение снова отброшенного ранее условия и опять решение исходной задачи.

После решения упрощенной задачи решение исходной задачи только упрощается (облегчается). Появляется понимание принципа решения, которым можно воспользоваться при решении задачи в осложненных условиях при введении дополнительного условия (ранее отброшенного).

Так, в нашей задаче после ее решения при условии неподвижности аппарата стало ясно, что все зависит от того, сколько метров ленты проходит мимо наблюдателя в секунду (т.е. зависит от скорости ленты — скорости звука), и сколько шаров будет на этом отрезке ленты. При неподвижном аппарате и скорости движения ленты 340 м/сек на отрезке ленты длиной в 340 м шаров было столько, сколько их выбросил аппарат за секунду, т.е. 30. А если аппарат сам движется в сторону наблюдателя со скоростью 40 м/сек, то он будет выбрасывать 30 шаров в секунду уже не на 340 м ленты, а на 300 м ленты, т.е. более кучно. Так что каждые десять шаров будут приходиться уже не на 11 м ленты (примерно), как в первом случае при неподвижном аппарате, а на 10 м ленты. Отсюда, на отрезок ленты в 340 м будет приходиться уже не 30, а 34 шара.

Для решивших в качестве первой задачу на нахождение общего члена последовательности, обобщенное описание эвристических приемов пояснялось на примере этой задачи следующим образом:

"В решении задачи на нахождение общего члена последовательности, если вы помните, мы сначала упрощали задачу путем выбора из всей последовательности двух рядом стоящих членов и временно отбрасывали остальные члены последовательности. Затем осуществляли пробы и искали общую закономерность в связи величины члена последовательности с его номером, с тем, чтобы можно было выразить величину члена через его номер. Это мы делали применительно к одному члену последовательности и проверяли возможные варианты на другом члене последовательности. Когда удавалось найти закономерность на двух членах последовательности, мы возвращались ко всей последовательности и обобщали найденную на двух членах последовательности закономерность на любой другой член последовательности, и проверяли это обобщение на других конкретных ее членах. Так, для последовательности: $0, 3, 6, 9 \dots, a_n$ " мы сначала выбрали второй и третий члены, затем попробовали выразить величину второго члена последовательности (3) через его номер. В итоге мы выбрали такую закономерность: $3 = 2 \cdot 3 - 3$, т.е. величина каждого конкретного члена последовательности равна его номеру, умноженному на три и уменьшенному на тройку. Далее мы проверили найденную закономерность на третьем члене последовательности (6): $6 = 3 \cdot 3 - 3$ — получили верное равенство. Тогда мы вернулись ко всей последовательности и проверили на других членах найденную закономерность. Так, для первого члена последовательности (0): $0 = 1 \cdot 3 - 3$ — верное равенство, все правильно. Для четвертого члена последовательности (9): $9 = 4 \cdot 3 - 3$ — верное равенство, тоже все правильно. Таким образом, проверенная нами общая формула верна.

В отношении выполнения приемов упрощения, решения упрощенной задачи, решения исходной задачи учащимся также давались рекомендации, аналогичные тем, которые давались учащимся, решавшим физическую задачу. Им также объяснялось, что для выполнения приема упрощения условий необходимо четко и полно зафиксировать нужные условия. Учащимся показывалось на примере задачи на последовательность, как это делается. "В данной задаче, — объяснял экспериментатор, — исходными условиями являются: 1) величины нескольких идущих подряд членов некоторой последовательности чисел; 2) порядковые номера этих членов последовательности; 3) вопрос задачи: какова общая формула связи величины членов последовательности с порядковым номером?"

Затем учащимся давались разъяснения по выбору отбрасываемого условия для временного упрощения задачи. "Итак, мы перечислили основные условия задачи. Как их можно упростить? Какое условие — или его часть — следует отбросить? Если мы отбросим первое условие целиком или второе условие, исчезнет сама задача. Может быть, можно отбросить часть первого или второго условия? Но какие в них части? В первом условии говорится, что есть группа членов последовательности и есть отдельные ее члены. Что, если не брать сначала всю данную группу членов последовательности целиком, а взять лишь ее один или два члена, и для них найти формулу связи их величины с их порядковым номером? Тогда задача упростится. Как вы помните, именно так мы поступали, и теперь вам должно быть более ясно, почему мы так делали.

Второй прием — решение упрощенной задачи можно осуществлять либо путем логического вывода следствий, из условий определенной задачи, дающих ее решение, либо путем указания и подбора способа ее решения. В нашей задаче, как вы помните, мы осуществляли это именно путем подбора соотношения конкретной величины члена последовательности с его номером и проверяли затем эти соотношения на втором члене последовательности. Позже мы встретимся с задачами, в которых прием решения упрощенной задачи осуществляется не подбором, а логическим выводом, преимущественно.

Третий прием — возвращение к исходным условиям задачи и ее решение с этими условиями — осуществляется по образцу решения упрощенной задачи. В нашем случае мы, как вы помните, применяли общую для двух членов формулу к другим членам известной группы, и проверяли справедливость этой формулы на примере этих членов. Если формула годилась, мы обобщали ее на все возможные члены последовательности".

После приведенного выше объяснения состава эвристических

приемов в общем виде, применявшихся при решении каждой из двух задач, мы снова предложили учащимся попробовать решить вторую задачу (т.е. тем, кто решал физическую задачу — предложили решить математическую задачу, и наоборот) с использованием приемов, применявшихся при решении первой задачи.

На этот раз картина переноса довольно значительно изменилась. Ни один из учащихся обеих групп уже не отказался этого сделать и не утверждал, что это невозможно в принципе. Каждый испытуемый принял задание как вполне осмысленное, понятное, и приступил к его реализации. Но здесь, при реализации, результаты, конечно, были различными у разных испытуемых.

В первой группе из семи учащихся, проходивших проверку (двое членов этой группы решили задачу раньше), пятеро смогли самостоятельно сделать упрощение последовательности, а двоим потребовалась помощь.

Второй прием — решение упрощенной задачи — из семи учащихся самостоятельно реализовали четверо, причем они сами догадались, что в решаемой ими задаче — в отличие от их первой (физической) задачи — решение надо не выводить, а подбирать. Троице учащихся пришлось это подсказать, а также помочь осуществить подбор.

Третий прием — обобщение формулы и решение исходной задачи — все испытуемые осуществили успешно.

Во второй группе испытуемых, решавших в качестве второй задачу на воспринимаемую высоту звука, из шести человек, проходивших проверку (один испытуемый решал задачу раньше) пятеро осуществили прием упрощения задачи самостоятельно, а одному испытуемому была оказана помощь в реализации этого приема.

Второй прием был осуществлен самостоятельно четырьмя испытуемыми, а двоим потребовалась незначительная помощь.

Третий прием — решение исходной физической задачи — самостоятельно выполнили также четверо испытуемых из этой группы, двое других попросили помощи экспериментатора и после этого также успешно реализовали этот прием и решили задачу.

После проверки переноса учащиеся обеих групп решали несколько других вариантов своих вторых задач полностью самостоятельно и вполне успешно. Все испытуемые смогли реализовать сознательно эвристические приемы и решить другие варианты задач без помощи экспериментатора. При этом следует отметить, что время решения вариантов задач было несколько меньше, чем в опытах Ю.Н.Кулюткина.

После решения каждым испытуемым двух задач с их вариантами, — что, как указывалось выше, происходило с осознанием использовавшихся при этом эвристических приемов, — мы пред-

дожили всем 16 испытуемым решить третью задачу — геометрическую, а затем четвертую задачу, снова физическую (по электротехнике — на построение схемы выпрямителя на диодах).

Две последние задачи давались для того, чтобы выяснить характер влияния тренировки в решении задач различных типов на улучшение самостоятельного выполнения приемов. Давая вторую задачу, мы хотели получить данные о качестве усвоения эвристических приемов, их переносе после решения одной первой задачи. Теперь, давая третью и четвертую задачу, мы имели целью определить степень улучшения переноса приемов после решения двух или трех задач.

Условия задачи № 3: "Вписать в остроугольный треугольник квадрат".

Основная трудность задачи состоит в соотношении четвертой вершины квадрата с третьей стороной треугольника. Например, если произвольно выбрать на стороне AB точку "в", опустить перпендикуляр на сторону AC в точке "а", отложить на стороне "АС" отрезок "Аа", равный "ав", и так далее. Но как соотносить вершину квадрата "С" со стороной треугольника "BC"? Эта вершина должна находиться в какой-то точке на стороне "BC".

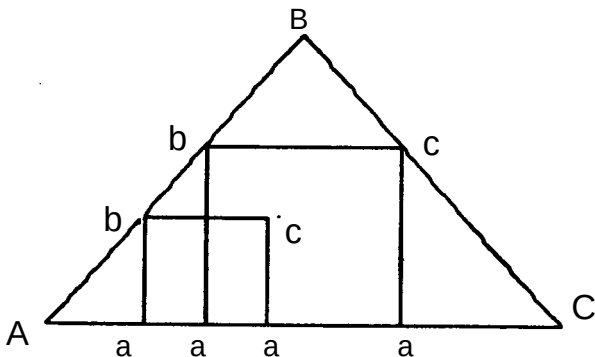


Рис.1. Основной вопрос задачи.

Решение задачи.

Прием 1. Упростим задачу, отбросим одно из условий: точка "С" может не лежать на стороне "BC".

Прием 2. Решим упрощенную задачу. Если четвертая вершина квадрата не должна обязательно находиться на третьей стороне треугольника, то можно вписать в этот треугольник много квадратов. Сделаем это. Заметим, что четвертые вершины квадратов лежат на одной прямой:

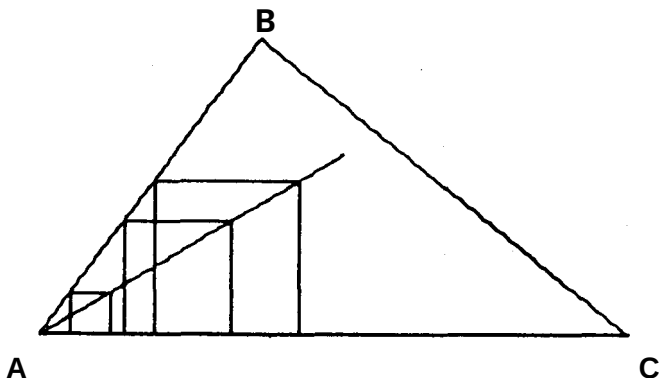


Рис.2. Результат приемов 1 и 2.

Прием 3. Возвращаем отброшенные условия и решаем исходную задачу.

Если продолжить прямую, соединяющую четвертые вершины вписанных квадратов до пересечения с третьей стороной треугольника, получим искомое положение четвертой вершины нужного по условию квадрата, вписанного в треугольник.

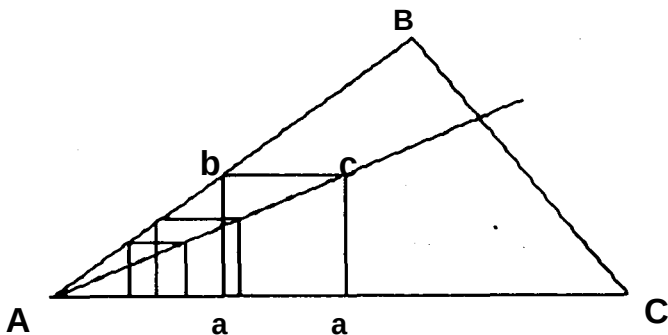


Рис.3. Решение задачи.

Задача 4. Условия: "Имеется источник переменного тока, а также потребитель, работающий на постоянном токе. Нужно построить выпрямитель таким образом, чтобы на его вход (точки "a" и "b", см.рис.4) поступал переменный ток, на выходе (точки "c" и "d", см.рис.4) должен быть ток постоянный. Нужно соединить

с помощью какой-то комбинации диодов все четыре точки, чтобы требование задачи было выполнено. Указание: "нужно использовать четыре диода".

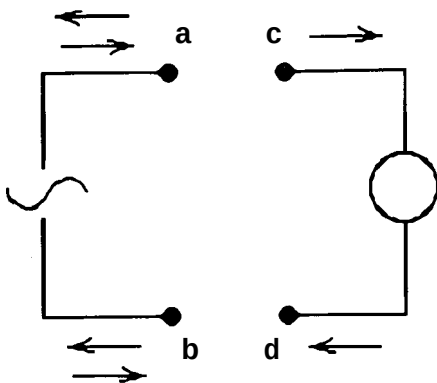


Рис.4. Условия задачи 4.

Предъявлению четвертой задачи предшествует объяснение принципа работы диода, его односторонней проводимости, понятий однонаправленного, а также пульсирующего постоянного тока и схемы, дающей пульсирующий ток.

Решение задачи № 4.

Прием упрощения — отбросим условие необходимости получения постоянного неппульсирующего тока. Будем считать, что ток может быть пульсирующим.

Прием решения упрощенной задачи — пусть в цепи потребителя ток в фазе прохождения движется по часовой стрелке. Чтобы это обеспечить, можно действовать двумя способами (пояснение по схемам, приведенным на рисунках 5 и 6):

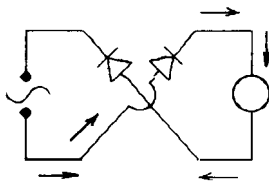
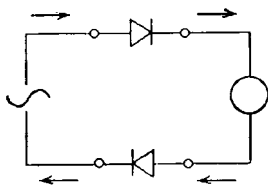


Рис.5. 1-й вариант упрощения схемы.

Рис.6. 2-й вариант упрощения схемы.

Чтобы ток двигался против часовой стрелки, нужно поменять положение диодов в цепи.

Прием решения исходной задачи - вводим снятое ранее ограничение: ток должен быть не пульсирующим, а постоянным. На основе решения упрощенной задачи получаем решение исходной задачи (приводится на рисунке 7).

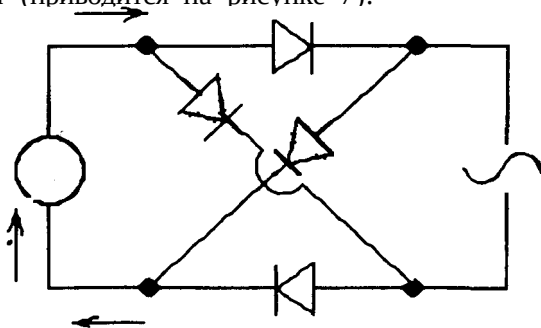


Рис.7. Решение исходной задачи.

Остановимся теперь на том, как решали задачу № 3 наши испытуемые, прошедшие рефлексивное обучение приемам решения творческих задач на двух предыдущих задачах.

Первый прием упрощения задачи из 16 испытуемых осуществили самостоятельно 13 человек, троим потребовалась помощь.

Второй прием — решение упрощенной задачи в виде построения ряда квадратов со свободной четвертой вершиной и вычисления линии ее расположения — самостоятельно реализовали 14 человек, двоим испытуемым потребовалась помощь в выделении линии расположения свободной вершины. Они не выполнили выделения инварианта.

Третий вариант — решение исходной задачи (нахождение точки на стороне ВС, где должна быть расположена четвертая вершина квадрата, как точки пересечения линии расположения 4-й вершины квадратов со стороной ВС) выполнили самостоятельно все испытуемые.

После этого вся группа испытуемых получила для решения 4-ую задачу. *

Эту задачу все 16 испытуемых решили полностью самостоятельно, сознательно выполнив все три приема правильно.

После этого мы решили выяснить, хотя бы грубо, скорость улучшения неосознаваемого переноса эвристических приемов или перехода к их осознанию самостоятельно. Для этого еще одна

* Предъявлению задачи предшествовало краткое описание работы диода и схемы получения пульсирующего постоянного тока.

группа учащихся была проведена через решение тех же четырех задач в той же последовательности. При этом мы контролировали степень и характер переноса эвристических приемов после решения одной, двух, трех и четырех задач без организации осознания и обобщения эвристических приемов со стороны экспериментатора.

Группа испытуемых в 10 человек сначала обучалась решению физической задачи на эффект Доплера по нерелексивной методике Ю.Н.Кулюткина. Затем им была предложена для решения задача на нахождение общего члена последовательности. Результаты в отношении переноса эвристических приемов были примерно такими же, что и в предыдущей группе из 9 испытуемых.

Прием упрощения задачи выполнили самостоятельно четыре человека, остальные сделали это с помощью экспериментатора. Прием поиска решения упрощенной задачи самостоятельно выполнили два человека, остальные использовали помощь экспериментатора. Прием обобщения формулы выполнили самостоятельно 8 человек и двое — несамостоятельно.

В последующих четырех задачах на нахождение общего члена последовательности эти цифры изменились в сторону улучшения и полностью успешного самостоятельного выполнения всеми испытуемыми последней пятой задачи данного типа.

Далее, после того, как все испытуемые прошли обучение и научились решать задачи на последовательность, им было предложено решить третью задачу на вписание квадрата в треугольник.

Результаты ее решения оказались незначительно лучше решения задач на нахождение общего члена последовательности, а именно:

первый прием выполнили самостоятельно также четыре человека; второй прием — они же (то есть тоже четверо) и еще двое, а остальным потребовалась значительная помощь экспериментатора. Третий прием выполнили самостоятельно 8 человек, а двоим испытуемым для успешного выполнения приема потребовалась незначительная помощь экспериментатора.

Наконец, этим же испытуемым было предложено решить еще одну четвертую задачу на построение схемы выпрямителя на диодах. Результаты решения этой четвертой задачи были следующими.

Первый прием упрощения сделали самостоятельно пять испытуемых. Второй прием самостоятельно выполнили четверо, остальным была оказана помощь, после чего они также успешно выполнили прием. Третий прием и решение задачи самостоятельно выполнили 7 испытуемых.

Таковы результаты нерелексивного обучения в отношении возможности переноса эвристических приемов решения задач на

разные их типы. Они, несомненно, более низкие, чем при рефлексивном обучении. А о том, что последнее вообще невозможно, говорить не приходится. Это фактическая ошибка.

Важно также отметить, что уровень осознания применяемых эвристических приемов — как общих и независимых от материала задач — также остался низким. Об этом мы судим по тому, как реагировали испытуемые данной группы на предложение решать последнюю задачу с использованием приемов, применявшихся ранее в решении трех предыдущих задач. Только трое из девяти испытуемых приняли это предложение как возможное. Остальные так же, как и испытуемые первой группы при получении второй задачи с аналогичным требованием, стали возражать и были удивлены, что в решенных задачах использовались какие-то общие приемы и тому подобное.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя содержание настоящей работы, сформируем кратко основные ее результаты.

Анализ исследований и систем обучения эвристическим приемам показал, что все известные приемы (около 200) сводимы по содержанию к 30-35 различным приемам, которые далее могут быть объединены в 10-11 различных семейств приемов.

Важной характеристикой эвристических приемов является мера определенности их по результату и способу осуществления. Приемы, более определенные по содержанию составляющих их операций, имеют репродуктивный характер и ими пользоваться легче, чем приемами, которые менее определены и сами требуют поиска способа их осуществления в конкретной ситуации.

Эвристические приемы могут быть соотнесены с фазами решения задач и по своему содержанию предназначены либо для осуществления анализа условий задач (первая фаза), либо для поиска решения (вторая фаза), либо для проверки предлагаемых решений (третья фаза).

Система эвристических приемов, построенная с учетом обобщения их по семействам, отнесенности к фазам процесса решения и по степени определенности состава (от репродуктивных к продуктивным), является оптимальной, вполне пригодной к использованию в решении творческих задач и повышает эффективность процесса их решения. В этой системе, так или иначе, представлены почти все значимые семейства эвристических приемов, известные на сегодняшний день. Она позволяет использовать

все положительное в их множестве, трудно обозримом по описаниям, имеющимся в литературе.

Овладение эвристическими приемами повышает успешность решения задач больше, чем простая, хотя и дозированная, тренировка в их решении при проблемном обучении.

Усвоение эвристических приемов на основе осознания их состава значительно более эффективно, чем их неосознаваемое усвоение.

Разработанная система эвристических приемов и метод ее формирования могут быть использованы в практике обучения для развития творческих компонентов мышления при преподавании различных конкретных дисциплин, а также в рамках специальных курсов обучения мышлению и учению (в средней школе и в вузе).

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики. — М., 1970.
2. Алексеев Н.Г. Познавательная деятельность при формировании осознанности решения задач. Автореферат канд. дисс. — М., 1975.
3. Алексеев Н.Г., Юдин Э.Г. О психологических методах изучения творчества. — В кн.: Проблемы научного творчества в современной психологии. — М., 1971, с. 151-203.
4. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. — М., 1979.
5. Анцыферова Л.И. Роль анализа в познании причинно-следственных отношений. — В кн.: Процесс мышления и закономерности анализа, синтеза и обобщения. — М., 1959.
6. Анцыферова Л.И. Теория интеллектуальных операций О. Зельца. — В кн.: Основные направления исследований психологии мышления в капиталистических странах. — М., 1966, с.82-100.
7. Брушлинский А.В. Психология мышления и кибернетика. — М., 1970.
8. Гальперин П.Я., Данилова В.Л. Воспитание систематического мышления в процессе решения малых творческих задач. — Вопросы психологии, 1980, № 1, с.31-38.
9. Гальперин П.Я. Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий. — В кн.: Исследования мышления в советской психологии. — М., 1966, с.236-277.
10. Гурова Л.Л. Психологический анализ решения задач. — Воронеж, 1976, с.327.
11. Гелернтер Х., Рочестер Д. Работа машины по доказательству

- геометрических теорем. — В кн.: Вычислительные машины и мышление. — М., 1967, с.145-165.
12. Джеймс У. Психология. — Спб., 1896.
 13. Декарт Р. Рассуждение о методе. — М., 1953.
 14. Декарт Р. Правила для руководства ума. — М.-Л., 1936.
 15. Дункер К. Психология продуктивного (творческого) мышления. — В кн.: Психология мышления. — М., 1965, с.86-234.
 16. Ильясов И.И. Структура процесса учения. — М., 1986.
 17. Идобаева Т.А. Ориентировка в структуре действия и обобщение анализа задач. — Автореф. канд. дисс. — М., 1981.
 18. Калмыкова З.И. Продуктивное мышление. — М., 1981.
 19. Кулюткин Ю.Н. Эвристические методы в структуре решений. — М., 1970.
 20. Калюшина И.П. Структура и механизмы творческой деятельности. — М., 1983.
 21. Лернер И.Я. Развитие мышления учащихся в процессе обучения истории. — М., 1982.
 22. Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. — М., 1972.
 23. Махмутов М.И. Проблемное обучение. — М., 1975.
 24. Ньюэл А., Шоу Д., Саймон Г. Процессы творческого мышления. — В кн.: Психология мышления. — М., 1965, с.500-530.
 25. Нечаев Н.Н. Психолого-педагогические основы формирования профессиональной деятельности. — М., 1988.
 26. Орехов А.Н. Формирование приемов эффективного решения творческих задач. — Дисс. канд. психол. наук. — М., МГУ, 1985.
 27. Орехов А.Н., Ильясов И.И. Обучение рациональным приемам решения творческих задач. — Вестник высшей школы, 1987, № 5.
 28. Пойа Д. Как решать задачу. — М., 1959.
 29. Пономарев Я.А. Психология творчества. — М., 1976.
 30. Пономарев Я.А. Развитие проблем научного творчества в советской психологии. — В кн.: Проблемы научного творчества в современной психологии. — М., 1971, с.51-96.
 31. Пономарев Я.А. Фазы творческого процесса. — В кн.: Исследование проблем психологии творчества. — М., 1983, с.3-26.
 32. Пуанкаре А. Математическое открытие. — В кн.: Ж. Адамар. Исследование психологии процесса изобретения в области математики. Приложение 3. — М., 1970.
 33. Пушкин В.Н. Оперативное мышление в больших системах. — М., 1965.

34. Решетова З.А. О путях формирования творческого мышления. — Вест. Высш. школы, 1986, № 1, с. 16-20.
35. Решетова З.А., Самоненко Ю.А. Системный тип ориентировки в предмете и эвристические возможности учащихся. — Вестник МГУ, сер. 14 "Психология", 1982, № 1, с.20-29.
36. Рубинштейн С.Л. О мышлении и путях его исследования. — М., 1958.
37. Семенов И.Н. Системный подход к изучению организации продуктивного мышления. — В кн.: Исследование проблем психологии творчества. — М., 1983, с.27-61.
38. Семенов И.Н., Степанов С.Ю. Проблема предмета и методика психологического изучения рефлексии. — В кн.: Исследование проблем психологии творчества. — М., 1983, с.154-181.
39. Семенов И.Н. Проблемы рефлексивной психологии решения творческих задач. — М., 1990.
40. Славская К.А. Мысль в действии. — М., 1968.
41. Тихомиров О.К. Структура мыслительной деятельности человека. — М., 1969.
42. Фридман Л.М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач. — М., 1977.
43. Фридман Л.М., Турецкий Е.Н., Стеценко В.Я. Как научиться решать задачи. — М., 1979.
44. Холмогорова А.Б., Зарецкий В.К., Семенов И.Н. Рефлексивно-личностная регуляция целеобразования в норме и патологии. — Вестник МГУ. Серия 14 "Психология", 1981, № 3, с.12-22.
45. Эсаулов А.Ф. Психология решения задач в учебно-познавательной деятельности студентов. — В кн.: Активизация познавательной деятельности студентов. — Л., 1973, с.5-89.
46. Bartlett F.S. Thinking An experimental and social study. — London, 1958.
47. Binet A. Etude Experimentale de L'Intelligence. — Paris, 1899.
48. Bolzano B. Wissenschaftlehre. Bande 3, Sulzbach, 1837.
49. De Bono E. The Cort Thinking Program. — In: Segal J. W., Chipman S. F., Glaser R. (Eds) Thinking and Learning Skills. Vol. 1 Relating Instructions to Research. — Nillsdale, New Jersey, London, 1985, 363-378.
50. De Bono E. Lateral thinking Creativity step by step. — N. Y., 1970.
51. Covington M.C., Grutchfield R.S., Davis L.B., Olton R.M. The productive thinking program: A course in learning to think. — Ohio, 1974.
52. Davis G.E. Reseach and development in training creative thinking.

- In: J. R. Levin and V. E. Allen (Eds) *Cognitive learning in children Theories and strategies*. — N. Y. Academic Press, 1976.
53. Davis G.A. *Psychology of problem solving*. — N. Y., 1973.
54. Davis G.A. and Houtman P. *Thinking creatively* 1968, p. 126.
55. Flavell J.H. and Dragens J. A micro-genetic approach to perception and thought. — *Psychological Bulletin*, 1957, v. 54, N 3.
56. Van de Geer J.P. *A psychological study of problem solving*. — Amsterdam, 1957.
57. Gordon W.J.J. *Synectics*. — N. Y., 1961.
58. Hayes J.R. *The complete problem solver*. — Philadelphia, 1981.
59. Hayes J.R. *Three Problems in Teaching General Skills*. — In: Chipman S. F., Segal J. W. and Glaser R. (Eds) *Thinking and Learning Skills*. Vol. 2. Hillsdale. — New Jersey, London, 1985, pp. 391-406.
60. John E.R. *Contributions to the study of the problem-solving process*. — *Psychological Monographs*, 1957, vol. 71, N 18, WN 447.
61. Lindsay P., Norman D. *Human Information Processing*. — N. Y.-L., 1972.
62. Osborne A.F. *Applied imagination*. — N. Y., 1963.
63. Pappus Alefandrinus. — *Collectio*, Berlin, 1877.
64. Pascal B. *Oeuvres*. — Paris, 1819, vol. 3, pp. 341-367.
65. Rubinstein M. A decade of experience in teaching an interdisciplinary problem-solving course. — In: D. T. Tuma and F. Reif (Eds) *Problem solving and education..* — N. J., 1980.
66. Selz O. *Ober die Gesetze des geordneten Denkverlaufs*. — Stuttgart, 1913; *Ober die Gesetze des geordneten Denkverlaufs. (Zweiter teils. Zur Psychologie des produktiven Denkens und des Irrtums.)*. — Bonn, 1922.
67. Wickelgren W. A. *How to solve problems*. — N. Y., 1974, 209 p.

**КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ОБУЧЕНИЯ
ЭВРИСТИЧЕСКИМ ПРИЕМАМ В РЕШЕНИИ
ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

(студентов естественно-научного и технического профилей)

**1. Общая характеристика задач,
эвристических приемов и фаз процесса решения**

Для успешного решения задач необходимо прежде всего знать их некоторые общие особенности и характеристики.

Всякая задача есть требование либо на нахождение каких-либо знаний о явлениях действительности (объектах и процессах) и их характеристиках, которые он имеют в определенных заданных в задаче условиях, либо на получение какого-то искомого практического результата (построить что-то, обеспечить выполнение каких-то условий и тому подобное).

Получаемые в результате познавательной деятельности по решению задач знания об объектах и процессах в природе, обществе и духовном мире человека могут быть естественными или искусственными. Полученные знания о естественных объектах представляют собой научное познание, а получение знаний об искусственных объектах и процессах, о путях их создания и использования есть конструктивно-техническая познавательная деятельность.

Соответственно задачи могут быть на получение как научного знания, так и конструктивно-технического. Получение научного знания называют открытием, а получение конструктивно-технического знания — изобретением. В более широком смысле, познавательная деятельность движется от познания явлений к вскрытию сущности и их объяснению, а на этой основе — к изобретению и практике.

Задачи на познание явлений состоят в выявлении свойств единичных объектов и процессов, в их обобщении в классы, в построении классификаций. Примером являются описания свойств различных веществ в химии и растений и животных в биологии, общественных и духовных явлений в социологии, психологии и в других науках.

Задачи на познание сущности состоят в поиске объяснений явлений через характеристику их структуры, функции, связей с другими объектами и выведение свойств явлений из их сущности, предсказание новых явлений и фактов, в том числе и таких,

которые возможны, но в природе и обществе не существуют и поэтому изобретаются как искусственные объекты и процессы.

В профессиональной и учебной деятельности приходится решать задачи всех указанных типов — собирать эмпирические данные о явлениях, искать им объяснения, выводить характеристики явлений из объяснений, предсказывать новые факты и изобретать новые машины, способы деятельности на производстве, в управлении, обучении, лечении и так далее.

Однако при обучении многим предметам преобладают задачи на выведение характеристик явлений из объяснений. К ним относятся задачи на нахождение искомого объекта, построение, доказательство, опознание и другие. Например, задачи на доказательство состоят в выведении свойства объектов из аксиом, т.е. объяснительных постулатов и ранее доказанных теорем.

Задачи, которые приходится решать человеку, могут быть такими, что их можно решить путем простого воспоминания и применения знаний о способе их решения. В этом случае задача является стандартной, типовой. Например, если дана задача рассчитать площадь параллелограмма; и решающему известна формула подсчета этой площади для данной фигуры. Если же формула решающему неизвестна, то задача приобретает уже другой характер. Сначала надо найти нужную формулу. Поиск может осуществиться либо путем выведения из каких-то других общих знаний, либо путем угадывания, пробами и ошибками и тому подобное. В первом случае задача является выводной, во втором — творческой. Формула площади фигуры может быть получена выводным путем, а, например, решение задачи "Построить четыре треугольника из шести спичек" выводным путем получить невозможно. Здесь требуется догадаться о некоторых возможных свойствах треугольников, которые явно не даны. Решение творческих задач является наиболее трудным. Точнее говоря, чисто творческих задач в принципе не существует. Есть задачи, решение которых необходимо должно содержать интуитивные процессы догадки наряду с репродуктивными и выводными. Для решения задач с творческими компонентами имеются некоторые приемы, которые могут помочь в их решении.

Эти приемы часто называют эвристическими (от слова "эврика" — "нашел"). Эвристические приемы объединяются в следующие семейства родственных приемов:

1. Анализ условий задачи (анализ данных, анализ требований, анализ конфликта);
2. Доопределения, развертывание определений явлений задачи (движение от конца к началу, подведение под логические катего-

рии, подведение под диалектические категории, сближение данных и цели, резонанс);

3. Изменение уровня обобщенности задачи (обобщение и конкретизация задачи);

4. Включение в новые связи, подведение под компоненты деятельности, включение в другую неизвестную структуру, введение дополнительных элементов или отношений, переструктурирование);

5. Анализ допущений (выделение доминирующих идей, критика очевидных решений, поиск лишних условий);

6. Моделирование (перекодирование текста в схему (модель), символическая запись);

7. Выдвижение любых гипотез (выдвижение маловероятных гипотез, выдвижение противоположных гипотез);

8. Обоснование принятия и утверждения гипотез (обоснование выдвижения гипотез, анализ достоинств и недостатков гипотез);

9. Переключение на другие проблемы (параллельное решение нескольких задач, перерыв в решении задач);

10. Вживание в образ явлений задачи (принятие роли объекта ли процесса задачи, "метод демонов");

11. Регулирование уровня уверенности в себе (повышение уровня уверенности в себе, понижение уровня уверенности в себе).

Кроме указанных семейств родственных приемов, есть еще приемы, которые не образуют семейств. К ним относятся: анализ с разных сторон, комбинаторика свойств явлений задачи, поиск общей, а затем частной идеи и наоборот. Из указанных трех приемов образуются два составных приема: морфологический анализ (включает анализ с разных сторон и комбинаторику) и определение области поиска неизвестного (включает поиск общей, а затем и частной задачи, анализ с разных сторон).

Важнейшей характеристикой приемов решения задач является определенность состава их операций. Определенность состава операций приемов зависит от того, насколько полны знания о составе операций и последовательности их осуществления.

Если решающий задачи знает (имеет в памяти) все необходимые данные для осуществления приема, то такой прием является наиболее определенным с точки зрения его выполнения, а по механизму он является репродуктивным. (Например, прием развертывание определений является репродуктивным и вполне определенным с точки зрения его выполнения. Здесь имеются знания — определения явлений задачи и, понятно, что их нужно воспроизводить в развернутой форме.)

Если же знания о приеме имеются неполностью, и недостающие знания нельзя вывести из известных знаний, то прием является

продуктивным, поисковым и наименее определенным. (Например, прием обобщения задачи включает неопределенный поисковый компонент — определение направления обобщения, определение временно редуцируемых свойств. Сами процессы абстрагирования и обобщения при этом являются репродуктивными компонентами данного приема. Как именно осуществлять операции абстрагирования и обобщения, может быть задано вполне определенно. Но от чего абстрагироваться в каждом конкретном случае — является всегда поисковой проблемой. И если это нельзя дедуктивно вывести из какого-то более общего знания и надо перебирать, догадываться и т.п., то прием является продуктивным.) Если же недостающее знание можно вывести из какого-то более общего знания, то прием является более определенным, чем продуктивные приемы, но все же он содержит операции вывода и не равен по определенности чисто репродуктивным приемам, осуществляемым на основе только воспроизведения уже известного знания.

Описание конкретного содержания приемов производится ниже после рассмотрения фаз решения задачи и очередности использования эвристических приемов в процессе решения.

В процессе решения творческих задач можно выделить три фазы:

1. Анализ условий задачи;
2. Поиск принципа решения задачи;
3. Проверка найденного принципа решения.

На первой фазе происходит фиксация явных сведений о явлениях задачи, о том, что дано, что требуется найти. Устанавливается основная трудность (конфликт) задачи. Здесь еще не осуществляется никакой переработки данных.

На второй фазе уже происходит такая переработка в различных по механизму процессах — выводных и поисковых. При решении нестандартных задач эта фаза решения является самой сложной.

Она разделяется на три этапа. На первом этапе второй фазы применяются приемы с наиболее определенным составом из семейства доопределения условий задачи. Доопределение заключается в логическом выведении дополнительных сведений о явлениях задачи из того, что дано и зафиксировано после первой фазы решения. Здесь применяются такие приемы, как развертывание определений, выведение следствий и другие аналогичные выводные операции. Но до них осуществляется прием понижения уровня возбужденности и уверенности в себе.

Если задача фактически нетворческая, то ее можно решить только с помощью последовательных доопределений условий. Настоящая нестандартная творческая задача потребует применения других приемов. Эти приемы используются на втором и третьем этапах второй фазы процесса решения. На втором этапе применя-

ются такие приемы, как повышение уверенности в себе, поиск и припоминание сходной задачи, систематическое определение области поиска неизвестного, вживание в образ явлений задачи, разделение задачи на части. Перечисленные приемы имеют меньшую определенность, чем приемы, включенные в первый этап, но они более определены по составу операций и результату, чем приемы, которые рекомендуется использовать на третьем этапе второй фазы решения. К этим приемам, наиболее неопределенным по составу, относятся приемы обобщения задачи, конкретизации задачи, введение дополнительных элементов и отношений, реструктурирование, поиск обратной задачи, выдвижение любых гипотез, переключение на другие проблемы.

На третьей фазе происходит проверка возможного принципа и анализа гипотез на их обоснованность, достоинства и недостатки, характер допущений, выделение доминирующих в гипотезах идей и др. Таким образом, полный перечень приемов решения творческих задач, распределенных по фазам и этапам, выглядит следующим образом:

1-я фаза процесса решения — анализ условий задачи:

- выделение данного, искомого, известных и неизвестных явлений задачи.

- Отнесение явлений задачи к объектам и процессам. Первичное моделирование их свойств.

- Установление основной трудности (конфликта) задачи.

2-я фаза решения — поиск неизвестного задачи (выдвижение гипотез):

1-й этап — доопределение условий:

- понижение уровня возбуждения.

- Развертывание определений понятий, относящихся ко всем явлениям задачи.

- Выведение других характеристик явлений задачи как следствий наличия у них свойств, заданных в определениях. Вторичное моделирование выведенных новых свойств явлений.

- Сближение данных и требований задачи.

- Устранение лишних условий в формулировках задач.

2-й этап — поиск неизвестного с помощью более определенных по содержанию приемов:

- повышение уровня уверенности в себе.

- Нахождение и использование сходной задачи.

- Определение области поиска неизвестного.

- Вживание в образ явлений задачи (эмпатия).

- Разбиение задачи на части.

3-й этап — поиск неизвестного с помощью приемов, менее определенных по содержанию:

- обобщение задачи.
- Конкретизация (специализация) задачи.
- Переструктурирование явлений задачи.
- Формулирование и решение обратной задачи.
- Выдвижение любых гипотез.
- Переключение на другие проблемы.

3-я фаза решения — проверка и анализ гипотез:

- проверка выдвинутых гипотез.
- Выделение оснований гипотез.
- Анализ достоинств и недостатков гипотез.
- Рассмотрение причин непригодности и отвержения гипотез.
- Выявление сходства идей в гипотезах и привносимых

условий.

Третья фаза решения задач включается не обязательно после третьего этапа второй фазы. Гипотезы о возможном способе решений могут появиться и после второго этапа второй фазы поиска (и даже после первого этапа второй фазы). Если гипотезы появились, то они фиксируются, и затем осуществляется их проверка и анализа на любом шаге решения. Иными словами, приемы третьей фазы решения — проверки и анализ гипотез — выполняются по мере их появления параллельно с приемами поиска решения любого этапа.

Так, если, например, после применения приемов второго этапа поиска гипотезы не появились, то следует переходить к приемам третьего этапа фазы поиска. Если же в результате использования приемов второго этапа поиска появились гипотезы о возможных путях решения задачи, то необходимо произвести их проверку. При положительном результате проверки, то есть при наличии гипотезы, приводящей к решению задачи, процесс заканчивается. Если же при проверке ни одна из гипотез не оказалась подходящей, то осуществляется их анализ на обоснованность, достоинства и недостатки и др.

После этого включаются приемы третьего этапа фазы поиска, и найденные гипотезы снова проверяются, анализируются при их непригодности, а затем можно снова начинать решение с любого этапа фазы поиска, сразу или после отдыха.

2. Описание эвристических приемов по фазам и этапам процесса решения

Приемы 1-й фазы решения — анализа условий задачи

- 1). Выделение данного, искомого, известных
и неизвестных явлений задачи

Рассмотрим структуру любой задачи. Вообще говоря, во всех задачах речь идет от каких-то объектах и процессах действитель-

ности, об их составе и структуре, связях и отношениях. Поясним сказанное. Все явления действительно можно прежде всего подразделить на два класса — объекты (предметы) и процессы. И объекты и процессы имеют в качестве общих характеристик структуру, свойства. Структура объектов и процессов характеризуется составом компонентов, их составляющих, связями и свойствами этих компонентов. Так, у объектов компонентами являются их составные части, элементы. Например, у стола — ножки, крышка, ящики; у угловой геометрической фигуры — стороны, углы, вершины, ребра, грани. Компонентами процессов являются фазы, этапы их протекания. В более широком смысле, компонентами процессов считаются исходные и конечные состояния (свойства и структура) объектов, изменяющихся в этом процессе.

Сами компоненты являются также объектами или процессами, обладающими своими свойствами, структурой и связями, поэтому структура любого объекта имеет компоненты разных уровней, что создает иерархическую структуру объекта. В этой структуре могут быть уровни компонентов низших порядков, образующих его подструктуры разного состава.

Свойства — это признаки объектов и процессов. Они бывают качественными, количественными и функциональными. Например, у объектов есть форма, цвет и тому подобное, у процессов — длительность, скорость, направление, свойства и так далее. Это все качественные свойства. Количественные признаки выражают численные характеристики объектов, а функциональные — назначения объектов в каком-либо системе.

Свойства объектов и процессов бывают двух видов — свойства компонентов, дающие отдельные свойства явлений, и свойства явлений в целом. Например, у металлов на электронных оболочках есть "свободные" электроны. Это — свойства компонентов металлов, электронных оболочек. Но металлы электропроводны, ковкие, теплопроводны и тому подобное. Это уже свойства металлов в целом.

Фазы процесса имеют свою длительность, и есть также длительность самого процесса в целом.

Задача состоит в том, чтобы найти знание о каких-то объектах или процессах, их свойствах или структуре, отношениях и связях. Для того, чтобы это можно было сделать, в задаче даются сведения, данные о каких-то других характеристиках объектов или процессов.

В формулировке задач имеются части, в которых говорится о том, что дано и что требуется получить, найти и тому подобное. Явления и их характеристики, о которых говорится в задаче, могут делиться на две группы — известные и неизвестные. Но может быть и так, что в формулировке задачи о неизвестных явлениях

вообще не говорится, а они лишь подразумеваются и их надо специально выделять. Например, имеется задача: "Даны часы. Требуется обеспечить постоянство их хода независимо от колебаний температуры внешнего воздуха". В формулировке задачи все явления известны. Иными словами, в требовании могут стоять также известные явления. Что является неизвестным в данной задаче, что надо найти, чтобы удовлетворить ее требование? Неизвестным является структура механизма часов, обеспечивающая постоянство хода часов при перемене температуры окружающего воздуха. Это, так сказать, конечное неизвестное, нахождение которого дает решение задачи. Но чтобы установить такую структуру часов, надо найти еще другие неизвестные характеристики явлений, из которых составляется механизм часов. Об этих явлениях и их характеристиках уже не только не говорится, но и не может говориться в условиях задачи, иначе не будет задачи. Творческая задача, таким образом, состоит всегда в том, что необходимо найти эти дополнительные неизвестные явления и их характеристики или только характеристики известных явлений.

Итак, требуемое в задаче может содержать сведения об известных явлениях и их характеристиках и о неизвестных явлениях — более или менее полно. Например, если в задаче требуется найти площадь конкретного треугольника и для этого надо найти формулу подсчета любого треугольника, то неизвестное в требовании представлено более полно, чем если требуется найти только первое, а второе подразумевается. Но все, равно, есть еще неизвестные, которые смогут позволить найти формулу площади треугольника и так далее.

2). Отнесение явлений задачи к объектам и процессам. Первичное моделирование их свойств

При решении задач очень важно вначале определить, к каким видам явлений и их характеристик относятся данные, требуемое и неизвестное в задаче. Являются ли они объектами или же процессами, или свойствами объектов или процессов, структурой, их составляющей, отношениями и так далее. Например, в задаче "Доказать теорему Пифагора" дан треугольник. Это — объект, его свойством является прямоугольность, а также равенство суммы квадратов длины его катетов квадрату гипотенузы. Требуется доказать, что это последнее свойство, ему присуще. Неизвестное здесь совпадает с требуемым и является характеристикой процесса (способа доказательства), его структурой.

Или другой пример.

В задаче на эффект Доплера источник звука передает свои колебания воздуху, где они распространяются со скоростью 340

м/сек. Сам источник движется к наблюдателю со скоростью 40 м/сек. Наблюдатель воспринимает звук и сам неподвижен. Спрашивается: какую высоту звука воспринимает наблюдатель? В этой задаче дано: 1) источник звука — объект, движение источника — процесс, его свойство — его рост; 2) звук — объект, распространение звука — процесс, его свойства — высота, скорость; 3) наблюдатель — объект, его характеристика — скорость. Требуемое совпадает с неизвестным — разница в высоте звука: около источника и около наблюдателя. После отнесения явлений задачи к объектам и процессам необходимо провести их первичное моделирование путем изображения характеристик объектов и процессов задачи на схемах или рисунках с фиксацией их связей и отношений.

3). Установление основной трудности (конфликта) задачи

Последним шагом исходного анализа условий задачи является установление основной трудности, основного противоречия между тем, что известно и тем, что неизвестно. Например, в задаче "Соединить четыре точки тремя линиями, образующими замкнутую фигуру", в условиях даны четыре точки, а вершин у треугольников — три и линий также три.

В задаче "Сделать одну универсальную пробку, с помощью которой можно закрывать круглое, квадратное и треугольное отверстия" основное противоречие заключается в том, что дана всего одна пробка, а форм отверстий имеется три. В задаче "Пятерка": "Если прибавить к числу пятерку, число будет равно пяти, если вычесть из числа пятерку, то число также будет равно пяти". Какое это число? Основное противоречие заключается в том, что прибавление и вычитание любого числа не изменяет величины прибавляемого и вычитаемого числа.

Приемы 2-й фазы решения — поиска неизвестного задачи

1). Приемы 1-го этапа 2-й фазы — доопределения условий задачи

Прием развертывания определений понятий, относящихся ко всем явлениям задачи

Прием развертывания определений понятий, относящихся ко всем явлениям задачи, состоит в том, чтобы к каждому названному в задаче явлению припомнить и воспроизвести определение, в котором фиксируются родо-видовые признаки явлений — объектов, процессов и их свойств. Например, в задаче "Доказать, что точка пересечения перпендикуляров, восстановленных из середин сторон

остроугольного треугольника есть центр круга, описанного вокруг данного треугольника". Дан треугольник — объект и его свойство — остроугольный; даны также перпендикуляры и их свойства — они восстановлены из середин сторон треугольника; также дана точка пересечения перпендикуляров и ее свойство — она является центром окружности, описанной вокруг треугольника. Неизвестен способ доказательства того, что точке пересечения перпендикуляров присуще указанное свойство.

Смоделируем (изобразим) условие на чертеже (см.рис.1).

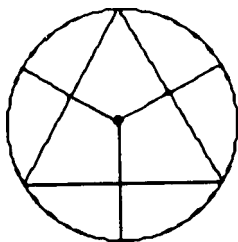


Рис.1. Модель условия задачи.

Развернем определения объектов задачи. Остроугольный треугольник — замкнутая фигура из трех прямых линий, у которых каждый из углов меньше 90° . Середина стороны — точка, делящая отрезок на две равные части. Точка пересечения перпендикуляров — общая точка трех линий, пересекающих другие линии (стороны треугольника) под углом 90° . Окружность — геометрическое место точек, находящихся на одинаковом расстоянии от центра (определенной точки). Центр окружности — точка, находящаяся на одинаковом расстоянии от всех точек окружности. Окружность, описанная вокруг треугольника — это окружность, на которой лежат все три вершины треугольника.

В приведенных выше определениях уже представлены характеристики известных объектов. Но это иногда полезно сделать более систематически по видам характеристик объектов и процессов. Например, фиксируем характеристики явлений рассматриваемой задачи по их видам.

Треугольник — 1) компоненты структуры: стороны, углы, вершины. Свойства компонентов: углы — острые, стороны — прямые линии, вершины — точки. Состав компонентов: углы имеют стороны и вершину, линии состоят из точек. 2) Свойства треугольника в целом — не указаны.

Перпендикуляр — 1) компоненты структуры — линии. 2) Свойства — находятся под углом 90° к другой линии.

Окружность — 1) компоненты структуры — кривая линия, радиус (диаметр), центр. Свойства компонентов: точки на кривой равно удалены от центра. 2) Свойства в целом не указаны.

Подобный анализ характеристик по их видам нужно проводить не всегда: в том случае, когда эти характеристики очевидны из определений и просты — такой анализ не требуется вовсе.

Прием выведения других характеристик явлений задачи как следствий наличия у явления характеристик, заданных в определениях.

Этот прием основан на связях характеристик явлений и на том обстоятельстве, что в определениях невозможно задавать все известные характеристики явления. Их полный состав дается в развернутых описаниях и объяснениях явлений действительности. Такие описания могут быть довольно пространственными и иметь объем от параграфа до книги и даже ряда книг.

Вместе с тем при решении задач часто решающими являются характеристики, не представленные в определениях, и только знание этих характеристик может помочь решить задачу. Но вспомнить их и применить в задаче иногда бывает очень трудно. Например, в задаче "о точке пересечения перпендикуляров из середин сторон остроугольного треугольника" из определений следует, что надо доказать равноудаленность этой точки от вершин треугольника, так как его вершины лежат на описанной окружности и поэтому одинаково удалены от одной точки — центра окружности.

Изобразим ситуацию после этого вывода, осуществляя вторичное моделирование с учетом новых данных. Пунктиром обозначены

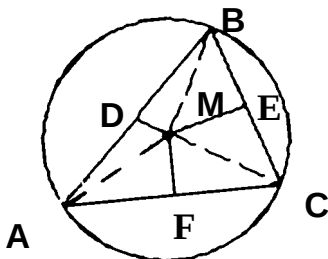


Рис.2. Вторичная модель условий задачи.

Равенство линий AM , CM , BM можно доказать через равенство треугольников AMD , AMF , MCF , MDB . У этих четырех треугольников попарно равны по две стороны и углы между этими сторонами (одна сторона — общая, и одна сторона равна другой

как половины стороны треугольника ABC, на которую опущен перпендикуляр — по условию).

В этом примере все нужные для решения задачи знания были получены путем выведения из данных знаний без особых трудностей в поиске нужного направления выведений. Одновременно этот пример иллюстрирует прием выведения "от конца к началу". Мы начали с того, что фиксировали необходимость доказательства свойства точки пересечения перпендикуляров из середин сторон остроугольного треугольника быть центром описанной вокруг треугольника окружности. Отсюда мы сделали вывод, что необходимо доказать равноудаленность этой точки от вершин треугольника и доказывали это затем через равенство треугольников, образованных перпендикулярами, половинами сторон и линиями, соединяющими точку пересечения перпендикуляров с вершинами. Такое направление было взято потому, что по условиям задачи дано равенство двух сторон этих треугольников и угла между ними, что говорит о равенстве треугольников в целом, и, следовательно, всех трех их сторон. Тем самым доказана равноудаленность вершин треугольников (рассматривавшихся ранее) от точки пересечения перпендикуляров из середин сторон исходного треугольника — то есть доказано, что точка пересечения перпендикуляров является центром описанной окружности.

Здесь же содержится и пример использования приема "Подведение под логические категории" необходимого и достаточного". — Если вокруг треугольника описана окружность, то его вершины необходимо лежат на окружности и наоборот. Аналогично, если треугольник прямоугольный, то в нем квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов. Это в определении прямоугольного треугольника не дано, но является его легко воспроизводимой характеристикой.

Для воспроизведения других характеристик явлений по их известным характеристикам можно также пользоваться приемом "Подведение под категории "качество и количество". Так, если дано число a^2 , то ему соответствует качество — площадь некоторой фигуры, и наоборот, если дана площадь некоторой фигуры, то количественно оно может выражаться как a^2 .

К первому этапу фазы поиска решения могут быть отнесены еще два приема — сближение данных и требований задачи и устранение лишних условий, заданных в формулировке задачи.

Прием сближения данных и требований задачи

Этот прием состоит в представлении данных задачи, в сведениях их к явлениям, о которых говорится в требовании.

Например, вот как описан этот прием в работе /32, с. 97—98/.

Есть задача: "Биссектрисы прилежащих углов (ABD и DBC) взаимно перпендикулярны, надо доказать, что точки A , B , C лежат на одной прямой".

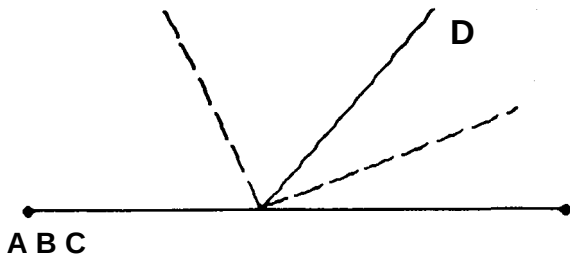


Рис.3. Модель условий задачи о биссектрисах.

В условиях этой задачи даны различные понятия: биссектрисы угла, точки, лежащие на одной прямой.

Первая процедура, которую проделывает испытуемый, — это как бы "переодевание" всех условий и требований задачи в "одинаковые платья". Оно заключается в следующем: "Раз даны биссектрисы, значит здесь есть равные углы. Раз точки лежат на одной прямой, значит надо доказать, что это есть развернутый угол, угол 180° ". Содержание всех данных остается неизменным, но только выступает в несколько ином виде. Решающий заменяет одно положение тождественным ему с геометрической точки зрения, а в результате оказывается, что в задаче имеются только однородные понятия (углы), и поэтому их легко соотнести между собой, то есть найти между ними ту связь, которую требует задача.

Иными словами, если в требовании задачи речь идет об углах, то и условия надо попытаться представить так, чтобы они оказались углами. Если в требовании нужно доказать параллельность прямых, то и в условиях задачи надо искать свойство параллельности, или выводиться из условий такие следствия, которые, в свою очередь, могли бы вести к параллельности.

Прием устранения лишних условий, заданных в формулировке задачи

Он состоит в выявлении характеристик явлений задачи, которые не нужны для ее решения, но запутывают решающего и направляют поиск по ложному пути.

Например, дана задача: "Из двух городов A и B , расстояние между которыми 70 км, одновременно выезжают навстречу друг другу два велосипедиста; велосипедист A едет со скоростью 15 км/час, велосипедист B — со скоростью 20 км/час. В этот момент,

когда велосипедист А трогается с места, с его машины слетает муха и летит навстречу В. Встретившись с В, летит обратно к А — и так до тех пор, пока велосипедисты не встретятся. Какое расстояние пролетит муха до их встречи, если ее собственная скорость 25 км/час?".

Итак, нужно узнать длину пути, который пролетела муха. Из механики известно, что для определения пути, нужно знать скорость движения и время. Скорость нам дана, значит, надо определить время. Что имеется в задаче для определения времени полета мухи? В задаче говорится о расстоянии между городами А и В, об одновременном выезде и движении навстречу велосипедистов со скоростью 15 и 20 км/час, а также о том, что муха летает от одного велосипедиста к другому в течение всего движения до момента их встречи. Из этих условий необходимыми являются все, кроме того, что муха летает "взад-вперед". Важно, что муха летает столько времени, сколько едут велосипедисты. Значит, нужно определить время этого движения. Так как они едут навстречу, их скорости складываются, то есть оба делают 35 км/час и 70 км покроют за 2 часа. Это и есть время полета мухи. Отсюда, расстояние, которое она пролетает за два часа, равно 50 км. Маршрут мухи является лишним условием, и оно должно быть отброшено. Очень часто при решении этой задачи как раз на этом маршруте мухи сосредотачивается внимание и делаются попытки сначала определить расстояние, которое пролетела муха от одного велосипедиста к другому, потом меньшее расстояние обратно, еще меньшее снова туда и т.д. Но это сделать невозможно и делает задачу нерешаемой.

Таковы основные приемы, составляющие содержание 1-го этапа 2-й фазы решения задач.

2). Приемы 2-го этапа 2-й фазы решения —
поиск неизвестного с помощью более определенных
по содержанию приемов

Прием использования сходной задачи

Сходная задача может быть с тем же неизвестным тождественной по способу решению, более общей или более частной, прямой или обратной, с исключительными элементами или дополнительными элементами, или с переструктурированными элементами в условии задачи или в принципе их решения.

Нахождение сходной задачи может существенно помочь в решении данной задачи, если только мы сумеем извлечь из этого пользу. Самый счастливый случай — это сходная задача, тождественная по принципу решения, но на другом материале. Более сложные случаи — когда сходная задача не целиком тождественна

данной, а является, например, ее более общим или более частным случаем (вариантом) переструктурированной, усеченной, обратной и др.

В этих случаях мы получаем направление возможного обобщения или конкретизации, переструктурирования и т.п., которое должно быть обязательно использовано. Однако прямых указаний на принцип решения здесь нет и его еще надо искать.

Рассмотрим примеры применения приема использования сходных задач. Имеются две следующие задачи:

1) "Найти радиус сферы, описанной вокруг прямоугольного параллелепипеда с данными длиной, шириной и высотой".

2) "Основание пирамиды есть прямоугольник. Проекция вершины пирамиды на ее основе не совпадает с центром основания. Найти боковое ребро пирамиды, если даны ее высота и стороны основания".

Для указанных двух задач сходной, более общей задачей является следующая: "Найти диагональ прямоугольного параллелепипеда, если даны его длины (а), ширина (в) и высота (с)." Знание решения этой задачи (величина диагонали равна корню квадратному из суммы квадратов длины, ширины и высоты параллелепипеда) позволяет решить обе приведенные выше задачи. И наоборот, знание решения любой из двух конкретных задач может помочь в решении данной общей задачи.

Для задачи "Найти диагональ параллелепипеда, если даны три его ребра: исходящие из конца диагонали, и три угла между этими ребрами", сходной конкретной задачей является задача "Найти диагональ куба с данным ребром".

Для задачи "Найти сферу (радиус сферы), описанную около данного тетраэдра" сходной задачей с введением дополнительных элементов служит задача на построение окружности, описанной около треугольника. Эта задача решается путем построения перпендикуляра к серединам сторон треугольника; точка пересечения этих перпендикуляров является центром искомой (строящейся) окружности. По аналогии с этой задачей можно прийти к мысли о введении в нашу задачу соответствующих вспомогательных элементов — плоскостей, перпендикулярных ребрам тетраэдра и проходящих через их середины.

Приемы определения области поиска неизвестного

Неизвестная характеристика явлений в задаче, нахождение которой открывает путь к ее решению, принадлежит какому-нибудь объекту или процессу задачи или их компонентам, тому или иному виду их характеристик — качественным, функциональным. В этом смысле неизвестная характеристика находится в той или

иной области и для ее открытия требуется сначала определить область ее нахождения среди других возможных областей (объектов, процессов и их характеристик), а также подобласти внутри некоторой области (компоненты явлений и виды их характеристик).

Есть несколько способов осуществления определения области поиска неизвестного и тем самым его самого.

Первый способ — систематический анализ и перебор всех известных решающему областей и подобластей внутри области. Если искомое находится в какой-нибудь взятой для перебора области, то оно может быть найдено, хотя для этого может потребоваться очень много времени. Если же область или подобласть искомого вообще не попала в поле внимания решающего, то решение найдено быть не может. В связи с этим важно более полно учитывать возможные области нахождения неизвестного.

Второй способ — выбор возможных областей в случайном порядке, наугад.

Третий способ — выбор вначале наугад, а затем с учетом результатов сделанной попытки.

Четвертый способ представляет собой в какой-то мере сочетание первого и третьего методов. В этом случае предварительно устанавливается набор возможных областей нахождения искомого, затем в каждой из них осуществляется оценка одной — двух подобластей (гипотез), и по результатам этой оценки выбираются некоторые области из возможных для более тщательного рассмотрения и даже систематического перебора. Однако для выбора из возможных областей нахождения неизвестного могут быть и другие основания. Помимо этого, очень важно иметь основание для установления набора самих возможных областей поиска неизвестного.

В качестве таких оснований могут выступать знания о видах явлений задачи (объектах или процессах), о видах их характеристик (структурных, качественных, количественных, функциональных свойствах), а также знания о связях объектов и процессов и их характеристик как самих по себе, так и в связи друг с другом.

Со знаниями о характеристиках явлений задачи вы познакомились ранее.

Знания о связях объектов и процессов и их характеристик кратко состоят в следующем.

Качественные и количественные свойства объектов и процессов зависят от их структуры. Функциональные свойства зависят от места объекта в какой-то системе, а также от структуры и свойств объектов и процессов. Кроме того, существует связь между характеристиками объектов и характеристиками процессов. Эта

связь двухсторонняя. Свойства и структура объектов могут порождаться и определяться структурой процесса, и, наоборот, структура процесса может определяться структурой объекта. Знания о видах характеристик явлений задачи помогает в установлении возможных областей и подобластей поиска неизвестных, а знания о связях помогают выбирать необходимые области и подобласти из возможных областей и подобластей.

Делается это следующим образом. Сначала устанавливаются исходные возможные области нахождения неизвестного. Эти области поиска определяются по видам объектов и процессов, заданных в задаче или их характеристикам (если заданы только один объект или только один процесс). Таким образом, исходных областей поиска в задаче по крайней мере столько, сколько объектов или процессов, или и тех, и других упоминается в условиях. Если же в условиях говорится лишь об одном объекте или об одном процессе, то исходных областей поиска неизвестного имеется столько, сколько характеристик данного объекта или процесса упоминается в условиях задачи.

Далее из возможных областей поиска надо выбрать область с наиболее вероятным нахождением искомого. Критерием для этого является принадлежность искомого к тому или иному объекту или процессу задачи. Когда искомое является характеристикой объекта задачи, то начинать надо с объекта. Если искомым служит характеристика процесса, то начинать надо с процесса. Иногда в задаче прямо указывается на объект или процесс среди других явлений, в которых надо искать искомое. Тогда нет необходимости осуществлять указанные два шага.

Далее надо определить возможные подобласти поиска внутри избранной исходной области (объекта или процесса). Здесь подобластями являются общие виды характеристик объекта или процесса. Следующим шагом надо выбрать для анализа вид характеристик объекта или процесса из возможных. Это делается на основе взаимосвязей характеристик объектов и процессов как друг с другом, так и самих по себе. Для этого существуют определенные правила. Если неизвестны характеристики объекта и что-то сказано о процессе, связанном с ним, то сначала надо искать характеристики объекта в связи с данным процессом (это чаще всего структурные и функциональные характеристики объекта). Если о процессе ничего не сказано, тогда надо искать свойства объектов по связям с его структурой или функцией, или наоборот. Иными словами, данные в задаче характеристики объектов общего вида являются основанием для поиска их характеристик того же или другого вида на базе связей этих характеристик.

То же самое относится к неизвестным характеристикам про-

цессов. Если неизвестны характеристики процесса и что-то сказано об объектах, то надо выявлять свойства, структуру или функцию в связи с объектом, то есть надо искать его возможные характеристики в дополнение к тем, которые заданы в определении объекта, порождаемые процессом, и отсюда — характеристики последнего. Если об объектах в связи с искомым процессом ничего не сказано, то следует искать неизвестные характеристики процесса через его известные характеристики, имея в виду их связи и зависимости. (Длительность процесса можно определить по его составу, а иногда наоборот.) После выбора на основе приведенных выше правил характеристики объекта или процесса необходимо анализировать их вплоть до возможного нахождения решения.

Таким образом, прием определения области поиска включает следующие шаги:

1. Определить исходные возможные области поиска неизвестного по объектам и процессам задачи и по их характеристикам.
2. Выбрать области поиска из возможных по принадлежности искомого (неизвестного) к объекту или процессу.
3. Рассмотреть выбранную область поиска и выделить в ней возможные подобласти поиска для рассмотрения по характеристикам явлений.
4. Выбрать для рассмотрения характеристики из возможных в данной области или установить очередность их рассмотрения по взаимосвязям характеристик явлений.
5. Рассмотреть каждую из выбранных характеристик явлений задачи до нахождения характеристик, дающих ее решение.

Например, рассмотрим задачу "Маятник".

Даны часы. Требуется обеспечить постоянство хода часов независимо от колебаний температуры внешнего воздуха.

По условиям задачи в ней говорится о маятнике часов, их ходе и изменениях температуры, воздействующей на ход маятника и часов. Тем самым, исходными возможными областями поиска в этой задаче являются характеристики маятниковых часов, их хода и температурных воздействий. Далее следует решить вопрос о том, с характеристик каких объектов и процессов этой задачи начинать поиск решения. Поскольку требованием задачи является обеспечение постоянства длины маятника часов, а искомым — структура маятниковых часов, делающая неизменной длину маятника при изменениях температуры, то начинать надо с характеристик маятниковых часов. Итак, надо искать характеристики маятника, форму, материал, состав элементов. Эти и другие характеристики представляют собой возможные области дальнейшего поиска. Но с каких же видов характеристик следует начинать рассмотрение?

Поскольку мы имеем характеристики объекта, то следует

посмотреть, не связан ли наш объект с каким-то процессом по условиям задачи. Устанавливаем, с чем связан маятник. Маятник связан с воздействиями температуры, которые изменяют его длину. Отсюда следует, что надо рассматривать структуру маятника, изменяющуюся под воздействием температуры, но изменения которой не должны приводить к изменениям длины маятника в целом.

Рассматриваем макроструктуру и микроструктуру (т.е. материал). Маятник состоит из стержня, груза, оси колебания. Длина определяется расстоянием от оси колебания до груза. Стержень и груз могут быть сделанными из различных материалов (дерево, металл и тому подобное). Все это — структурные характеристики явления. Направлением дальнейшего поиска является устройство маятника, сохраняющее его длину неизменной при изменениях температуры.

Снова возникает вопрос — какое направление выбирать? Попробуем обойтись без проб. Тогда следует выбрать одно направление, например, устройство груза. Попробуем придумать общее решение задачи путем задания нужных характеристик грузу, а затем — стержню. Можно, например, придумать такое устройство, при котором изменение длины маятника автоматически перемещает груз в сторону, обратную изменениям длины. Это практически и есть искомое.

Теперь следует проанализировать, какой именно структурный элемент стержня связан с процессом изменения температуры и испытывает на себе его воздействие. Оказывается, что таким элементом является стержень, а не груз. Стержень маятника изменяет свою длину. Поэтому надо искать неизвестное в структуре (т.е. в устройстве) стержня маятника.

Стержень маятника сделан из определенного материала, который может иметь покрытие и состоять из частей. Поэтому можно попытаться устранить влияние температуры на длину маятника путем подбора материала, который меняет свою длину под воздействием температуры в допустимых пределах. Можно также попробовать использовать термоизоляционное покрытие или попытаться получить изменение длины различных частей маятника в разных компенсирующих направлениях. Но как это сделать? Чтобы одна часть маятника менялась в одном направлении, а вторая — в другом, они должны быть независимы, но связаны. У маятника должно быть два стержня. Один, например, удлиняется вверх, а другой при этом — вниз. Это значит, что у первого стержня должен быть свободен нижний конец, а у второго — верхний. Если нижний конец второго стержня посадить на ось, а верхний соединить с верхним концом первого стержня, то получится то, что надо. (См. рис. 4).

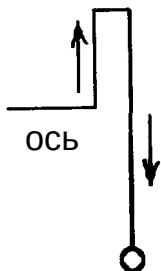


Рис.4. Решение задачи "Маятник".

Правда, нужно еще учесть, что у стержней должен быть различный коэффициент расширения, так как первый стержень длиннее второго, и он должен удлиняться больше при одном и том же коэффициенте расширения. Для компенсации этого короткий стержень должен иметь довольно большой коэффициент расширения.

Рассмотрим теперь другую задачу: "Если к числу прибавить пятерку, число равно пяти; если от числа вычесть пятерку, число будет равно пяти. Чему равно число?" В этой задаче исходная область поиска — число и процесс прибавления и отнимания от него. Искомым является характеристика числа — его величина. Отсюда следует, что для дальнейшего анализа надо выбирать число и выделять другие его характеристики — качественные, функциональные, структурные. Но какие из них целесообразно выделять сначала? В первую очередь фиксируем, что в задаче число связано с процессом прибавления и вычета. Следовательно, пытаемся в каждом виде характеристик выделить те конкретные характеристики, которые связаны с процессом прибавления и процессом вычитания. Это прежде всего структурные и функциональные характеристики.

Структурные характеристики числа являются целостность или дробность, разрядность. В нашей задаче речь идет о целом числе разряда единиц. Однако эта информация пока ничего не дает. Поэтому переходим к выделению функциональных характеристик. Число по своим функциональным характеристикам может быть слагаемым, вычитаемым, уменьшаемым, суммой, разностью, числителем, знаменателем, подпорядковым выражением, показателем степени, корня и так далее. В данной задаче речь идет о сложении и вычитании. Анализируем поэтому функции числа в этом процессе. Наше число может быть слагаемым, уменьшаемым, вычитаемым. Из слагаемых оно может быть как прибавляемым,

так и тем, к которому прибавляется. Если число уменьшаемое или то, к которому прибавляется другое число, то задача не решается. Если же число вычитаемое или прибавляемое, то оно равно самому себе.

Рассмотрим еще одну задачу. "Даны четыре точки. Требуется провести через эти четыре точки три прямые линии, не отрывая карандаша от бумаги, так, чтобы карандаш возвратился в исходную точку. В этой задаче говорится об объектах — четырех точках (расположенных по вершинам воображаемого квадрата) и трех линиях, которые должны их соединить, а также о процессе — способе соединения этих четырех точек. Все эти явления задают искомые и возможные области поиска.

Искомым здесь является способ соединения точек; с его анализа и следует начинать. Неизвестной характеристикой процесса является его структура, состав операции. В результате процесса должны быть получены три линии, которые образуют замкнутую фигуру, соединяющую данные четыре точки. Свойствами этих объектов и задаются операции искомого процесса, который должен породить соответствующий объект.

Замкнутая фигура, образованная тремя прямыми линиями, есть треугольник. Значит надо строить треугольник. А какие бывают треугольники? Треугольники бывают: прямоугольные, остроугольные, тупоугольные, большие и маленькие, равносторонние, равнобедренные, разносторонние, описанные и вписанные ... Стоп! Ну, разумеется, в задаче надо описать большим треугольником четырехугольник, вершины которого являются нашими точками. Задача решена.

Прием вживания в образ явления задачи эмпатии

Рассмотрим задачу: "Шлифовальный круг плохо обрабатывает изделия сложной формы с впадинами и выпуклостями, например, ложки. Как сделать этот круг пригодным для шлифовки таких поверхностей?"

Согласно этому приему предполагается, что элементы изделий следует рассматривать как существа, наделенные сознанием. Если представить в нашей задаче, что частицы поверхности круга должны удалять частицы металла и не удаляться сами, то нужно, чтобы они были похожи на группы человечков, из которых они вычищают металл, а другие придерживают работающих, чтобы они не сорвались с обрабатывающей поверхности. Отсюда идея — раздробить наружную часть шлифовального круга на зерна, сделав их при этом подвижными и одновременно цепляющимися друг за друга.

Прием разбиения задачи на части

В случае, когда в задаче имеются (или можно образовать) такие части, которые составляют легко решаемые самостоятельные задачи,

то эти части необходимо выделить в виде подзадач и решить их, после чего следует преобразовать исходную задачу, имея в виду полученные результаты решения подзадач. После такого преобразования исходная задача, как правило, становится проще.

Рассмотрим пример из работы Л.М.Фридмана и др./35, задача 32, с.61—63/.

Задача. Построить окружность данного радиуса, касающуюся данной прямой и данной окружности.

Решение. В задаче даны три условия:

1) дана прямая. Это значит, что дано положение этой прямой на плоскости чертежа, т.е. на плоскости где-то проведена определенная прямая;

2) дана окружность, это тоже означает, что дано положение и размер этой окружности, т.е. на плоскости чертежа построена вполне определенная окружность;

3) дан радиус искомой окружности. Это значит, что дан (по размеру) отрезок, конгруэнтный радиусу окружности, которую надо построить.

Следовательно, если бы мы знали, где на плоскости чертежа должен находиться центр искомой окружности, то легко смогли бы ее построить. Это значит, что наша задача сводится к построению точки — центра искомой окружности.

Искомая окружность должна:

- а) иметь данный радиус;
- б) касаться данной прямой;
- в) касаться данной окружности.

Наличие этих признаков, которым должна удовлетворять искомая окружность, наводит на мысль разбить нашу задачу на две подзадачи:

1. Дана прямая. Провести окружность данного радиуса, касающегося данной прямой.

2. Дана окружность. Провести другую окружность данного радиуса, касающуюся данной окружности.

Эти две подзадачи можно считать знакомыми, ранее решенными.

Решив первую подзадачу, устанавливаем, что центры таких окружностей лежат на двух прямых параллельных данной прямой и стоящих от нее на расстоянии, равном данному радиусу R .

Решив вторую подзадачу, устанавливаем, что центры таких окружностей лежат на двух окружностях, концентрических с данной и имеющих радиусы $(r - R)$ и $(r + R)$, где r — радиус данной окружности (рис. 16).

Как видим, каждая из подзадач имеет бесконечное множество решений. Но нам нужно найти такие точки — центры искомых окружностей, которые обладают обоими признаками, следовательно

но, они лежат и на прямых и на окружностях. Следовательно, центры искомых окружностей являются точками пересечения прямых с окружностями.

Построив центры искомых окружностей, провести сами окружности уже нетрудно.

- 3). Приемы 3-го этапа 2-й фазы решения — поиск неизвестного с помощью приемов, менее определенных по содержанию

Прием обобщения задачи

Обобщение есть переход от рассмотрения одного частного объекта (частного множества объектов) к рассмотрению такого множества объектов, в котором исходный объект является одним из составляющих, одним из видов (т.е. подмножеством) объектов. Так, если вместо стульев мы начинаем рассматривать мебель, вместо ботинок — обувь, вместо пятаке» — монеты, вместо платья — одежду, то мы совершаем обобщение.

Техника выполнения приема обобщения в соответствии с логическим законом о связи объема (количества объектов в понятии) с содержанием (количество признаков объектов) понятий состоит в отсечении, отбрасывании некоторых признаков у частных понятий, ограничивающих их объем. Например, если в понятии стул (т.е. предмет комнатного убранства, предназначенный для сидения) отбросить признак "предназначенный для сидения", то мы получим более общее понятие — мебель (т.е. предметы комнатного убранства, предназначенные для сна, сидения, хранения одежды и тому подобное).

Приведем пример обобщения задачи. Дана задача: "Построить треугольник по заданному основанию (a), противолежащему углу O и боковой стороне (c)".

Возникают вопросы: как выполнять построение треугольника и что мы можем сделать сразу? Поначалу можно отложить на прямой

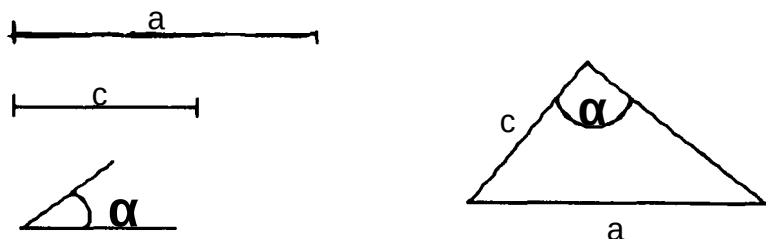


Рис.5. Условия задачи на построение треугольника.

некоторый отрезок. Начнем с основания. Отложим отрезок "а" на прямой. А что делать дальше? Здесь может помочь обобщение задачи. Отбросим одно из условий. Допустим, что треугольник определяется только стороной "с" и основанием "а". Тогда мы сможем построить не один, а множество треугольников.

Рассмотрим другой пример. Дана задача: "Правильный октаэдр и прямая занимают в пространстве фиксированное положение. Найти плоскость, проходящую через данную прямую и делящую октаэдр на две равновеликие части". Для этой задачи более общей является следующая задача: "Замкнутая поверхность, обладающая центром симметрии, и прямая занимают в пространстве фиксированное положение. Найти плоскость, проходящую через данную прямую, и делящую октаэдр (фигуру, заключенную в замкнутой поверхности) на две равновеликие части". Искомая плоскость, естественно, проходит через центр симметрии поверхности, и определяется этой точкой и данной прямой. Так как октаэдр обладает центром симметрии, то тем самым первоначальная задача оказывается решенной.

Таким образом, прием обобщения, как мы видим, предполагает сначала временное отбрасывание, а затем возвращение к конкретной исходной задаче после нахождения принципа решения на материале общей задачи. Самым трудным здесь является выбор направления обобщения, то есть выбор признака, который должен быть временно устранен из рассмотрения. Для того, чтобы сделать более удачный выбор, необходимо четко фиксировать все заданные условия задачи. Затем надо пробовать устранять отдельные признаки, имея при этом, однако, в виду, что при устранении одних признаков задача совсем исчезает, при устранении других — она может усложняться, и лишь некоторые признаки, будучи удаленными, дают действительно более простую задачу по сравнению с исходной задачей.

Рассмотрим еще один пример. Дана задача: "Источник звука (паровоз) передает свои колебания воздуху, где они распространяются со скоростью $c = 340$ метров в секунду. Сам источник движется к наблюдателю со скоростью $u = 40$ метров в секунду. Наблюдатель неподвижен. Какую высоту звука воспринимает наблюдатель — ту же, которую передает источник, или какую-то измененную высоту?"

Сначала зафиксируем условия задачи: 1) источник звука передает звуковые колебания определенной частоты (например, 30 колебаний в секунду) воздуху; 2) эти колебания передаются по воздуху со скоростью 340 метров в секунду; 3) сам источник звука движется к наблюдателю с какой-то скоростью (например, 40 метров в секунду); 4) наблюдатель неподвижен и воспринимает

звук какой-то частоты, то есть звук с каким-то количеством колебаний в секунду; 5) вопрос: какова эта частота?

Теперь надо определить, какое условие следует отбросить. Если отбросить первое или второе условие, исчезает сама задача. При отбрасывании третьего условия задача упрощается. Если отбросить четвертое условие (то есть считать, что наблюдатель также движется в каком-то направлении), то задача, наоборот, усложнится. Если же отбросить третье и четвертое условия вместе, то задача останется почти такой же самой, только вместо аппарата (паровоза) будет двигаться наблюдатель. Итак, для упрощения данной задачи следует отбросить временно третье условие и считать, что источник звука также стоит на месте.

Далее следует решение упрощенной задачи. Оно может быть различным по сложности в задачах разных типов, но упрощенную задачу решать в любом случае легче, чем исходную. Для этого прежде всего следует попытаться, если это возможно, вывести все возможные шаги решения из получившихся упрощенных условий чисто логически, без действия наугад и перебора (подбора и т.п.). В случае нашей задачи это как раз возможно. Так, если источник звука стоит на месте и выдает тридцать колебаний в секунду, то они разместятся на расстоянии 340 метров, и мимо наблюдателя будет "пролетать" тоже 30 колебаний в секунду. Если аппарат (здесь аналог паровоза) стоит на месте и выбрасывает на ленту, движущуюся со скоростью 340 метров в секунду, 30 шаров в секунду, то они разместятся на куске ленты длиной 340 метров и мимо наблюдателя будет проходить в секунду тоже 30 шаров.

Иногда, однако, бывает так, что чисто логически решение даже упрощенной задачи не получается, и тогда приходится действовать угадыванием и подбором. (Мы познакомимся с такими задачами позже.)

Третий прием обобщения — снова введение отброшенного условия и решение исходной задачи. После решения упрощенной задачи оно в свою очередь упрощается, вследствие чего появляется понимание принципа решения, которым можно воспользоваться при решении задачи в осложненных условиях при введении дополнительного условия. Так, в нашей задаче после решения ее при условии неподвижности источника звука стало ясно, что все зависит от того, сколько метров проходит звук мимо наблюдателя в секунду и сколько колебаний звука будет на этих метрах. При неподвижном источнике и скорости звука 340 метров в секунду на 340 метров колебаний было столько же, сколько их выдавал источник в секунду, то есть 30 колебаний.

Если источник движется в сторону наблюдателя со скоростью 40 м, то он будет выдавать 30 колебаний в секунду уже не за

340, а за 300 метров дистанции, т.е. более кучно, причем так, что каждые десять колебаний будут приходиться не на 11 метров дистанции (как при неподвижном источнике), а на 10 метров. Отсюда следует, что на 340 метров дистанции будут уже приходиться не 30, а 34 колебания.

Прием конкретизации задачи (специализация)

Прием конкретизации состоит в нахождении более частной задачи путем введения дополнительных видовых свойств явлений и конкретных примеров общей задачи.

Например, надо доказать, что в треугольнике наибольшая высота H равна сумме (или меньше) радиусов вписанной и описанной окружностей (соответственно, r и R). Иначе говоря, доказать, что $H = r + R$. Вначале пробуем частный случай — берем равносторонний треугольник. Здесь, естественно, $r = H/3$, а $R = 2/3 \cdot H$. Очевидно, что для этого случая теорема верна. Далее берем равнобедренный треугольник. В предельном случае угол при решении равен 0° , основание исчезает — соответственно, $r = 0$, $R = 1/2 \cdot H$. Таким образом видно, что для этого случая теорема также верна. В другом предельном случае угол при вершине равен 180° , и тогда $r = 0$, $R = 0$, $H = 0$. Тем самым теорема, очевидно, не подтверждается.

Рассмотрим пример другой задачи. Последовательность: 0, 3, 6, 9, a_n : "Составить формулу общего члена последовательности, т.е. выразить величину любого члена a_n через его порядковый номер "n", где $n = 1, 2, 3, \dots n$. Как и при выполнении приема обобщения, наиболее трудным в осуществлении конкретизации является поиск ее направлений и решений конкретной задачи. Для приема конкретизации так же, как для обобщения, необходимо четко фиксировать исходные данные, условия задачи. Так, в задаче с последовательностью исходными условиями являются: 1) даны величины нескольких идущих подряд членов последовательности чисел; 2) даны некоторые номера членов этой последовательности; 3) требуется выяснить: какова общая формула связи величин членов последовательности с их порядковым номером.

Итак, мы перечислили основные условия задачи. Возникает вопрос: как их можно упростить? Если мы отбросим первое условие целиком или второе условие, то исчезает сама задача. Может быть тогда отбросить часть первого или второго условия? Но какие в них имеются части? В первом условии говорится, что имеется группа членов последовательности чисел, а также ее отдельные части. Что если не брать сначала всю группу членов последова-

тельности целиком, а взять лишь ее один или два члена и попытаться найти для них формулу связи их величин с номером этих членов? Тогда задача упростится. В связи с этим выбираем второй и третий члены.

Второй шаг — решение упрощенной задачи можно совершить либо путем логического выведения из условия следствий, дающих ее решение, либо путем угадывания и подбора способа решения. Попытаемся осуществить решение нашей задачи именно путем подбора соотношения конкретной величины члена последовательности с его номером и проверить затем это соотношение на втором ее члене.

(Ниже будут проанализированы задачи, в которых прием решения упрощенной задачи осуществляется не путем подбора, а преимущественно логическим выводом.)

Итак, как отмечалось выше, был выбран второй и третий члены последовательности (соответственно — 3 и 6). Пробуем выразить величину второго члена через его номер: $3 = 2 + 1$. Затем переносим на третий член: $6 = 3 + 1$. Оказывается, не подходит. Тогда пробуем другие варианты. Например $3 = 2 \cdot 2 - 1$. Далее переносим на третий член последовательности: $6 = 3 \cdot 2 - 1$. Опять не подходит. Еще раз пробуем: $3 = 2 \cdot 3 - 3$, переносим на третий член последовательности: $6 = 3 \cdot 3 - 3$. А вот этот вариант подходит.

Третий шаг состоит в том, что мы возвращаемся к исходным данным задачи и пытаемся осуществить ее решение с учетом исходных данных. В нашем случае применяется общая для двух членов формула общего члена последовательности к другим известным членам последовательности, и проверяется, таким образом, пригодность полученной формулы. Если формула годится, то мы обобщаем ее на все возможные члены последовательности. Итак, в результате оказывается, что подходит как вариант $9 = 4 \cdot 3 - 3$, так и $12 = 5 \cdot 3 - 3$. Обобщаем для общего n -го члена последовательности: $a_n = n \cdot 3 - 3$.

Прием переструктурирования явлений задачи

Изменение связей элементов задачи может быть достигнуто не только путем введения дополнительных элементов, но также и без добавления нового материала — за счет одного лишь изменения расположения уже имеющихся элементов как путем извлечения соотношений между ними в новой диспозиции, так и перестановкой или перегруппировкой этих элементов.

Например, дана задача: "Найти формулу расчета площади параллелограммов".

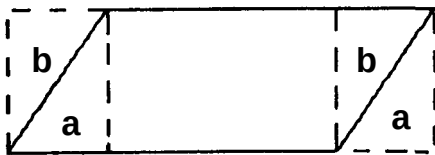


Рис.6. Условия задачи на расчет площади параллелограммов.

Если мы заметим, что параллелограмм можно представить как равнобедренный ему четырехугольник путем перестановки любой его треугольной части в противоположный конец, то формула расчета площади четырехугольника просто обращается в формулу расчета площади параллелограмма — и она равна произведению основания на высоту.

Прием формулирования и решения обратной задачи

Если мы не имеем возможности решить данную нам задачу, то следует попытаться сформулировать и решить задачу обратную, и это может помочь в нахождении решения исходной прямой задачи.

Обратная по отношению к некоторой исходной — это такая задача, в которой известное в исходной задаче становится неизвестным, а неизвестное — известным. Например, дана задача: "Два цилиндра одинакового радиуса пересекаются под прямым углом. Найти объем их общей части пересекающихся под прямым углом двух тел. Определить форму эти тел". Указанная обратная задача математически еще сложнее, чем исходная прямая. Но если угадать форму общей части, то она легко решается. Значит, в прямой задаче надо искать формулу общей части и затем ее объем.

Очевидно, что поскольку в состав известного и искомого в какой-либо задаче входят несколько элементов, то для любой данной задачи можно построить несколько обратных ей задач — причем тем больше, чем больше компонентов в данном искомом. Так, для предложенной выше задачи, наряду с рассмотренной, могут быть построены следующие обратные ей задачи: "Под каким углом пересекаются два цилиндра одинакового радиуса, если объем их общей части известен?"; "Два цилиндра определенного радиуса пересекаются под прямым углом. Известен объем их общей части. Определить соотношение между радиусами цилиндров" и т. п.

Прием запрета критики выдвижения любых гипотез

Этот прием состоит в снятии ограничений на гипотезы и в допущении любых, даже самых абсурдных, предположений о возможных решениях задачи.

Иногда кажущиеся на первый взгляд абсурдными предположения оказываются ближе к цели, чем гипотезы, представлявшие вначале более осмысленными и подходящими. Например, дана задача: "В прочный, герметически закрывающийся сосуд кладут 30—40 кубиков разного состава и заполняют сосуд агрессивной (высоко активной) жидкостью. Идут испытания, цель которых — выяснить, как действует агрессивная жидкость на поверхность кубиков. Но эта жидкость действует и на стенки самого сосуда, и поэтому стенки приходится делать из дорогого металла. Как обойти это затруднение?" Для этой задачи предложение "вообще отказаться от камеры, содержащей жидкость", на первый взгляд, кажется абсурдным, т. к. не ясно, где же тогда держать жидкость? Однако выход есть: жидкость надо наливать внутрь кубиков.

Выдвижение противоположных гипотез является приемом в составе этого же семейства. В ряде случаев он может оказаться также полезным. Суть данного приема проста: если есть какая-нибудь гипотеза, то следует сформулировать еще и гипотезу, противоположную имеющейся.

Прием переключения на другие проблемы

В случае нестандартных задач довольно частой является ситуация, при которой субъект отказывается от попыток дальнейшего поиска, предложив два-три тривиальных решения задачи (в сущности таковыми не являющихся). Например, при решении задачи "Пятерка" ("Если к числу прибавить пять, число будет равно пяти; если от числа вычесть пять — число также будет равно пяти. Чему равно число?" предлагаются такие варианты, как: "Разговор идет о двух разных числах — о нуле и о десяти" или "Задача решения не имеет". Далее испытуемый отказывается от дальнейших попыток. ("Мыслей нет, ничего больше не приходит в голову"). Однако, если переключить решающего на решение другой какой-то проблемы, а затем предложить вернуться к задаче, ситуация может измениться, и решение задачи будет продолжено, и будут предложены новые гипотезы.

Приемы 3-й фазы решения — проверки и анализа гипотез

1). Проверка выдвинутых гипотез

Этот прием состоит в осуществлении преобразований данных в задаче явлений в направлении, предполагаемом гипотезой, и установлении возможности или невозможности получения результата требуемого по условию задачи с помощью этих преобразований.

Например, в задаче "Маятник" проверка гипотезы об автоматическом удлинении или укорочении маятника путем «перемещения груза маятника вверх или вниз в связи с изменением температуры

описывается следующим рассуждением. Если осуществить автоматическое перемещение груза вверх или вниз по стрелю, то груз должен быть оснащен двигателем, который включается в термореле. Это предполагает наличие блока питания реле и двигателя (если он электрический, а не пружинный), электропроводов и т. п.

В принципе таким образом можно получить нужный результат и тем самым решить задачу, то есть гипотеза реализуема.

В задаче "Х-лучи" гипотеза, предполагающая экранировать здоровые ткани от лучей, имеющих вредную для них величину интенсивности, вообще не проходит, так как при этом лучи не попадают и на опухоль, которую они должны лечить именно при высокой интенсивности. Эта гипотеза является нереализуемой.

2). Выделение оснований гипотез

Выделение оснований гипотезы состоит в указании свойств, характеристик и связей объектов задачи, которые позволяют действовать в определенном направлении для решения задачи. Например, в упомянутой задаче "Маятник" основанием выдвижения гипотезы является связь длины стержня маятника с местом расположения груза по отношению к оси маятника и расстояния от оси до груза. Одним из способов изменения этого расстояния является перемещение груза по стрелю, другим — изменение длины стрелю.

3). Анализ достоинств и недостатков гипотез

Установление достоинств и недостатков реализуемых гипотез состоит в выделении положительных и отрицательных сторон предлагаемого в гипотезах способа действия. При этом первым и общим достоинством реализуемых гипотез является их осуществимость по сравнению с гипотезами нереализуемыми. Другие достоинства и недостатки определяются спецификой материала.

Например, реализация гипотезы об автоматическом перемещении груза в задаче "Маятник" имеет главным недостатком относительную сложность устройства перемещения груза, большое количество элементов механических, электрических и других для выполнения одной функции-компенсации температурных колебаний. В этой связи данная гипотеза не может быть принята сразу. Можно попытаться поискать более простой способ решения задачи.

4). Рассмотрение причин непригодности гипотез

Установление причин непригодности (нереализуемости) гипотез заключается в выявлении факторов, определяющих невозможность или безрезультатность способа действия, предлагаемого в гипотезе.

Например, причина непригодности гипотезы об экранировании

здоровых тканей в задаче "Х-лучи" состоит в том, что при этом не может быть достигнут заданный в задаче результат, так как лучи не попадут не только на здоровые ткани, но и на больные, которые нужно вылечить.

Данная гипотеза является также тривиальной, представляет собой очевидный кажущийся простым и естественным способ решения, который прежде всего приходит на ум. В этом случае полезно знать, что кажущаяся очевидность пути решения является первым признаком его непригодности.

5). Установление сходства идей в гипотезах, выявление привносимых условий

Если после осуществления приемов очередного этапа 2-й фазы решения появилось несколько гипотез, то, кроме анализа каждой из них, может быть полезным проанализировать их совокупность на предмет сходства гипотез и допущений, на которых они строились.

Анализ сходства гипотез должен выявить доминирующие идеи, присутствующие в их совокупности. Например, в задаче "Маятник" предложение покрасить стержень теплоизоляционной краской и предложение поместить маятник или часы целиком в ящик с теплоизоляцией являются вариантами одной и той же идеи — оградить маятник от тепловых воздействий и изменений. Достоинства, недостатки, основания принятия или отвержения обеих гипотез во многом одинаковы. Чаще всего сходные идеи репрезентируют возможное направление поиска решения.

Очень распространенной причиной трудности решения задачи, а иногда и основной трудностью является привнесение мешающих условий, о которых в формулировке задачи не говорится. Для преодоления этой трудности полезно попытаться выявить такие привнесения путем применения приема анализа допущений в предложенных гипотезах.

Суть приема анализа допущений состоит в том, что после выдвижения гипотез и попыток их реализации решающий задачу собирает все свои неудавшиеся гипотезы и пытается выделить общие условия, которые в них предполагаются. Если это удастся, то выявленные допущения надо отбросить и искать другие пути решения без использования указанных предположений и допущений.

Например, в задаче "Четыре точки" имеются следующие неудачные попытки ее решения:



Рис. 7.

Нетрудно увидеть, что все эти попытки основаны на соединении линий внутри пространства, ограниченного четырьмя заданными точками. Это означает, что такое допущение не дает решения и от него необходимо отказаться; следует попытаться использовать линии, выходящие за пределы данного пространства. Эта идея и приводит к решению.

В задаче "Пятерка" анализ неудачных гипотез может показать, что все они исходят из допущений о числе как об уменьшаемом или о таком, к которому прибавляется пятерка, а не о самом прибавляемом и вычитаемом числе. Отбрасывание же допущения приводит к решению.

Вспомогательные приемы

Прием уменьшения возбуждения (по А. Н. Орехову)

1. Скажи себе самым убедительным тоном 2-3 самых сильных аргумента в пользу незначительности ситуации.
2. Несколько раз сначала закрой, потом открой глаза, с напряжением сводя их к переносице.
3. Почувствовав усталость мышц глаз, представь себе, что ты — зритель собственных действий.
4. Снова на 1-2 минуты закрой глаза, стараясь вообразить утреннюю свежесть.

Прием можно повторить один-два раза.

Прием увеличения возбуждения

1. Воспроизведи в памяти ситуацию своего нетерпения.
2. Закрой глаза и напрягай их мышцы так, будто усиленно всматриваешься вдаль.
3. Почувствовав легкую усталость мышц глаз, представь себе как можно ярче ощущение нетерпения (не открывая глаз).
4. Представь энергичное биение пульса в висках.
5. Открыв глаза, переходи к решению задачи с использованием приемов, полагая это жизненно важным делом.

Прием можно повторить несколько раз.

3. Пример из протоколов решения задачи с использованием всей системы приемов

Задача "Х-лучи". Испытуемый В. П. — студент первого курса МЭИ. Условие задачи: "Найти прием для уничтожения неоперабельной опухоли желудка такими Х-лучами, которые при достаточной интенсивности разрушают патологические ткани, при этом окружающие опухоль здоровые части тела не должны быть разрушены".

Протокол решения

1-я фаза решения задачи

1. Проведем анализ условий. Выделим данное и искомое.

Дано: 1). Опухоль в желудке;

2). Х-лучи, которые могут ее разрушить при высокой интенсивности;

3). Здоровые ткани на пути лучей к опухоли, которые также разрушаются при высокой интенсивности лучей.

Требуется: найти способ применения Х-лучей для облучения опухоли без разрушения здоровых тканей.

2. Отнесем данное и искомое к объектам и процессам. Данное: опухоль — объект, лучи — объект, ткани — объект. Искомое: способ облучения — процесс.

3. Фиксируем данные и искомые в задаче свойства объектов и процессов.

Данные свойства:

— опухоль разрушается при высокой интенсивности лучей;

— лучи имеют интенсивность;

— здоровые ткани на пути лучей к опухоли разрушаются при высокой интенсивности;

— способ облучения — не разрушает здоровые ткани, но разрушает опухоль.

Искомые свойства:

— конкретное направление лучей или другие их характеристики либо свойства тканей, которые им следует придать, чтобы опухоль получала лучи нужной интенсивности и разрушалась, а ткани — нет.

4. Основной конфликт задачи — лучи лечат опухоль, но разрушают здоровые ткани, стоящие на пути к ней, для опухоли они нужны, для тканей — нет, но они облучаются одновременно.

5. Смоделируем условия:

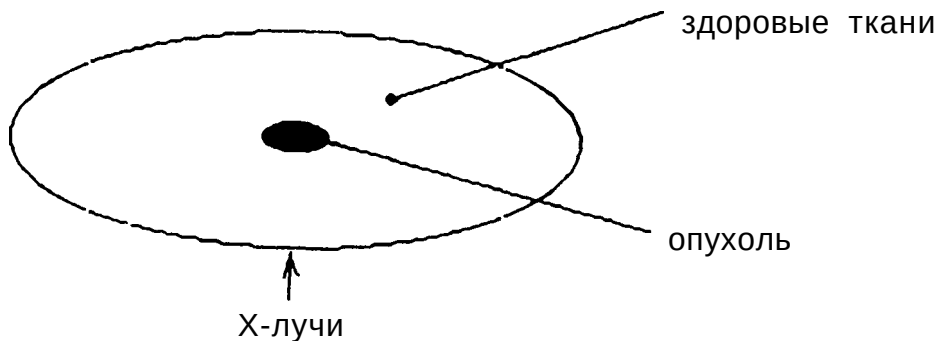


Рис. 8

2-я фаза. Поиск решения.

1-й этап.

1. Понижаю уровень активации.

2. Развертываю определение объектов и процессов:

ткани — группы клеток организма;

опухоль — патологическое разрастание тканей;

X-лучи — поток частиц или электромагнитных колебаний;

интенсивность лучей — количество частиц и переносимой ими энергии.

Вывожу другие характеристики объектов.

Свойства тканей. Не выдерживают X-лучей большой интенсивности. Какие еще? Это материал биологии. Я здорово подзабыл. Наверное, это огромное количество характеристик: всякие там обмены, деления, иммунитеты. Нет, должно быть что-то попроще, ведь задача-то не для спеца. Но что же это? Нет, пока не знаю. Опухоль. Ну, это еще сложнее, это ведь медицина. Что я знаю? Опухоль лечится лучами высокой интенсивности, когда распадается, дает метастазы. Иногда лечится химией.

Какие у лучей характеристики? Сейчас вспомню из физики. Прямолинейность, но это у света, а в задаче какие-то X-лучи. Наверное, у них те же характеристики, что и у света. Значит прямолинейность, что еще? Угол падения равен углу отражения. Еще? Лучи преломляются. А, ну да, интенсивность, скорость распространения, направление, ширина луча. Что же еще? Ладно, пока хватит.

Следующий прием — движение от конца к началу. Так, что должно быть в конце? В конце, в решении, должно быть получено разрушение опухоли интенсивными лучами без повреждения

здоровых тканей, стоящих на пути лучей. Какие отсюда следствия? Здоровые ткани нужно сберечь от лучей. Для этого их можно экранировать, но как? Ведь тогда закроется и проход к опухоли. Может быть, надо как-то обезвредить действие лучей на здоровые ткани, впустить какое-то вещество. Нет, не знаю.

Вторичное моделирование. Так, что я могу добавить к исходной схеме? Кажется, пока ничего.

Далее, сближение данных и требований. Что требуется? Вылечить опухоль лучами высокой интенсивности. Что дано? Лучи и здоровые ткани на пути к опухоли. Здесь и в требовании, и в данных, по-моему, речь идет об одном и том же, так что, слава богу, нечего сближать. Они уже сближены. А может нет? Ну-ка, еще раз. Требуется высокая интенсивность на опухоли даны лучи высокой интенсивности и ткани на пути к опухоли, для которых такие лучи вредны. Да, вроде бы правильно: и в требовании, и в данных про одно и то же.

Лишние условия в формулировке задачи. Так, что здесь может быть для запутывания? Сразу сказать трудно. Вроде, явной пудры нет. Итак, какой получается навар в смысле гипотез первого этапа поиска. Первая гипотеза — экранировать здоровые ткани. Вторая гипотеза — обезвредить действие лучей на здоровые ткани каким-нибудь веществом. Кажется, все. Да, все. Проводим анализ гипотез.

Экранирование здоровых тканей. Уже при решении видел, что это не проходит. Здоровые ткани окружают опухоль, значит, на нее тоже не попадут лучи. Эта гипотеза очевидная, слишком простое решение не годится.

Вторая гипотеза — впустить обезвреживающее вещество в здоровые ткани. Эта гипотеза в принципе реализуема, только нужно знать, что это за вещество, ведь оно должно пропускать лучи к опухоли. Если такое вещество есть, тогда все. Если же нет, тогда его надо изобрести, и это может быть более трудной задачей.

Такого вещества нет. Раз такого вещества нет, значит, гипотеза не проходит. Но она не совсем очевидная, по-моему, и непригодна потому, что неизвестно, как делать нужное вещество.

Теперь сходство в гипотезах. Так в чем же они сходны? Что тут у меня доминирует? Кажется, я все о тканях забочусь: экранирую, вещество впускаю. Может надо опухолью заняться или лучами что ли?

Лишние условия. Так, посмотрим, что я мог добавить лишнего в условия? Может быть, то, что интенсивность у лучей губит ткани? Нет, это сказано в условии. Может быть, лучи как-нибудь могут двигаться в обход, а я считаю, что только прямолинейно?

Да, действительно, ведь есть, кажется, какой-то прибор, по которому свет может распространяться криволинейно. Светопровод, что ли? Ну вот и решение: запускаем светопровод через пищевод в желудок и облучаем опухоль. Неужели так просто. Надо спросить у преподавателя. Преподаватель отводит решение. Да, жаль. Ну что же, придется дальше голову ломать. А, может, отвлечься немного? Да нет, я вроде еще не скис. А со светопроводом это я здорово смекнул. Жаль, что задача старая и ее решали без японских приборов. Ладно, будем думать дальше.

Надо переходить ко второму этапу поиска.

Повышаю уверенность в себе.

Сходная задача — не могу припомнить.

Затем — определение области поиска неизвестного.

1. Фиксируем исходные объекты задачи: опухоль, здоровые ткани, X-лучи; исходный процесс — облучение.

2. Выбираем область поиска из возможных. Опухоль — объект воздействия, от ее характеристик зависит интенсивность X-лучей. По условию она должна быть высокой.

Здоровые ткани — препятствие на пути лучей; в их характеристиках может быть искомое.

X-лучи также могут содержать характеристику, т.к. они взаимодействуют с тканями и опухолью.

С чего начать более предпочтительно? С тканей? Но почему? А почему с лучей? Нет, выбрать начало с обоснованием. Я здесь не вижу как. Буду рассматривать свойства по порядку: "ткани, опухоль, поток X-лучей. Итак, ткани. Какие у них там свойства, я зафиксировал вначале? (Смотрит.) Ну, тут все глухо. Я про такие ничего не знаю. Тут нужны учебники биологии. И про опухоль тоже хило. Надо лучи отжимать. Характеристики лучей (перечитывает). Тоже не густо, но все-таки что-то есть.

Рассмотрим характеристики лучей. С какой начать? По алгоритму надо начинать с той, которая влияет на объект. Объекты — ткани, опухоль. Значит, с интенсивности. Ну и опять тоже самое. Черт побери, все время упираюсь в начало. Интенсивность большая вредит тканям, но лечит опухоль, малая — наоборот. Что ж тут можно сделать? Как получают интенсивность, от чего она зависит? Она зависит от энергии источника, от среды распространения лучей. Одна среда больше гасит лучи, другая — меньше. Ну, и что это мне дает для решения? Может быть, сначала лучи ослабить, а потом усилить? Но как их потом усилить? Может быть, что-то сделать со средой между тканями и опухолью? Да нет, это те же ткани. Нет, не получается.

Попробуем теперь эмпатию. У нас основная трудность, как уберечь здоровые ткани от разрушения. Поставим себя на место

тканей, сделаем их сознательным существом. Ну, что будут делать сознательные существа, когда на них падают вредные лучи? (Да, в Чернобыле они ничего не делали. Наверное, сознание потеряли.) Ну, а мы на месте тканей? Либо удалиться, либо отгородиться. Второе не годится. Удалиться тканям тоже некуда, разве что отрезаться. Это хирургия. Может быть, филиппинского врача применить? Но он вытащит опухоль без операции, и облучать не надо. Ну, а если отгораживаться от лучей и пропускать их квантами так, чтобы здоровые ткани от таких доз не разрушились, а опухоль будет лечиться. Но сколько нужно для тканей и для опухоли? Может быть, для тканей даже малая доза вредна, а для опухоли бесполезна?

Следующий тут прием — разбиение задачи на части. Так, какие здесь можно выделить части? Может быть, сначала что-то делать со здоровыми тканями, а потом пропускать лучи на опухоль или сначала что-то сделать с опухолью? Да, все это опять ведет к предположениям, которые я уже делал и отбросил. Отгораживать здоровые ткани, обрабатывать их химией, выводить опухоль наружу — это все уже было. А может быть, еще что-нибудь, их как-то изменить? Ну, а как? Опять в голову облучение порциями лезет. Другие гипотезы что-то не появляются. Ну, ладно, поработаем с уже сделанными предположениями, а потом пойдем дальше.

Так, какие гипотезы я наработал на втором этапе? Зафиксируем. Во-первых, можно сначала ослабить лучи, потом усилить, во-вторых, вывести опухоль наружу, чтобы прямо можно было только ее облучить. Третье — пропускать лучи квантами.

Проверяем первую гипотезу. Этот путь, наверное, реализуем, если найти, как лучи ослаблять и потом усиливать. Основания этой гипотезы понятны. А вот достоинства и недостатки не ясны, пока не известен способ реализации. Сама по себе эта гипотеза, как мне кажется, неплохая, она не очевидна. Да, надо с ней еще поработать. Так, еще раз сначала интенсивность ослабляем. Это понятно как. Меньше лучей даем, как бы, менее ярко светим. Погоди, а что яркость от количества лучей, что ли, зависит? Нет, это физика, тут нужно уточнить. Кажется, именно так и зависит. Ведь, если в одну точку луч светит — одна яркость, точнее, интенсивность, если два или больше, то интенсивность больше. Ага! Значит, нужно добавлять количество лучей или убавлять, ну да, если пускать несколько слабых лучей с разных сторон в одно место, то там интенсивность их будет суммироваться. Ну вот, кажется, и решение. Ура! Эврика! Нужно несколько слабых лучей пускать на опухоль, они там суммируются и будет интенсивность, а здоровые ткани в разных местах получают слабое облучение. Да, здорово. Хорошая гипотеза. Так, как это будет, проверим наглядно.

(Рисуем опухоль внутри круга и много лучей, сходящихся на опухоли):

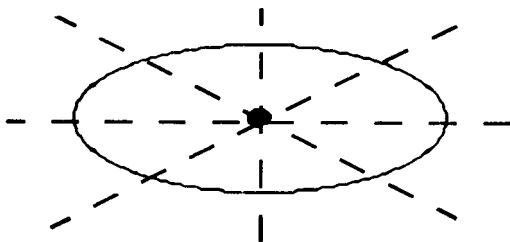


Рис. 9

Интересно, и задача-то теперь кажется простой. Что же мне мешало? По-моему, я все время думал, что источник лучей один. Ну да, сам придумал лишнее условие, но этого не мог заметить. А как сообразил, тоже не очень понятно, но анализ гипотезы помог.

Ильясов И. И. Система эвристических приемов решения задач. — М., изд. Российского открытого университета, 1992. — 140 с.

В книге представлен анализ эвристических приемов решения задач. Проанализировано большое количество приемов и предложена их система с учетом фаз решения задачи и степени определенности состава приемов. В обучающих опытах проверена эффективность этой системы.

Книга предназначена для научных работников в области психологии, дидактики, методики, преподавателей, аспирантов и студентов.

И.И. Ильясов

**СИСТЕМА ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

Редактор А.П.Мишле

Корректоры: И.В.Денисова, Л.П.Шибаета, Л.А.Ануфриева

Художник обложки А.И. Дремин

Подписано в печать 15.02.92. Формат бумаги 60х84/16.
Печать ротапринт. Бумага офсетная. Объем 8,75 уч.-изд.л.
Тираж 10 000 экз. Заказ № 756 Цена договорная
МГП "ФОТОТИП"