

## **Развитие инженерного мышления средствами открытых задач предметного и профессионально ориентирующего содержания**

О.Ю. Цибарева, директор МБОУ Школа № 63 г.о. Самара,  
Л.В. Тимошенко, заместитель директора МБОУ Школа № 63 г.о. Самара,  
В.И.Юдин, научный консультант МБОУ Школа № 63 г.о. Самара, доцент  
кафедры современных технологий ЦРО г. о. Самара

*Инженерное мышление* обычно связывается со способностью человека представлять техническое изделие или его замысел в проекциях, позволяющих в дальнейшем воссоздать его в нужном материальном исполнении. При этом его развитие в системе общего образования традиционно связывается, прежде всего, с трудовой подготовкой учащихся [2, с. 143-144]. Соответственно важным, а в массовой практике – основным показателем его успешности, служило усвоение учащимися навыков труда и технического черчения.

Такая трактовка инженерного мышления и подхода к его развитию неоправданно сужает сферу его приложения, несмотря на творческую сущность исходного понятия «инженер» (от латинского «ingenaire» – «творить», «создавать», «изобретать»). Дело в том, что способность человека воссоздавать объекты познания в проекциях, позволяющих в дальнейшем воплощать его цели (замыслы) в практические решения – есть, в сущности, то качество личности, в сферу приложения которого вполне могут вписываться все социальные практики и, соответственно, все предметные области учебного плана школы. Но нужно ли это школе? Ведь, казалось бы, сложившаяся система обучения этим предметам обходилась и вполне обходится без его участия. Это так, но лишь отчасти. Образовательные задачи реализации ФГОС в части усиления практической направленности обучения школьников и поддержки не удаётся решить по логике и подобию решения задач формирования знаний, умений и навыков. Лучшие учителя это понимают и уже пробуют использовать другие подходы.

Определённые перспективы здесь открывает использование так называемых «открытых задач», методика которых активно разрабатывается и распространяется в настоящее время под руководством А.А.Гина. Они характеризуются размытым (нечетким) условием, с неизвестным количеством исходных данных, с множеством ответов. Их решение, в отличие от решения стандартных учебных задач, не может быть достигнуто применением усвоенного учащимися правила или алгоритма действия. Способы решения и достижения нужного результата здесь конструируются, а не воспроизводятся [1].

Однако использование подхода А.А.Гина к развитию у школьников соответствующих качеств мышления и познавательного опыта (воссоздавать объекты познания в проекциях, позволяющих в дальнейшем воплощать его цели в практические решения) существенно ограничивается двумя причинами:

1) Приёмы выполнения соответствующих учебных действий («сделай наоборот», «сделай заранее», «обрати вред в пользу», «перейди в другое измерение» и т.п.) представлены формулировками, специфичными для ТРИЗ, но не достаточно конкретными для их актуализации и использования при построении искомых учебных действий.

2) Процесс решения таких задач не актуализирует и, соответственно, не позволяет осваивать, как стройную систему, доступный учащимся спектр средств познания явлений реальной действительности (эмпирических, теоретических, коммуникативных и др.). Точно также он не формирует у них очень важный для развития инженерного мышления опыт преобразования явлений, представленных открытыми задачами к виду, делающему актуальными освоенные ЗУНы по изучаемым предметам (средства решения привычных для учащихся «закрытых» задач). Соответственно, основным средством достижения нужного результата здесь чаще выступает догадка и тренировка ассоциативного мышления.

Руководствуясь тем, что педагогический опыт развития инженерного мышления у учащихся школы должен опираться не только на собственные возможности, но и на потенциал самарской науки, коллектив школы стал активно сотрудничать в этом направлении с доцентом Центра развития образования В.И. Юдиным. В систему методической работы коллектива школы были включены совместные методологические семинары, позволившие общими усилиями не только разработать, но и успешно внедрить в практику работы педагогического коллектива школы новую, альтернативную традиционной, образовательную технологию педагогической поддержки развития инженерного мышления у учащихся.

В ходе её разработки было установлено следующее.

1. Совершенствование практики развития инженерного мышления, в сферу приложения которого могут вписываться все социальные практики и, соответственно, все предметные области учебного плана школы требует внесения соответствующих изменений в само понимание этого явления. С учётом представленного выше анализа сложившейся образовательной практики мы предлагаем следующее определение: **инженерное мышление** – есть специфический вид мышления, определяющий способность человека воссоздавать объекты разнообразных социальных практик (учебных, научных, производственных и др., как технической, так и гуманитарной направленности) в проекциях, позволяющих в дальнейшем воплощать их цели (замыслы) в практические решения. **Инженерное мышление** представляет собой высший уровень проектного мышления и отличается от него детальной привязкой «проекций», в которых воссоздаётся выбранный объект, к условиям, средствам и целям его последующего преобразования.

2. Развитие инженерного мышления предполагает последовательно реализуемую деятельность учителя и учащихся. С одной стороны она касается особенностей содержания учебных задач (определённым образом построенных и представленных учащимся открытых задач), с другой стороны, – особенностей представления в них реальных социальных практик. Сложность и, одновременно, важность этой работы, обусловлена сближением в ней двух планов учебной деятельности учащихся (как разновидности социальных практик): практики преобразования традиционных объектов учебной деятельности (с четким условием, конкретными исходными данными, однозначностью ожидаемых ответов) и практики преобразования естественных объектов окружающего учащихся мира (с многозначностью и, даже, бесконечностью вариантов их поведения, неявным представлением исходных данных и др.). Соответственно организация такой совместной работы включает ряд этапов:

– конструирование соответствующих открытых задач, предполагающих описание реальных объектов, которое, с одной стороны, неявно отражает некоторый состав присущих им элементов и связей, относящихся к изучаемой теме или содержанию изучаемого учебного предмета, с другой стороны; позволяет целенаправленно выполнить познавательно значимые преобразования объектов, представленных описанием (позволяет решать эти задачи и глубже осваивать учебный предмет);

– создание профессионально или социально ориентирующей ситуации, мотивирующей учащихся на совместное (в группах) включение в процесс решения этих задач;

– организация функционально согласованного взаимодействия, с одной стороны, имитирующего реалии какой-либо профессиональной или социальной сфер деятельности человека, с другой стороны, позволяющего учащимся увидеть в описании задачи те, уже изученные или параллельно изучаемые ими элементы и связи, к соотношению которых, как к вероятной модели, можно спроецировать исходные объекты, представленные описанием задачи;

– подключение (в качестве новых вводных или в порядке оказания помощи) дополнительной информации или её источников, позволяющих учащимся увидеть

недостающие или неявно представленные характеристики и свойства объекта представленного в задаче;

– построение идеальной (теоретической) модели этого объекта;

– обсуждение вариантов практического решения этой задачи, открывающихся в рамках построенной модели (исходя из требований задачи или инициируемого самими учащимися);

– публичная защита результатов решения предложенной задачи

Рамки статьи не позволяют подробно рассмотреть все этапы этой работы. Тем не менее, многое для понимания особенностей её влияния на развитие инженерного мышления школьников можно получить уже из описания одного из этапов – этапа моделирования. Для наглядности его представления воспользуемся текстом, одного из описаний.

Текст «Чистый воздух улицам города»

*«Количество машин на наших дорогах продолжает увеличиваться. Действие выхлопных газов, выделяемых каждой машиной на любом участке дороги, становится всё более ощутимым. Редкие деревья и кустарники, посаженные вдоль дорог, слабо справляются с этой проблемой, так как объем выхлопных газов, нейтразуемых каждым деревом не велик. Службы города по-разному пытаются решить эту проблему. ГАИ повышает требования к качеству выхлопных газов, штрафуют нарушителей. Дорожные службы стараются поддерживать чистоту улиц, пытаются увеличить пропускную способность транспортных магистралей, пересекающих территорию города. Очевидно, каждой сфере этой деятельности присущи свои задачи и способы обеспечения чистоты окружающего воздуха. А какие задачи по этой проблеме можно ставить и решать в рамках изучаемых вами предметов?».*

Процесс перевода представленного описания объекта в его модель можно выразить следующим рядом действий, общих для всех объектов:

1. Исходя из описания объекта, определяется:

а) ключевое или одно из ключевых событий, требующих системного преобразования, создающее профессионально или социально значимый образ этого объекта;

б) проблема, препятствующая преобразованию этого события.

Схематично данный состав преобразований объекта можно представить так:

*познавательная область (дисциплина) → ключевое звено (событие) → проблема.*

Применительно к объекту «Чистый воздух улицам города» практическая реализация данной схемы может иметь следующее представление:

*математика → загазованность воздуха на территории города → уменьшение доли вредных для здоровья газообразных продуктов в атмосфере.*

2. В соответствии с содержанием изучаемой дисциплины, формируется предварительное представление о совокупности элементов объекта или связанных с ним факторов (известных или предполагаемых), противоположность которых явно или косвенно препятствует решению выделенной проблемы.

При организации данного состава действий учащихся вполне оправдывается использование принципа последовательного перемещения по иерархии возможных источников информации. Для формирования предварительного представления о противоположности элементов объекта они могут быть ограничены обращением к учащимся с предложением:

- вспомнить известные им сведения о содержательных характеристиках выделенной проблемы;
- дополнить недостающие сведения на основе непротиворечивых умозаключений, опираясь на известные им логические операции (сравнения, выведения следствий, подведения под понятие, обобщение и т.п.)

Схематично данный состав преобразований объекта можно представить так:

*проблема → элементы, отражающие её особенности → противоположность элементов.*

Применительно к объекту «Чистый воздух улицам города» схема может иметь следующее представление:

*уменьшение доли вредных для здоровья газообразных продуктов в атмосфере → количество поступающих газообразных продуктов от различных источников, количество удаляемых газообразных продуктов, количество деревьев, количество автомашин и т.п. → противоположность процессов накопления в воздухе выхлопных газов и процессов, сдерживающих или предотвращающих их накопление в воздухе.*

3. На основе выявленной противоположности элементов определяется вариант представления их генетически исходного отношения и возможный результат его преобразования.

Генетически исходные отношения элементов объекта проявляются неявно. В соответствии с предложенным нами определением (см. тезаурус) для их установления можно воспользоваться следующим составом действий:

- по описанию объекта определить события (конкретные факты или явления действительности, имеющие какое-либо познавательное или практическое значение), которые по своей сути являются взаимоисключающими;
- из состава выявленной противоположности элементов выделить элементы, которые могут быть представителями этих событий;
- определить возможный вариант третьего события, в котором отношение этих элементов может выполнять системообразующие функции;
- дать краткую характеристику этому событию.

Схематично данный состав преобразований объекта можно представить так:

*противоположность элементов → исходное отношение → результат преобразования отношения.*

Применительно к объекту «Чистый воздух улицам города» схема может иметь следующее представление:

*противоположность процессов накопления в воздухе выхлопных газов и процессов, сдерживающих или предотвращающих их накопление в воздухе → отношение объёма производства газов и объёма их поглощения растениями → переход к экологически безопасному режиму движения автомашин на дорогах (или определение параметров, характеризующих условия такого движения).*

4. По предполагаемым характеристикам ожидаемого результата определяется:

а) соответствующее ему семейство основных, производных и альтернативных им элементов;

б) возможный вариант упрощения этого семейства, как способа преодоления неопределённости в составе имеющихся данных (наложением ограничений на значения элементов или допущение возможности определённых преобразований элементов).

Такие ограничения могут выполняться следующими способами:

- удаление каких-либо элементов из семейства, как не существенных;
- допущение возможности или исключение определённых значений элементов, их функций или действий с элементами и т.д.

Основанием для наложения таких ограничений или допущений может выступать:

- отсутствие необходимых сведений о каких-либо элементах или их связях;
- возможность каких-либо преобразований элементов;
- несоответствие составу элементов рассматриваемого семейства;
- несоответствие уровня сложности связей элемента составу освоенных учащимися действий по их преобразованию; и т.п.

Схематично данный состав преобразований объекта можно представить так:

*ожидаемый результат → расширение системы элементов → последовательность упрощений.*

Применительно к объекту «Чистый воздух улицам города» схема может иметь следующее представление:

*переход к экологически безопасному режиму движения автомашин на дорогах (или определение параметров, характеризующих условия такого движения) → источники загазованности воздуха (автомашины, бытовые и промышленные газовыделяющие системы, поверхностно активные вещества); количество выбрасываемых газообразных продуктов в зависимости от времени суток; факторы снижения загазованности воздуха (выветривание, поглощение, снижение выброса) и т.п. → **ограничение:** всех источников загазованности – выхлопными газами автомашин; факторов снижения загазованности воздуха – поглощением выхлопных газов деревьями; количественных показателей загазованности воздуха – объёмными величинами; количество высаживаемых деревьев – количеством деревьев на какую-либо единицу площади или единицу длины полотна дороги; варианты значений величин – табличными значениями или значениями, доступными для определённого способа измерения и т.д.; **допущение:** количество автомашин, проходящих через единицу длины дороги за единицу времени (за сутки) – одинаковое на всех дорогах города; объём выхлопных газов, поглощаемых одним деревом за единицу времени (за сутки) – одинаковое для всех деревьев, высаживаемых и произрастающих на территории города; все дороги города имеют газоны или расположенные вблизи участки земли, доступные для высадки деревьев.*

5. На основе введённых ограничений и допущений определяется возможный состав недостающих значений элементов рассматриваемого семейства и способы восполнения соответствующей неопределённости.

Способы восполнения недостающих значений элементов семейства могут иметь различные варианты:

- проведение опытов и экспериментов, обеспечивающих возможность непосредственного наблюдения или измерения необходимого значения элементов;
- изучение текстов вспомогательной информации или материалов аудио и видеозаписей каких-либо явлений, содержащих или отражающих необходимые сведения о значениях элементов;
- использование относительных значений и условных единиц их измерения (количество деревьев на каждые сто метров полотна дороги, объём поглощаемых кроной дерева газов в единицу времени и т.п.);
- введение параметризованных величин, характеризующих недостающие значения элемента и способа задания их изменения (параметр «количество теплоты», выделяемой телом альпиниста при восхождении, и описывающая его изменение квадратичная функция определённого вида; параметр «потребность в транспорте» в условиях «шаговой доступности товаров и услуг» и описывающая его изменение линейная функция определённого вида и т.п.);
- введение нормативных характеристик, определяющих недостающие значения элемента (среднее значение тепловой энергии, выделяемой человеком при повышенных физических нагрузках; время, затрачиваемое на расщепление определённых продуктов питания в организме человека; вес рюкзака альпиниста со снаряжением и продуктами питания должен быть сопоставим с половиной веса альпиниста; и т.п.).

Схематично данный состав преобразований объекта можно представить так:

*последовательность упрощений → недостающие элементы → вспомогательные элементы.*

Применительно к объекту «Чистый воздух улицам города» схема может иметь следующее представление:

*последовательность упрощений, определяющих плотность зелёных посадок (ограничение всех источников загазованности воздуха выхлопными газами автомашин и т.д.); допущение, что количество автомашин, проходящих через единицу длины дороги за сутки – одинаковое на всех дорогах города и т.п.) → отсутствуют сведения: о длине дорог, о количестве машин, об объёмах выбрасываемых газов одной автомашиной, об объёмах поглощаемых газов одним деревом и т.д. → вводится: параметр „ $n_{авт}$ ” – количество автомашин, проходящих через условную единицу длины дороги в сутки (как величина, доступная для непосредственных измерений); параметр „ $V_{погл}$ ” – объём выхлопных газов, поглощаемых кроной одного дерева за сутки (как величина, имеющая табличное значение); и т.д.*

6. Выполненный состав действий (ограничений на значения имеющихся элементов выделенного семейства и введение вспомогательных значений его элементов и т.д.) позволяет представить рассматриваемое семейство элементов как модель, отражающую возможности требуемого системного преобразования (см. п.1.) одного из ключевых событий, выделенного в описании объекта.

Схематично данный состав преобразований объекта можно представить так:

*вспомогательные элементы → модель объекта → способ обоснования её параметров.*

Применительно к объекту «Чистый воздух улицам города» схема может иметь следующее представление:

*вводится: параметр „ $n_{авт}$ ” – количество автомашин, проходящих через условную единицу длины дороги в сутки (как величина, доступная для непосредственных измерений); параметр „ $V_{погл}$ ” – объём выхлопных газов, поглощаемых за сутки кроной одного дерева (как величина, имеющая табличное значение); и т.д. → экологическая ситуация в городе определяется соотношением объёмов выхлопных газов, выбрасываемых автомашинами и объёмов выхлопных газов, поглощаемых высаженными деревьями, соответственно, математическую модель экологической ситуации можно*

$$V_{погл} = \frac{n_{авт}}{n_{дер}} V_{выбр}$$

*представить в виде уравнения* , где:  $V_{выбр}$  – объём выбрасываемых газов,  $V_{погл}$  – объём поглощаемых газов → *аргументы: представление рассматриваемой экологической ситуации в виде полученной математической модели доступно учащимся средних классов; полученная модель отражает главное в математическом представлении развития экологической ситуации, а именно, её зависимость от соотношения объёмов выброса и объёмов поглощения выхлопных газов; полученная модель позволяет рассчитать количество деревьев „ $n_{дер}$ ”, которые необходимо высадить на каждую условную единицу длины тротуара дорог (например, на 1км) или определить пропускную способность дорог, то есть максимальное количество автомашин „ $n_{авт}$ ” проходящих через единицу длины дорог за единицу времени (например, за сутки), чтобы обеспечить относительную чистоту воздуха в городе.*

Полученным опытом педагогический коллектив школы № 63 делится в ходе проведения плановых городских мероприятий по совершенствованию образовательной деятельности школ. Вместе с тем, необходимо признать, что описанная нами практика развития инженерного мышления в школе только складывается. Пока, по итогам общения с учащимися, вполне очевидно следующее:

- участие в таких занятиях позволяет существенно повысить ценность предметных знаний, как ресурса решения задач реальной практической деятельности;
- комплекс действий, выполняемых учащимися в ходе такой работы (перевод реального объекта познания в комплексы порождающих его факторов, выявление и формализация их отношений и связей, построение и преобразование на этой основе

предметно ориентированной модели объекта и т.п.) представляет одну из систем универсальных учебных действий школьников, усвоение которых требует федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС).

### **Литература**

1. Гин А.А. ТРИЗ-педагогика. Учим креативно мыслить. - М.: Вита-Пресс, 2016. – 96с.
2. Дума Е.А. Уровни сформированности инженерного мышления / Е.А. Дума и др. // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 10 . – С. 143-144.