

*О.В. Знаменская, О.И. Белоконь, О.А. Францен*

**ДИНАМИКА СТАНОВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ  
КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ В СТАРШЕЙ ШКОЛЕ**

Компетентностный подход в современном образовании является одним из ведущих в русле повышения качества образования. Не умаляя ценности академической успешности учащихся, он позволяет ориентироваться на образовательные результаты и эффекты другого типа – деятельностные и, связанные с ними, возрастные (см. [1]).

Компетентность в осуществлении деятельности выражается в том, что знания человека являются его личным ресурсом. Компетентный в чем-либо человек свободно и произвольно способен применять свои знания в соответствующей ситуации, а именно, идентифицировать ситуацию как востребующую ту или иную компетентность и адекватно, эффективно действовать в ней.

Поскольку становление математической компетентности связано с освоением учащимся соответствующей деятельности (математического исследования), динамику становления этой компетентности мы будем описывать через изменение типодейятельностных характеристик. При этом математическую деятельность будем рассматривать как спецификацию исследовательской деятельности.

Напомним, что исследование является одним из «универсальных типов мыследеятельности, наиболее адекватно соответствующей социокультурной миссии образования» [2]. Назначение исследования – восстановить некоторый порядок вещей по косвенным признакам, отпечаткам общего закона в конкретных, случайных предметах. Это, как отмечал А.В. Леонтович [2], является принципиальной особенностью организации мышления при исследовании, с которым сопряжены развитие наблюдательности, внимательности, аналитических навыков, в отличие, например, от проектного типа организации мышления». Таким образом, в отличие от проектирования главная цель исследования – установление истины через «наблюдение» за объектом, по возможности без вмешательства в его «внутреннюю жизнь». Н.Г. Леонтович отмечал, что «развитие способности занимать исследовательскую позицию является важной задачей образования и воспитания как средства оценки своей действительности, ее возможных последствий» [3].

Остановимся подробнее на характеристике исследовательской деятельности старших школьников, которая нормирована выделенными в культуре научного исследования этапами его осуществления, а также установленными отношениями научного сообщества как внутри научной школы, так и между школами [4].

Заметим, что разными авторами неоднократно делались попытки описать этапы и универсальную схему научного исследования. Так, М.В. Клариным [5] выделено более 7 моделей, которые отличаются как по структуре, так и по содержанию этапов, что, вероятно, связано со спецификой наук. В частности, в модели естественнонаучного исследования основной акцент ставится на сборе данных и их систематизации. Исследование в гуманитарной области обязательно содержит этап интерпретации результатов.

В математическом исследовании существенным является не столько сбор данных, сколько построение правдоподобных и доказывающих рассуждений [6] о поведении идеальных (математических) объектов. В отличие от поведения объектов, изучаемых в естественных науках, поведение идеальных (математических) объектов мы не можем непосредственно наблюдать, оно может быть раскрыто лишь в деятельности по их мысленному преобразованию или воспроизведению. Учитывая эту особенность математического содержания, мы выделяем следующие этапы исследования, нормирующие исследовательскую деятельность учащихся в области математики:

- проблематизация,
- гипотезирование,
- обоснование и доказательство,
- оформление знаний для применения и коммуникации,
- применение и оценка сообществом [1, 7].

Первые три из указанных этапов связаны с построением математического знания, а последние – с его изложением. Отметим, что построение математического знания и его изложение

являются принципиально разными и не сводимыми друг к другу компонентами математической деятельности. В содержании школьного образования знания преимущественно оформлены для применения (способы, алгоритмы), а математическое знание, оформленное для коммуникации, представлено только в курсе геометрии в форме определений, теорем (связанных между собой утверждений) и логически выстроенных доказательств. Вторая составляющая математической деятельности – построение нового знания (включающее в себя выдвижение, подтверждение и опровержение гипотез, эмпирическое обобщение) – практически не представлена в школьном образовании. Она предполагает, в том числе, и критическое переосмысление правдоподобных рассуждений, которые могут оказаться ошибочными.

*В качестве иллюстрации опровержения гипотезы приведем исследовательскую пробу учащегося гимназии «Универс» города Красноярска [8, 9].*

*На одном из занятий математической мастерской десятиклассник, заметив, что он в средней школе почему-то не изучал признак делимости на 7, задался вопросом: существуют ли какие-нибудь простые признаки делимости на 7 в десятичной системе счисления?*

*Он рассуждал так: «Числа 525, 161, 616 похожи на число 343, которое является числом, равным  $7^3$ , тем, что они симметричны и сумма последних цифр равна 7. Все они кратны числу 7. Действительно,  $525=75\cdot 7$ ,  $161=23\cdot 7$ ,  $616=88\cdot 7$ . Испытаю другое число с таким же свойством, например,  $52325=7475\cdot 7$ . Получается! Я вывел свой признак: если сумма двух последних цифр симметричного числа  $a$  равна 7, то  $a$  делится нацело на 7!». Каково же было разочарование парня, когда сидящий рядом сосед нашел контрпример – число 434.*

Итак, математическая компетентность обязательно включает в себя умение изобретать, догадываться. **Подчеркнем еще раз, что формирование математической компетентности мы понимаем как формирование исследовательской компетентности в области математики.** Создавая образовательную практику, в которой происходит становление математической компетентности, необходимо существенно перестроить содержание математической работы школьников, ориентированное сейчас (в большинстве современных школ) лишь на когнитивную составляющую математической и исследовательской компетентности.

Для усиления линии порождения математического знания школьниками и оформления его для коммуникации необходимо ввести в образовательную действительность новое содержание, требующее пробности и экспериментальности. Заметим, что последнее естественно возникает, например, в таких предметных областях, как биология и химия.

Конечно, деятельность, которую осуществляет старшеклассник, должна отличаться от деятельности ученых. Например, некоторые авторы указывают как на существенные отличия на субъективную значимость результата для юных исследователей и использование готовых методик в естественнонаучном исследовании [2]. Кроме того, в исследовательской работе школьника, в отличие от реальной работы математиков, отсутствует ситуация конкуренции (неважно, кто первый докажет и опубликует новую теорему, сконструирует новый метод). Отметим, что для старшеклассника важно не получение научного результата, а само исследование как способ ориентации в окружающей действительности, способ складывания мировоззрения.

Можно назвать некоторые составляющие ценностной установки: «ведущей ценностью в исследовании является ценность процесса движения к истине» [3], для которого характерны объективность, терпимость к другому мнению, последовательность в действиях. Сходство учебной работы школьника с работой ученого состоит в установке на получение истинных знаний, выработке критериев достоверности, которые специфицируются в зависимости от области и методов исследования от практической эффективности до логической непротиворечивости (в математике). Безусловной характеристикой любой исследовательской деятельности, нормирующей исследование старшеклассников, является доказательность и обоснованность полученных результатов исследования.

В случае математической деятельности оформление результатов в виде теорем и доказательств становится осмысленным лишь в научной коммуникации. Поэтому в старшей школе должна быть выстроена некая модель квазинаучной коммуникации как одно из условий формирования исследовательской компетентности. Эта коммуникация должна быть связана с обменом замыслами и результатами исследований учащихся. Формы, в которых существует и воспроизводится научная коммуникация, задаются как внутри одной научной школы, так и во

взаимодействиях между разными научными школами [4]. Характеристики такой коммуникации, выделенные В.А. Леонтовичем и Н.Г. Алексеевым, таковы: наличие лидера, образовательная и исследовательская составляющая работы [10, 11]. Создание научных обществ учащихся (НОУ), научно-исследовательских лабораторий (НИЛ) [12], имеющих в основании научную парадигму – это форма задания и удержания наукообразных норм коммуникации [13].

Одна из опасностей создания подобных форм работы со школьниками – узкая тематика исследовательской работы старшеклассников. В таком случае ранняя специализация не позволит задать горизонт самоопределения школьников по отношению к методам и способам изучения окружающей действительности и становления личностного отношения к деятельности как способе взаимодействия с миром. Есть риск, что преодолевая многочисленные трудности понимания и технические трудности осуществления математических преобразований и конструирования обоснований, досконально изучив еще один метод или построив еще один сложный объект, учащиеся не смогут «разглядеть» такие специфические характеристики исследовательской работы, как творческое вдохновение, видение одного и того же объекта из фокуса разных теорий, возможность переводить полученные результаты с одного математического языка на другой.

Основной проблемой реализации исследовательских практик старшеклассников является сложность выстраивания их как массовых образовательных практик.

*Одним из удачных опытов такого рода практик является «Школа молодого ученого» (ШМУ) на базе Красноярской университетской гимназии «Универс» (№1). ШМУ – это система дополнительных к уроку институциональных мест, направленная на формирование универсальной способности к исследованию и существующая в старшей школе в форме профильной лаборатории. Лаборатория содержит несколько структурных единиц, в том числе блоки спецкурсов, призванные технически оснастить юных исследователей, обеспечивая на ряду с уроками математики когнитивную составляющую исследовательской (и математической) компетентности; мастерскую, в задачи которой входит методическое и инструментальное обеспечение исследования; исследовательские группы учащихся по конкретной теме исследования [8, 9].*

Какова же динамика становления математической компетентности учащихся, понимаемой как спецификация исследовательской компетентности?

Мы предполагаем, что эта динамика определяется динамикой условий, создаваемых педагогическим коллективом для становления мотивационно-ценностной, когнитивной и поведенческой компонент компетентности [14, 15]. Более точно, **динамика становления универсальной способности исследования такова: от мотивационно-ценностного компонента компетентности через когнитивный к ее поведенческому компоненту.**

Мотивационная задача в нашем случае связана с особенностью математического материала и характером деятельности учащихся. Чтобы для учащегося стал важным выход на понятие доказательства, которое является единственным способом установления истины и доказательности (логически непротиворечивого рассуждения) как единственного критерия достоверности в математике, материал должен быть достаточно простым. Таким, на котором становится явным сущность исследовательских задач и исследовательского отношения к математике. Образовательная задача на данном этапе – сформировать ценностно-смысловой контекст исследовательской работы. Таким образом, на первом этапе акцент делается на субъектном отношении к собственному исследованию. Ситуация получения исследовательского результата должна переживаться учащимся как лично значимая. С другой стороны, исследование должно иметь учебный характер. Основным результатом учебности является приобретение школьниками представлений о целостной форме исследования (этапах, их последовательности), нормах оформления и предъявления результатов.

Этот период заканчивается кризисом, связанным с обнаружением учащимися дефицита средств установления истинности. Необходимость выхода за пределы эмпирического опыта диктует содержание и задачу следующего этапа – освоение знаний, то есть различных математических методов и теорий, как средств осуществления математической деятельности. Изучение теории на этом этапе является не самоцелью, а необходимым этапом для разрешения возникающих у самих учащихся исследовательских вопросов [7].

Заметим, что этот этап осуществляется в коллективно-распределенной форме. В одиночку старшеклассник может лишь изучить известный в науке, но субъективно новый для него метод, применить его в новой для него ситуации. Используя же ресурс целой исследовательской группы, может быть поставлена и решена более сложная задача, например, задача обобщения и развития изученного метода, построение по аналогии системного объекта.

Здесь мы выделяем две фазы. Первая фаза заключается в том, что совместно с учителем школьники научаются реконструировать исследовательскую задачу по знанию, данному в готовом виде, читая и понимая соответствующую литературу (специальные учебные и научно-популярные математические тексты). Во второй фазе коллективный субъект (малая группа учащихся с учителем) использует наработанный ресурс понимания текстов для продвижения в собственных исследованиях (развития и обобщения способов, методов, объектов).

*Примером такого исследования является применение методов алгебраической геометрии для решения теоретико-числовых задач, в частности, метода параметризации кривых для решения известной задачи о пифагоровых тройках.*

Подводя итог, в старшей школе институционально и содержательно должны быть заданы два описанных выше этапа. Опыт организации ШМУ в КУГ «Универс» показывает, что последняя фаза к концу 11 класса реализуется лишь в коллективно-распределенной форме, то есть попадает лишь в так называемую «зону ближайшего развития» юношей и девушек и может превращаться в ставшее новообразование только в высшей школе.

Соответственно, мы рассматриваем два типа исследовательских продуктов учащихся: индивидуальный (дипломная работа) и коллективно-распределенный («научно-исследовательский проект»).

*Упомянутая выше задача о пифагоровых тройках может служить примером тематизма для такого проекта. В рамках единого проекта, связанного с обобщением класса пифагоровых троек, могут реализовываться разные направления исследования, в зависимости от выбранного учащимися аппарата (простейшие свойства чисел, теория комплексных чисел, аппарат аналитической геометрии).*

Отметим, что именно выход за границы метода необходимо востребует научно-исследовательскую коммуникацию. При создании условий для возникновения таких предметных взаимодействий школьники смогут получить опыт такой коммуникации, то есть опыт участия в некоем подобии научной школы, в понимании школы как, «во-первых, единства обучения творчеству и процесса исследования, во-вторых, позицию, которой придерживается одна группа ученых в отношении других» (цитируется по [2]). Безусловно, вызовом для нас, как для педагогов-исследователей является создание форм, моделирующих научную школу в обоих названных выше смыслах: и как сообщество, имеющее собственные традиции обучения, так и удерживающаяся и передающаяся исследовательская позиция.

Так как исследовательская компетентность для выпускников школы находится лишь в стадии становления, то это ставит задачу разработки критериев оценки «неставшей», не индивидуализированной деятельности. По аналогии с практикой развивающего обучения в начальной школе, где на определенном этапе способность учиться удерживается школьниками лишь в коллективно-распределенной форме, видимо имеет смысл говорить о таких критериях оценки становящейся деятельности, как наличие группы лидеров, стабильных учебных групп, становления и развития отношений со старшими коллегами [1].

Так как на описываемом этапе обучения целостная форма математического исследования может быть задана коллективно-распределенно, а индивидуально учащиеся могут лишь удержать один из аспектов или фрагментов исследования, то необходимо специально создавать средства удержания школьниками целостной формы исследования. В рамках решения этой задачи нами были разработаны следующие жанры дипломных работ и проектов школьников (задающие формы адекватного изложения хода и результатов своего исследования):

- реферативная,
- обобщение и систематизация знаний,
- аналитическая работа,
- исследовательская работа,
- изучение способа,

- оформление опыта [9].

Каждый жанр задан нормативами, во-первых, на цели работы (научиться, понять, сформировать отношение, восстановить логику, обобщить, применить, исследовать...), во-вторых, на формы предъявления результата (реферат, обзор и справочник, отчет, математическая статья, тест, задачник, сочинение...), и, наконец, в-третьих, на описание логики исследования и содержания работы. Эти жанры и критерии используются для объективного оценивания полноты и качества проведенного исследования как самими авторами–школьниками и руководителями их работ, так и экспертами на защите проектов и дипломных работ.

#### Литература

1. Аронов А.М., Ермаков С.В., Знаменская О.В. Учебно-образовательное пространство в педагогике развития: математическое образование. – Красноярск, 2001.
2. Леонтович А.В. Исследовательская деятельность учащихся (основные положения) «Исследовательская деятельность учащихся» (сборник статей), М.: Издание МГДД(Ю)Т, 2003.
3. Алексеев Н. Г.; Леонтович А. В., Обухов А.С., Фомина Л. Ф. Концепция развития исследовательской деятельности учащихся. «Исследовательская деятельность учащихся» (сборник статей), М.: Издание МГДД(Ю)Т, 2003.
4. Леонтович А.В. Модель научной школы и практика организации исследовательской деятельности учащихся. «Исследовательская деятельность учащихся» (сборник статей), М.: Издание МГДД(Ю)Т, 2003.
5. Кларин М.В. Инновации в мировой педагогике. – Рига: НПЦ «Эксперимент», 1999. – 176с.
6. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения М.: Наука, 1975г. - 464с.
7. Юдина Ю.Г. Создание и условие становления индивидуальной образовательной траектории учащихся 5-7 классов основной школы. – Красноярск: изд-во КрасГУ, 2005. – 80 с.
8. Белоконь О.И. “Школа молодого ученого” как форма организации предметной (математической) работы в школе II ступени. / Педагогика развития: замыслы, достижения, возможности: Материалы 8-й научно-практ. конф.; Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2002.
9. Белоконь О.И., Знаменская О.В. Интенсивные предметные школы в составе Школы молодого учёного как мотивирующий фактор для написания творческих работ учебно-исследовательского характера по математике 7-9-классников / Педагогика развития: Материалы 9-й научно-практ. конф.; Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2003.
10. Леонтович А.В. Учебно-исследовательская деятельность школьников как модель педагогической технологии // Народное образование. – 1999. №10. – С. 152-158.
11. Алексеев Н. Г.; Леонтович А. В. Критерии эффективности обучения учащихся исследовательской деятельности. «Исследовательская деятельность учащихся» (сборник статей), М.: Издание МГДД(Ю)Т, 2003.
12. Носков Н.Н., Финогонов А.В., Финогонова О.Н., Яббаров Ю.З. Исследовательские и творческие лаборатории школьников: Учебно-методическое пособие / Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2001. – 233с.
13. Леонтович А.В. Подборка статей о практике организации исследовательской деятельности учащихся // Завуч. – 2001. №1. – С. 93-119.
14. Привалихина Т.И. Уровень и содержание конфликтной компетентности как образовательный эффект начальной школы // Автореферат СибГТУ, 2004 – 25 с.
15. Каспаржак А., Митрофанов К., Поливанова К. Становление ключевых компетентностей и результаты традиционного обучения (размышления по материалам проекта «Модернизация образования: перспективные разработки») // Педагогика развития: Становление компетентности и результаты образования в различных подходах: Материалы 10-й науч.-практ. конф. – Красноярск, 2004. С. 74-87.