

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИ, ТВОРЧЕСКИ ОДАРЕННЫХ ДЕТЕЙ В КОЛМОГОРОВСКОЙ ШКОЛЕ-ИНТЕРНАТЕ МГУ

А. А. Русаков

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Москва, Россия

E-mail: arusakov@space.ru

История отечественного математического образования, в том числе и деятельность А. Н. Колмогорова, является общенациональным достоянием и требует к себе крайне бережного отношения. Это отношение независимо от времени должно носить в большей степени «монументальный» и «антикварный» характер, нежели «критический». Под «монументальностью» развития российской школы, в обобщенном смысле этого понятия, понимается, что последняя никогда не строилась с абсолютного нуля. Ярким примером является Московский университет: предание, что пришел М. В. Ломоносов и создал первый университет, является искажением исторической действительности. Обычно одна форма, как прототип, превращалась в другую более совершенную форму. И первым революционным новатором перестройки российского образования был П. Л. Чебышев, который, начиная с 1857 г., провел реформу гимназий (основной этап приходится на 1885 г.), носившую радикальный характер.

Первым примером в системе российского национального математического образования, когда новая форма создается с нуля, является школа-интернат, созданная А. Н. Колмогоровым. Долгое время история математического образования не являлась специальным объектом научных исследований, а Специализированный учебно-научный центр МГУ – школа-интернат имени А. Н. Колмогорова (СУНЦ МГУ) это и история, и функционирующее учебное учреждение, и педагогически целостная научная лаборатория, продуктивность и прогностичность которой с каждым годом только возрастает.

Несмотря на уникальность существования такого педагогического эксперимента, как школа-интернат имени А. Н. Колмогорова, все же следует отметить его ключевую позицию, как своего рода лаборатории по введению элементов высшей математики в среднюю школу, как первые шаги целенаправленной методики работы с одаренными детьми. Серьезное переплетение и влияние идей А. Н. Колмогорова, положенных в основу создания школы-интерната, на пути реформирования общеобразовательной отечественной школы. Соответствие содержания преподавания математики в средней школе современному научному уровню математики – одна из основных идей реформирования общеобразовательной школы Андрея Николаевича.

Специализированная физико-математическая школа-интернат Главного управления народного образования при Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова была открыта 2 декабря 1963 г. Инициаторами создания школы были ведущие ученые страны – академики Андрей Николаевич Колмогоров, Исаак Константинович Кикоин, Иван Георгиевич Петровский. В физико-математической школе-интернате № 18 (ФМШ № 18) обучаются школьники десятых и одиннадцатых классов

(около 360 учащихся); имеется как двухгодичный цикл обучения, так и одногодичный. Основатели школы одной из ее первых задач видели возможность для ребят из сельской местности получить хорошее, наравне со столичными школьниками, физико-математическое образование.

Значение личности А. Н. Колмогорова для интерната трудно переоценить. Он в образовательном пространстве России нашел для школы нишу, в которой она вне зоны конкурентности. СУНЦ МГУ – это и не средняя школа, это и не подготовительные курсы, но это и не высшее учебное заведение. Школа Колмогорова – школа интеллектуального творчества, школа математического ремесла. Интеллектуального, а не математического, хотя бы потому, что в одном интервью, данном в 1983 г., А. Н. Колмогоров сказал: «...если классифицировать, то после математики интерес к воспитанию юношества, не обязательно только по математике, – вероятно, второе мое увлечение» [1].

Весь период становления и развития школы-интерната – систематизация уникальных педагогических и методических идей А. Н. Колмогорова по отбору, воспитанию и обучению математически одаренных детей и их практическая реализация.

Сегодня в школе преподают:

- заслуженный учитель Российской Федерации;
- член-корреспондент РАН;
- 7 профессоров МГУ им. М. В. Ломоносова;
- 11 докторов наук;
- 10 кандидатов наук, имеющих звание доцента;
- всего 35 кандидатов наук;
- работают 27 соросовских учителей, соросовских доцентов и профессоров.

Концептуальной основой работы с учащимися в СУНЦ МГУ является **ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ** подход.

1. Высокое качество преподавания общеобразовательных, школьных курсов математики, информатики, физики и др.

В школе лекционно-семинарская система обучения.

Здесь учат не столько фактам, сколько идеям и способам рассуждения, побуждая учеников к самостоятельным исследованиям.

2. Преподавателями кафедр разработана система задачного материала читаемых курсов математики, физики, химии, которая предполагает значительную активизацию самостоятельной работы учащихся.

Система задач рассчитана на использование ее для классной и внеклассной работы. Основным содержанием ее являются проблемные, познавательные задачи и задания, направленные на развитие творческого мышления учащихся.

Основным компонентом педагогической деятельности в СУНЦ МГУ является обучение решению задач, выступающих и в качестве одного из важнейших средств обучения, и в качестве объекта интеллектуального творчества школьников. Степень сложности задач, решаемых выпускниками школы можно принять за критерий определения уровня их подготовки и оценкой читаемых в школе курсов.

Технология обучения решению задач вырабатывалась в школе А. Н. Колмогорова с первых дней ее существования. Опыт, накапливаемый преподавателями, имеет выход в создании авторских методик. Покидая стены интерната, полученные разработки получают признание педагогической общественности.

Правильно подобранная последовательность задач во многом определяет успех научно-исследовательской деятельности школьника.

3. Введение в учебный план школы уроков «Физического практикума», «Математического практикума», «Химического практикума» (или в учебной сетке, обязательный факультатив, спецкурс – в разные годы).

4. Индивидуальная работа с учащимися по подготовке научно-исследовательских проектов преподавателями-энтузиастами кафедр (С. Д. Варламов, А. М. Галин, Е. Могилевский, В. А. Колосов, Г. И. Шарьгин и др.).

5. Зарекомендовавший себя подготовкой добротных, уникальных научно-исследовательских проектов «Математический семинар».

6. Учебно-научный семинар «Математика. Кибернетика. Информатика», – под руководством ведущих профессоров механико-математического факультета и преподавателей школы А. А. Часовских, Г. И. Сыркина, Ю. П. Николаева.

7. Активную плодотворную работу ведут А. А. Пономарев и В. З. Шарич – руководители кружка «Математические олимпиады» (ныне «Олимпиадная математика»).

Значительное число победителей предметных олимпиад готовят все профильные кафедры СУНЦ.

8. Многолетнюю и настойчивую работу ведут профессионалы кафедры химии (Ю. М. Коренева, В. В. Загорский, Е. А. Менделеева, А. М. Галин, Н. И. Морозова и др.), именно они создатели химического практикума, летней школы «Химера» и других форм работы с учащимися.

9. Спецкурс-семинар «Дополнительные главы к курсу алгебры одногодичного потока», реализует принцип непрерывного математического обучения (учащийся, студент, аспирант, ...). Руководители спецкурса А. А. Русаков, А. А. Степанов (выпускник 1993 г.), Ю. П. Николаев (выпускник 1994 г.) видят своей целью подготовку школьников научно-исследовательского проекта, который иногда доводится до полноценной публикации в научном математическом журнале.

10. Плодотворно работает научно-образовательная программа по механике, мехатронике и робототехнике, проводимая Институтом механики Московского университета, в рамках которой в школе читается спецкурс «Интеллектуальные и адаптивные роботы» под руководством преподавателей и научных сотрудников Университета, Института прикладной математики РАН имени М. В. Келдыша, МЭИ (ТУ).

11. Значительное место в учебном процессе СУНЦ занимает индивидуальная работа с учащимися по подготовке докладов (научно-исследовательских проектов) для участия в проводимых конференциях школьников. Преподаватели кафедры математики зачастую играют роль научных руководителей для учащихся, которые затем с полученными результатами выступают на различных конференциях и занимают там призовые места.

Школа-интернат была задумана как школа научного творчества, а отнюдь не как своеобразные курсы по подготовке к вступительным экзаменам в высшие учебные заведения. Главное стремление – привить питомцам навыки самостоятельного научного мышления, вооружить их всем, что необходимо для восприятия университетских курсов с полным пониманием существа дела и для быстрого вхождения в самостоятельную и активную научную работу.

12. Ежегодно проводимая в школе А. Н. Колмогорова международная конференция школьников «Колмогоровские чтения» собирает школьников из России, Казахстана, Беларуси и др., в рамках конференции проводится секция для учителей.

Подготовка к выступлению – совместный труд руководителя и ученика. Подбор и обработка материала, постановка задачи, исследование, проверка полученных результа-

тов, оформление работы и сам доклад, выступление перед компетентным жюри – первые шаги школьников в мир науки.

13. В СУНЦ нередко организуется совместная работа учащихся и преподавателей по грантам (грантам преподавателей, кафедр, школ).

14. В школе работают две лаборатории: физическая и методики и методологии преподавания математики и информатики.

Учебный процесс на кафедре математики колмогоровской школы-интерната имеет свои особенности.

1. Индивидуальный подход, который обеспечивается наличием нескольких преподавателей в классе. Учащийся имеет возможность не только отвечать, но и задавать вопросы на уроке, получая квалифицированный ответ. Это повышает уровень преподавания, ответственность ведущего преподавателя за излагаемый материал и методы его изложения не только перед учащимися, но и перед коллегами.

2. Привлечение к преподаванию в школе профессионалов в математике и молодых (сегодня решающих задачи математики) ученых. Тесное и непрерывное сотрудничество с механико-математическим, физическим факультетами Московского университета.

3. Индивидуальная работа со школьниками и привлечение их к научной работе. Подготовка докладов, выступлений на конференциях. Подготовка участников различных соревнований, команды математических и физических боев. Общешкольный научный семинар для учащихся, лекции, доклады ведущих математиков на научном семинаре. Организация математических олимпиад, соревнований и конкурсов для учащихся.

4. Преемственность в преподавании математики в школе. Бывшие ученики – преподаватели кафедр со студенческих лет. Это позволяет сохранить разумное, накопленный опыт в излагаемых курсах, и постоянно обновлять читаемые курсы.

Например, трое моих учеников давно и плодотворно продолжают работать на кафедре математики СУНЦ. Это доцент С. А. Довбыш, доцент, молодой талантливый ученый А. Б. Скопенков (2003 г. в 30-летнем возрасте успешно защитил докторскую диссертацию «Вложение многообразий в Евклидово пространство»), ассистент, ученый секретарь кафедры Ю. П. Николаев.

5. Несмотря на многочисленные заявления в официальных кругах и в учительской среде о том, что в преподавании математики все строго придерживаются известного тезиса М. В. Ломоносова «Математику уже затем учить надо, что она ум в порядок приводит» у нас в школе, как и во многих других специализированных школах, еще одной целью обучения является подготовка к вступительным экзаменам в вузы (в нашем случае – это МГУ, МФТИ и др. ведущие вузы). Такая подготовка довольно специфична и требует специальных усилий и достаточно квалифицированных преподавателей (но и результат налицо: все выпускники школы получили или получают высшее образование, 70 % выпускников закончили Московский университет).

Одним из принципиальных колмогоровских подходов к обучению в школе является привлечение всех без исключения учащихся к творческой научной работе [2]. Традиционно в обязательные программы включены практикумы по профильным предметам. В начале практической работы ставится определенная задача и указывается порядок ее выполнения, приводится теоретический материал, необходимый для выполнения поставленной задачи, после чего учащемуся предлагается составить план и приступить к его выполнению. В случае затруднений при выполнении заданий можно обратиться к разобранным примерам, имеющимся в каждой «работе». «Контрольные вопросы» предназначены для проверки усвоения теоретических вопросов и практических методов,

связанных с данной «работой». В конце условия каждой «работы» приведены «Творческие задания», продолжающие или обобщающие эту практическую работу; как правило, для их выполнения необходимо ознакомиться с дополнительной литературой и значительно углубиться в соответствующее исследование.

Практическая работа на занятиях зачастую подводит школьника к индивидуальной работе над математическими проблемами, а уже их более точные постановки даются на семинаре, спецкурсе, кружке, факультативе. Работа над нерешенной задачей длится уже, как правило, месяцы, а иногда и годы. И здесь очень важна квалификация преподавателя, который должен выбрать доступную для решения школьником проблему и сформулировать ее на понятном учащемуся языке. Для достижения результатов в такой работе первую задачу преподаватель часто предлагает из числа уже решенных или почти решенных им самим. Такой методический прием, которым пользовался А. Н. Колмогоров, позволяет ученику «набрать форму» перед решением последующих задач [3].

Несмотря на наличие индивидуальных особенностей у каждого конкретного учащегося можно выделить некоторые общие этапы введения школьника в научно-исследовательскую работу.

I этап. Начальные общеобразовательные условия, с которыми ученик приходит в школу-интернат.

II этап. Включает в себя активную позицию преподавателя при вовлечении школьника в научно-исследовательскую деятельность, которая на данном этапе является подготовительной – введение в тематику будущего исследования, знакомство с понятийным аппаратом той области математического знания, внутри которой планируется дальнейшая исследовательская работа. Мотивация активной позиции учащегося, который должен решить определенный минимум задач по выбранной тематике, усвоить понятия. Создается язык общения.

На этом этапе для некоторых это трудно, и они отсеиваются. Переходят к другим преподавателям, выбирая наиболее близкую для себя тематику. К концу второго этапа от первоначальной группы учащихся остаются несколько человек (возможно, всего лишь пять), с которыми и продолжается дальнейшая работа, проектируются индивидуальные траектории научно-исследовательской работы.

III этап. Корректируются индивидуальные траектории научно-исследовательской деятельности, сужается тематика, которая на данном этапе все еще достаточно широка. В этом поле ставится задача поиска источников (литературы, учебной и научной), их изучения, осмысления проекта, хотя бы реферативного.

По выбранной теме учащийся совместно с учителем подбирает литературу, по которой знакомится с необходимым понятийным аппаратом и решает учебные и нацеленные задачи, имеющие субъективную новизну для школьника, делится результатами со своими товарищами (решение у доски, доклад на семинаре).

IV этап. Оформление результатов работы. Это не всегда обязательный, но очень важный этап исследования школьника.

Не каждому учащемуся удается правильно подать полученный результат (при постоянной коррекции целей и постоянном дозировании), показать *свою* работу, пусть не новые для естественно-научного знания, но *самостоятельно* решенные задачи.

В том же случае, когда руководитель видит значительное продвижение школьника по предложенной ему траектории, то данный этап промежуточной фиксации и оформления возможно или продлить, или отсрочить, или вовсе опустить (решение сугубо индивидуальное).

V этап. На этом этапе, когда учащимся накоплен достаточный материал, уже можно говорить и обсуждать пути подходов к решению исследовательской задачи.

Данный этап, в свою очередь, разбивается на микроцели, в какой-то мере повторяющие предыдущие этапы, в соответствии с мнением А. Н. Колмогорова о том, что обучение математике должно состоять из нескольких ступеней – витки обучения по спирали, с выходом на все более и более высокий уровень.

- Для знакомства с узкоспециализированной задачей необходим более глубокий понятийный аппарат. Теперь школьнику не достаточно общедоступной литературы – набор возможных источников сужается вплоть до научных статей, диссертационных исследований и т. п.

- Постоянное дозирование материала.
- Постоянная мотивация дальнейшего продвижения в решении поставленной задачи в ходе общения с учащимися.

- Постоянная коррекция целевой функции – какие задачи школьник должен решить на данном этапе, в соответствии с достигнутым уровнем развития математической подготовки по конкретной тематике исследования.

- Поддержание субъективной уверенности в возможности решения школьником поставленной задачи на каждом этапе.

- Прослушивание выступления школьника у доски.
- Индивидуальные беседы.

Конечная цель – получение объективно нового результата в науке.

«Думаю, вообще очень немного может быть сравнимо с тем чувством, которое овладевает человеком, когда он сделал научное открытие. Он узнал новое, еще совершенно неизвестное, своим открытием принес пользу людям. Именно это, видимо, и дает то наивысшее удовлетворение, какое только возможно для ученого» М. В. Келдыш.

VI этап. Оформление полученного результата в виде презентации или доклада на конференцию, или в виде публикации в научный журнал.

Построенная траектория не может служить однозначной рекомендацией для организации научно-исследовательской работы математически, творчески одаренных школьников. Многие вопросы все еще остаются нерешенными.

Например.

Предлагая школьнику работу над той или иной научно-исследовательской задачей, учитель берет на себя определенную ответственность. При неверном подходе к обучению школьника у того может пропасть интерес к данному проекту.

Преподаватель должен точно определить уровень математической подготовки школьника, степень его владения необходимым для решения проблемы математическим материалом. Кроме того, необходимо учитывать индивидуальные особенности учащегося: скорость и полноту усвоения нового материала, степень его сложности, доступную школьнику, наличие у ученика черт исследователя – усидчивости, любознательности, терпения, смекалки и т. п.

Вопрос 1. Как выбрать задачу посильную школьнику?

Зачастую источниками для учащегося при работе над проблемой служат научные статьи и узкоспециальные книги. Школьник вынужден осваивать новый для него материал. Нередко на это уходят целые годы. Бывает так, что, даже самостоятельно решив ту или иную задачу, школьник не до конца разбирается в значении некоторых употребляемых терминов или понятий.

Трудности этого этапа могут отрицательно повлиять на решение школьника продолжать начатое исследование. Задача учителя – увидеть этот момент. Вовремя подсказать, направить, разъяснить, возможно, переформулировать задачу (временно или окончательно, в зависимости от возможностей школьника), создать ситуацию успеха. Как ...?

Вопрос 2. *Как сделать так, чтобы школьник не бросил заниматься научно-исследовательской темой (не потерял интерес к математике)?*

Первый опыт исследовательской работы школьника кардинально отличается от тех видов деятельности, которые предлагались ему ранее на занятиях. Трудность и узкая распространенность, сама постановка предлагаемых школьникам для реферативной работы задач может создать для учащегося иллюзию получения в ходе исследования объективно нового результата. Бывает довольно трудно убедить школьника, что то, что он сделал – еще не открытие, что он только подходит к настоящему исследованию. Многие учащиеся не могут преодолеть данный этап, останавливаясь на достигнутом субъективно новом результате.

Вопрос 3. *Как убедить школьника не останавливаться на достигнутом?*

Увлекаясь работой над собственным исследованием, участвуя в различных конференциях школьников, занимая на них призовые места, слыша положительные отзывы на свою работу от ведущих ученых-математиков, учащиеся переоценивают свои способности, свои знания по предмету. Далеко продвинувшись в решении своей задачи, они начинают свысока смотреть на школьный курс математики, кажущийся им простым по сравнению с проделанным исследованием. Результатом такого отношения может стать неуспех на занятиях и даже на экзаменах. Были случаи, когда победители международных конференций школьников не могли в общем порядке поступить в университет из-за элементарных ошибок в простых математических задачах, умея решать задачи гораздо более сложные.

Вопрос 4. *Как мотивировать изучение общеобразовательного курса математики для математически, творчески одаренных школьников, успешно работающих над сложной математической исследовательской задачей?*

И в то же время работа над проектом, чтение серьезной научной литературы, попытки разобраться в сложных понятиях – не всегда успешные – приводят школьника к состоянию, когда он вдруг понимает: «Я ничего не знаю, я ничего не умею». Оказывается, что все, что он выучил за школьные годы – ничтожные крохи по сравнению с огромным объемом знаний, накопленных человечеством. И с этим будоражающим душу выводом он выходит во взрослую жизнь. И, несомненно, тоже сказывается на результатах экзаменов. Его пугает элемент соревновательности, присутствующий на вступительных испытаниях, ведь он «так мало знает».

Вопрос 5. *Как преодолеть комплекс школьника, увидевшего необъятность Знания?*

Несмотря на все постоянно возникающие вопросы и проблемы работа преподавателей колмогоровской школы-интернат с математически, творчески одаренными школьниками дала свои результаты. Об их эффективности можно судить, например, по нижеприведенным фактам.

Учащиеся школы Колмогорова успешно выступают с научными докладами по математике на научных конференциях, и успешно участвуют в различных научных курсах на Чебышевских чтениях (Петербург), Харитоновских чтениях (г. Саров), Колмогоровских чтениях (г. Москва). Например, в 2000–2003 гг. мои ученики занимали первые места на конференции «ЮНИОР» Министерства образования РФ и Московского Комитета народного образования, были включены в команду России, выступали с док-

ладом в США. М. Скопенков (2000 г.), А. Каибханов (2002 г.) заняли первое место на международной конференции в США по математике и их работы опубликованы. За подготовку научных докладов А. А. Русаков награжден дипломом AMS and INTEL по номинации научный руководитель, учитель-спонсор. А научный доклад моего ученика К. Баумана (17 лет) «Оценка коэффициента растяжения кривой Пеано» кафедрами теории чисел и общей геометрии Московского университета, признан математическим открытием. Исследования Кости Баумана касаются повышающих размерность отображений. Результаты Кости – дальнейшее изучение классической кривой Пеано-Гильберта. Эта кривая $p(x)$ непрерывно отображает отрезок на квадрат и удовлетворяет условию Гельдера с показателем $1/2$. Последнее означает, что отношение $|p(x) - p(y)|^2 / |x - y|$ ограничено сверху при любых x, y одной и той же константой. Костина работа посвящена нахождению точной верхней грани этого отношения. Сначала он доказал, что верхняя грань этого отношения с точностью до первого знака после запятой равна 6, а затем доказал и равенство 6 этой константы. Всем этим ребятам всего лишь 15–16 лет! Подчеркну особо, что этих результатов не было бы, если бы не сотрудничество с ведущим ученым России, выпускником школы, настоящим колмогоровцем, профессором доктором физико-математических наук Евгением Витальевичем Щепиным.

Все вместе взятое, и есть метод непрерывного обучения: школьник, учащийся МГУ, студент, аспирант, кандидат наук, ученый.

Постановление Совета Министров СССР об организации ФМШ вышло 23 августа 1963 г., А. Н. Колмогорову было ровно 60 лет. И Андрей Николаевич, увлекая своих учеников и последователей, главным делом последних 24 лет своей жизни сделал вопросы реформы школьного математического образования и организации работы новой физико-математической школы, вдохнув в интернат свой дух великого математика и счастливого, удачливого, разносторонне образованного человека, царящий в нем и поныне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колмогоров, А. Н. Математика – наука и профессия / А. Н. Колмогоров. – М. : Наука, Физматлит, 1988 г.
2. Русаков, А. А. Преподавание математики в специализированных физико-математических школах / А. А. Русаков, В. Н. Чубариков // Современные проблемы преподавания математики и информатики: материалы науч.-метод. конф. : в 3 ч. – Тула : Изд-во Тул. гос. пед. ун-та имени Л. Н. Толстого, 2004. – Ч. III.
3. Часовских, А. А. Школа для творческого развития старшеклассников / А. А. Часовских // Очерки по математическому образованию в России: сб. ст. ; под общ. ред. В. А. Садовниченко. – М. : МЦНМО, 2004. – С. 270–280.