
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Доклад на Всероссийской конференции «Математика и общество. Математическое образование на рубеже веков».
г. Дубна, 19 сентября 2000 года

В.А. САДОВНИЧЬИЙ

академик Российской академии наук, ректор МГУ им. М.В. Ломоносова

Глубокоуважаемые коллеги!

Тема «Математическое образование: настоящее и будущее», предложенная мне для выступления Программным комитетом нашей конференции, допускает разные подходы. Наиболее приемлемым, по моему мнению, является подход, основанный на личном опыте и личных пристрастиях докладчика. Рене Декарт как-то сказал: «Никто не может утверждать, что я хочу предложить здесь метод, которому должен следовать каждый, чтобы правильно осуществлять деятельность разума; я хочу только разъяснить тот, которому я сам следовал».

Поэтому не обессудьте, если кому-то покажется, что мне следовало бы говорить о другом или другому.

Коллеги!

Науку (в первую очередь естествознание и математику) принято рассматривать как ту часть мировой культуры, которая в наибольшей степени реализует функцию звена, связывающего человеческое сообщество в единое целое. Это действительно так прежде всего в силу интернационального характера фундаментального знания. Не было, нет и не может быть национальной физики, национальной биологии и т.п. Но вполне правомерно говорить о национальных научных школах. Не вызывают серьезных сомнений выражения типа «национальная система образования», «отечественная высшая школа», «национальные педагогические традиции».

Таким образом, тема «Математическое образование: настоящее и будущее» распадается как бы на две составляющие. Первая предполагает обсуждение содержательной связи между собственно математикой как наукой и математическим образованием. Вторая - указывает на обусловленность системы математического образования вполне конкретными местными, национальными особенностями, традициями и возможностями.

Каждая из двух названных частей допускает рассмотрение во времени - от настоящего к будущему. Надо только договориться о способе фиксации настоящего как точки отсчета и протяженности отрезка времени, который примем за будущее, если станем его измерять в годах, десятилетиях, веках и т.д.

Для такого феномена, как математика, использование шкалы физического времени весьма и весьма условно. Гораздо чаще математики, так сказать, хронометрируют свое время не столько конкретной датой получения решения той или иной проблемы,

сколько временем поиска идеи этого решения. А оно порой растягивается на 100, 200, 300 и более лет.

Последний из примеров такого рода - доказательство теоремы Ферма.

Так что с прогнозированием в математике далеко не все так просто.

Напомню в этой связи следующий факт. Почти в эти же самые дни, но только 100 лет тому назад, 8 августа 1900 года, Давид Гильберт прочитал на 2-м Международном конгрессе математиков в Париже свой ставший знаменитым доклад «Математические проблемы». Доклад начинался словами: «Кто же из нас не хотел бы приоткрыть завесу, за которой скрыто наше будущее, чтобы хоть одним взглядом проникнуть в предстоящие успехи нашего знания и тайны его развития в ближайшие столетия? Каковы будут те особенные цели, которые поставят себе ведущие математические умы ближайшего поколения? Какие новые методы и новые факты будут открыты в новом столетии на широком и богатом поле математической мысли?»

Тогда Д. Гильберту удалось сформировать достаточно общий взгляд на настоящее - круг не решенных к концу XIX века математических проблем. К их списку можно было что-то добавить или что-то вычеркнуть, но это «что-то» не нарушало целостности нарисованной им картины математики на рубеже XX века.

В последующие десятилетия, а теперь можно с уверенностью утверждать - на протяжении всего XX столетия - никому из математиков так и не удалось повторить опыт Д. Гильберта. На рубеже XX-XXI веков ничего подобного не написано. В лучшем случае синтез касается отдельных областей математики или конкретных математических проблем. Об этом свидетельствуют, например, все международные математические конгрессы, проходившие после окончания второй мировой войны, включая последний из них - в Берлине в 1998 году. Ни на одном из них ни один математик не выступил с всесторонним объемлющим обзором картины математики в целом. Возможно, что так теперь и вопрос ставить нельзя в силу безбрежности теоретической математики, изощренной сложности ее аппарата и великой пестроты приложений математики. Но причина может быть сокрыта и в чем-то другом... Например, не следует сбрасывать со счетов ограниченную способность фундаментальной науки к прогнозированию.

В одном из докладов Римского клуба, где рассматривались проблемы долгосрочного прогнози-

рования, приводится следующий факт. В 30-е годы президент США Ф. Рузвельт поручил провести обширное исследование в области перспективных технологий. Результаты опубликованной работы ошеломили всех. Но, как оказалось в дальнейшем, не было предсказано ни появление телевидения, ни пластмасс, ни реактивных самолетов, ни искусственных органов для трансплантации, ни лазеров, ни даже шариковых ручек!

Если в двух словах выразить главную мысль, с которой человечество жило в течение последних 20-25 лет, ими, несомненно, должны стать слова - «грезы о будущем». Конец XX века таким и стал.

Несметное число встреч, конференций, симпозиумов, дискуссий, фестивалей, необозримое количество книг, журналов, художественных полотен и музыкальных произведений, океаны эмоций несут на себе эмблему этой, ставшей уже почти мистической, смены столетий и тысячелетий. Проекты, прожекты, гипотезы, планы, очевидные и невероятные в изобилии представлены человеку, мечтающему о новой для себя жизни. Сказано необыкновенно много и много необыкновенного. Сказано, видимо, все, на что только оказалась способной современная человеческая мысль, мысль, к тому же неизмеримо возбужденная предстоящей перенумерацией хронологических дат.

Но вот все разговоры уже позади. До наступления нового века и нового тысячелетия остались считанные дни. Настало время, когда, как говорят химики: «Пора бы и посмотреть, что же мы имеем в сухом остатке?» Там - огромное множество несостоявшихся научных и не только научных прогнозов. А ведь оправдывающиеся прогнозы являются предметом особой гордости любой науки.

В чем же тогда причины трудностей составления научных прогнозов, особенно прогнозов собственного развития той или иной фундаментальной науки, включая и математику?

Многое станет понятным, если заметим, что эпохальные прорывы в развитии фундаментальной науки практически всегда были связаны со снятием тех или иных запретов на границы познания, отказа от тех или иных устоявшихся убеждений и заблуждений. Между тем, конечно, заблуждение в науке не означает невежество ученого.

От Аристотеля до Галилея развитие физики сдерживало убеждение в том, что ее главной задачей является анализ движения тел, а не изучение изменения их движения. Аристотель говорил, что тело следует рассматривать как покоящееся. Галилей доказал, что состояние покоя есть частный случай движения. Ньютон выразил этот отказ от старого в своем первом законе: «Всякое тело остается в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действует сила, вынуждающая изменить это состояние». Появилась классическая наука.

Со времен Демокрита и до работ Э. Резерфорда был запрет на саму мысль о делимости атомов.

Его сняли и смогли высвободить ядерную энергию. Но при этом распространили неделимость на нуклоны. Затем от этого отказались и приняли кварковую модель нуклона с убеждением, что в свободном виде кварки существовать не могут. Теперь как будто и этот запрет снимается. Выдвинута гипотеза о существовании кварк-глюоновой плазмы, т.е. своего рода «смеси» из отдельных кварков и глюонов. Кто знает, не сделают ли завтра физики вывода о делимости кварков?

Или, скажем, давно ли считалось, что человек не может покинуть Землю. Народная мудрость «чем выше залетишь, тем ниже упадешь» — оказалась верной лишь до скорости взлета, меньшей 11,2 км/сек, так называемой «второй космической скорости».

Примеров таких немало. Свидетельствуют же все они об одном и том же: наука не терпит раз и навсегда установленных запретов и ограничений.

Поэтому, рассуждая о «науке будущего», полезно задаться вопросом, какой очередной запрет она снимет? Ответом на него и станет картина науки будущего. Невозможное сегодня станет достижимым завтра.

Схожая история и с математикой. С момента возникновения геометрии Евклида существовал запрет на проведение из точки вне прямой более одной прямой, параллельной данной. Аксиома о параллельных прямых евклидовой геометрии формулируется так: через точку, не лежащую на данной прямой, проходит не более одной прямой, лежащей в одной плоскости и не пересекающей ее. Но вот пришел Н.И. Лобачевский и снял этот запрет, создав неевклидову геометрию, а вместе с ней и новое научное, а не только математическое мировоззрение. Аксиома Лобачевского звучит так: через точку, не лежащую на данной прямой, проходят, по крайней мере, две прямые, лежащие с данной прямой в одной плоскости и не пересекающие ее.

Пример более близкий нам всем. Для экономии времени просто процитирую академика Александра Даниловича Александрова: «...на примере элементарной геометрии мы видим, что математик имеет два аспекта, два ряда проблем и результатов: одни касаются того, что есть само по себе, другие касаются нашей деятельности. Например, основная теорема алгебры утверждает, что всякое алгебраическое уравнение имеет корни (вообще говоря, комплексные). Но есть вопрос: как их вычислить? Вопросы второго плана - о вычислениях и построениях играли в математике подчиненную роль. Но теперь они приобрели существенное, в ряде случаев решающее значение. И дело здесь не только в возрастании практической необходимости вычислений и применении электронно-вычислительных машин; это еще не вело бы к принципиальному изменению математики. Дело в теоретической постановке вопросов о возможностях осуществить не только то или иное вычисление, но и получить тот или иной теоретический результат».

Что это по существу означает для математики? Если и не отказ от классического, основанного на аксиомах, чисто логического вывода, в качестве единственно возможного способа доказательства, то, по крайней мере, признание права на такую же математическую достоверность и доказательность за другими схемами рассуждений. В частности, за аргументацией с помощью примеров, за рассуждениями по аналогии или путем ассоциаций, за использованием мнений авторитетных специалистов (экспертов). Наконец, за доказательствами, в основе которых лежит простая вера в сходимости бесконечного вычислительного процесса. Ведь никакое вычисление нельзя продолжать бесконечно, и где-то, на каком-то шаге мы его обрываем и полученную таким образом приближенную численную величину принимаем за решение рассматриваемой задачи - за истину. Но сходимость многих вычислительных алгоритмов, используемых в машинных расчетах, не доказана в классическом понимании.

Тем не менее, именно на этой вере возведено практически все здание современных компьютерных вычислений и приложений. Многообразные вычислительные процедуры существуют и используются, но их строгое теоретическое обоснование либо отсутствует, либо остается неполным. Пример - всем известные и широко используемые коммерческие пакеты для решения стандартных математических задач - среди них пакет «МАТЛАБ». В его документации не содержится ни четкого описания используемого алгоритма, ни четкой формулировки решаемой задачи.

Таким образом, ясно, что с появлением компьютеров мир математики, безусловно, стал меняться. Изменяются не только математическое мышление, математические методы, но и научное мировоззрение в целом. Как все это повлияет в конечном итоге на математическое образование судить не берусь, поскольку пока еще мало опыта, да и эмоции вокруг компьютеров часто подавляют трезвый расчет и взвешенный анализ. Достаточно обратить внимание на такие фантастические проекты, в центре которых находятся «виртуальные университеты». Там все во многом на уровне истерии.

Однако, я уверен, и в первые годы, а, скорее всего, и в первые десятилетия нового века люди будут держать математические знания, необходимые им в повседневной жизни, в собственной голове, а не в карманной мини-суперЭВМ. Хотя бы для того, чтобы ясно представлять себе обычный мир, в котором они живут. Один пример. Люди часто в быту используют слова миллион и миллиард, не видя в них большой разницы. Вместе с тем, миллион секунд это примерно 12 суток, а миллиард секунд - приблизительно 32 года. И таких фактов математической неграмотности много. Сомневаюсь, что наличие подобных знаний только в памяти компьютера, а не в голове, будет полезно человеку.

Теперь, поскольку мы говорим о «математическом образовании», естественно уточнить или хотя бы прояснить смысл, который в эти слова вкладывается. Что значат утверждения - «человек математически образованный» и «человек математически необразованный»? Где та граница, которая их разделяет, если она в принципе существует? При всей, казалось бы, простоте этих вопросов очевидных ответов на них нет. Литературы великое множество, но удовлетворительной определенности нет.

Мои суждения, которые я сейчас вам изложу, также не претендуют на истину в последней инстанции. Но я так думаю, а потому так говорю.

Во-первых, я исхожу из того, что понятия «математического образования», «математической образованности или необразованности» подвижны во времени и существенно зависят от окружения человека, которого мы анализируем как «*homo matematicus*».

Во-вторых, так уж сложилось историческое развитие математического образования в мире, что оно давно разделено на три как бы самостоятельных острова — профессиональное математическое образование, общее математическое образование и математическое просвещение. Всякие реформы, затеваемые в математическом образовании - это в основном попытки навести какие-то мосты между названными островами. Но если раньше такие реформы предпринимались, как правило, а рамках отдельных стран и строились национальными математическими архитекторами, то теперь дело в корне меняется. Появился наднациональный реформатор математического образования. У него как у Януса - два лица. Один лик — это компьютеризация образования, второй - глобализация мира. Мосты, которые могут быть наведены между островами в математическом образовании в процессе компьютеризации и глобализации, несомненно, не обойдут стороной и Россию. Этого не понимать и с этим не считаться нельзя. Как, каким образом нам поступать и действовать, чтобы не остаться в стороне от происходящего с математическим образованием в мире и по максимуму использовать внешние и внутренние обстоятельства для дальнейшего улучшения нашей отечественной системы математического образования?

Менялось ли «математическое образование» во времени? Наверное, никто не станет опровергать того факта, что распространенность математических знаний в прошлом и в настоящем существенно разная.

Зависит ли «математическое образование» от среды? Никто, видимо, также не станет опровергать того факта, что потребности в математических знаниях, например, у жителей сельской местности и у жителей городов, перенасыщенных техникой и инженерными коммуникациями, существенно разные.

Теперь о процессе глобализации. За ним отчетливо просматриваются две интересные для темы моего доклада тенденции: галопирующая урбанизация и стандартизация образования. Об этих тенденциях много пишут и спорят, когда обсуждают проблему глобализации.

Что эти тенденции могут потенциально означать с точки зрения математического образования?

Рост городов, являясь одной из характерных особенностей нашего времени, видимо, будет продолжаться и в дальнейшем. По оценкам ООН, скоро доля городского населения планеты должна достигнуть 60%. Тогда закономерно звучит вопрос - а не имеем ли мы дело с качественно новой формой математического образования, которое я бы образно назвал «городской математикой»? Скорее всего, именно она будет формировать общественный и государственный заказ на содержание и стандарты математического образования со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Другая тенденция - стандартизация образования. Примеры. Замена экзаменов тестированием, введение многоуровневости. Это тоже законнорожденные дети процесса глобализации. Когда в экономической сфере начинает глобально доминировать какой-то один тип рынка (в нашем случае на эту роль реально претендует только рынок США), то, по меньшей мере, странно было бы полагать, что такие тесно привязанные к хозяйству сферы, какими являются наука и образование, останутся в своей девственной неприкосновенности.

Наиболее вероятным исходом будет сильная американизация образования в целом. По крайней мере, пример развития в Европе фундаментальной науки не указывает на иные возможности.

Известный французский научный публицист Доменик Лекур еще в начале 90-х гг. ставил вопрос так:

«Каким путем идти науке? Какой модели поиска - европейской или американской - целесообразно придерживаться?» Отметив европейское происхождение современной науки, перечисляя множество европейских имен таких, как Бэкон, Ньютон, Галилей, Лейбниц, Кант, Максвелл, Пуанкаре, Эйнштейн, Шредингер, Геккель, Дарвин, Пастер и другие, Лекур делает вывод: «Европейский стиль... находится в стадии исчезновения. В большинстве лабораторий и учебных заведений царит описательный подход к познанию и бухгалтерский подход к исследовательской работе. Их превозносят аудиовизуальные средства массовой информации, которые проявляют интерес только к самым сенсационным результатам исследований». И далее: «Все изменилось после организации «Манхэттенского проекта». Эта принципиально новая модель науки в конце концов была принята всем мировым научным сообществом как наиболее эффективная и современная. С тех пор, - подытоживает Лекур, - наука живет в совершенно ином мире мышления, поскольку долж-

на дать максимально полезный эффект в крайне сжатые сроки».

Следствие — после второй мировой войны центр фундаментальных научных исследований переместился в США. Этому способствовало, в частности, то, что многие ученые эмигрировали во время войны в Америку. А после ее окончания их уже привлекали более благоприятные условия работы «за океаном».

Так изменилось лицо «европейской» науки. Так же изменится, я полагаю, и лицо русской науки, многие ведущие представители которой уже прочно связали свою дальнейшую судьбу и работу с Западной Европой и США. На математике это скажется, видимо, серьезнее, поскольку наши российские потери математической молодежи (возраст до 40 лет) наиболее значительны по сравнению с другими областями фундаментальной науки.

Показательно, что в ходе всевозможных обсуждений темы «Образование на пороге XXI века», а таких мероприятий было бесконечное множество, математическому образованию нигде не придавалось приоритетного значения. Даже на таком форуме, как Всемирная конференция по высшему образованию. Высшее образование в XXI веке: подходы и практические меры. ЮНЕСКО, Париж, 5-9 октября 1998 г.

И тот факт, что 29-я Генеральная конференция ЮНЕСКО по представлению Международного математического союза объявила 2000 год (который к тому же уже кончается) Всемирным годом математики, мало, насколько мне известно, отразился на изменении интереса государств и обществ к математике и математическому образованию.

Можно много и убедительно говорить о важности дальнейшего повышения математической грамотности населения. Можно не менее активно проповедовать тезис о том, что в основе всех современных новых и новейших технологий лежит математика, математическое моделирование, вычислительный процесс, и что без их приоритетной государственной поддержки России не выйти из кризиса. Можно даже принять к обсуждению мысль о том, что возрождение России как великой державы находится в прямой зависимости от уровня отечественной математики и математического образования.

Все это в чем-то правильно. Но, выдвигая большие по масштабам и серьезные по научному содержанию задачи в области дальнейшего развития математики и математического образования в России, необходимо трезво оценивать настоящее, да и ближайшее видимое будущее.

Глубокоуважаемые коллеги!

В самом начале своего выступления я подчеркнул, что не очень верю в так называемые научные прогнозы, а тем более в гадания на кофейной гуще, что стало весьма распространенным в мире, да и Россия здесь не исключение. Я не могу сказать, на что возможно часть участников нашей конференции рассчитывала, что вы услышите от меня чет-

кий ответ на вопрос о будущем математического образования вообще.

Но я могу предложить вам если и не полный ответ, то, по крайней мере, весьма достоверную версию дальнейшего развития событий в области математического образования в России. По моему твердому убеждению, будущее математического образования в стране во многом зависит от качества математического образования, которое будет давать Московский университет, а более широко - от будущего самого Московского университета.

Я понимаю, что главные интересы собравшихся на настоящей конференции, сфокусировались вокруг математики в средней школе. Некоторые докладчики даже после предварительно сделанных заявок на желаемые темы поменяли их на школьную тематику. Да и судя по тезисам, точки экстремумов преобразований в математическом образовании лежат в математике средней школы.

Уже по одной этой причине я не хочу пополнять список докладчиков по школьной математике и совсем оголять фланг, который озабочен проблемой подготовки кадров профессиональных математиков, а еще точнее - подготовкой научных кадров для математики. Это, конечно, не избавляет меня от предъявления собственной позиции и видения происходящего в школьной математике. И я постараюсь свою позицию и понимание этого очень коротко выразить. Но прежде подчеркну следующее обстоятельство. Если перечислить поименно, то многие главные, пользуясь современным рыночным лексиконом, «игроки» на поле школьного математического образования — воспитанники механико-математического факультета Московского университета. Это, по моему мнению, необходимое условие для достижения общей принципиальной позиции по существу вопроса, если, конечно, существо это не сводится к борьбе за тиражи и рынок сбыта учебников и учебных пособий.

Несколько цифр и фактов из недавнего прошлого и текущих дней Московского университета. А потом - о наших планах, которые, я полагаю, удастся осуществить в ближайшие 5 лет, в течение которых университет будет идти к своему 250-летию - 25 января 2005 года.

Полагаю, что большинство участников нашей конференции помнят и хорошо представляют ту историческую роль, которую сыграл Московский университет, его физико-математический, а затем механико-математический факультеты в развитии отечественной школы математики и математического образования. Нет нужды повторять о выдающемся вкладе А.Н. Колмогорова и А.Я. Хинчина в теорию вероятностей, А.Н. Тихонова, Л.С. Понтрягина и П.С. Александрова в топологию, И.М. Гельфанда в функциональный анализ... В не таком уж отдаленном прошлом были годы, когда на мехмате одновременно работало по 100 и более научных семи-

наров, собиравших самых выдающихся математиков страны, их молодых учеников и последователей.

Далее. До ввода в строй новых зданий Московского университета в 1953 году выпуск механико-математического факультета составлял около 70-80 специалистов ежегодно. За 42 года - с 1958 (первый выпуск из новых зданий) по 2000 годы - мехмат окончило около 16 тыс. профессиональных математиков (в их число я включаю и механиков). С 1975 года профессиональных математиков начал выпускать факультет вычислительной математики и кибернетики. За 25 лет он подготовил примерно 7 тыс. специалистов. Суммарно по двум этим факультетам получаем где-то около 22-23 тыс. математиков, так сказать, высшей пробы. За все послевоенное время в Московском университете диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (только по математике, механике и информатике) защитило примерно 3 500 человек и доктора - более 1 000.

По разным оценкам это где-то 10-я часть всех математиков, включая и учителей, 5-я часть всех кандидатов и 4-я часть всех докторов-математиков, появившихся в стране за время после 1958 года.

Или сегодня. Из 33 академиков отделения математики РАН 20 - выпускники МГУ, из 31 члена-корреспондента — 17. По отделению информатики, вычислительной техники и автоматизации из 34 академиков - 10 наши выпускники, из 60 членов-корреспондентов - 9.

Нет нужды дополнительно доказывать, что вся эта огромная сила существенно влияла и продолжает влиять на состояние математической науки и математического образования в стране.

Не думаю, точнее у меня нет сколько-нибудь весомых аргументов для того, чтобы утверждать обратное, говоря, что в наши дни, да и в ближайшем обозримом будущем роль и место Московского университета в судьбах математического образования в России пойдет на убыль. Хотя с такими гипотезами и мнениями мне уже приходилось сталкиваться. Наверняка, где-то, в каком-то другом нашем университете или вузе есть математики, более сильные в том или ином ее разделе. Это нормально, и странно, если бы таких случаев не было. Но одно дело прорывы в конкретных математических теориях и совсем другое - полнокровная подготовка профессиональных математиков.

В этом равных Московскому университету в России нет. Однако это совсем не означает, что существующее статус-кво нас убаюкивает или устраивает на будущее. Категорически нет. Поэтому все мои и моих коллег по руководству университетом мысли о будущем, мысли критические и жесткие.

Когда я говорю о настоящем университета, я имею в виду то, чем живет он сегодня. Когда я говорю о его будущем, я пытаюсь оценить не только наши потенциальные ресурсы (кадры, научно-приборную базу, собственность и т.д.), но и, что край-

не важно, - ситуацию внутри и вокруг Московского университета. Подобный подход правомочен, и когда приходится анализировать проблемы отдельных факультетов или отдельных направлений университетской науки.

В частности, сегодня, когда в повестке дня конференции обозначен вопрос о математике и математическом образовании, впору более пристально взглянуть на наши механико-математический факультет, факультет вычислительной математики и кибернетики, а также на состояние и уровень развития в университете сопряженных с ними наук - математики, информатики, механики и некоторых других.

Московский университет выпустил в 2000 году более 800 специалистов-математиков. Это означает, что в этом году каждый 17-й выпускник-математик из их общего числа в 15 тыс. в России имеет диплом Московского университета.

Но можно посмотреть на цифру в 15 тыс. специалистов-математиков с другой стороны. Достаточно ли она для обеспечения простого воспроизводства кадров (я уже не говорю о расширенном воспроизводстве) для математического образования в стране? Если брать всю систему образования (среднюю и высшую школу), то скорее всего недостаточно, поскольку, как показывают выборочные экспертные оценки за последние 4-5 лет только по выпускникам-математикам Московского университета, из них непосредственно в сферу математического образования и математической науки идет менее половины. А из тех, кто идет в эту сферу, где-то около 15-20% устраиваются на работу за пределами России. Я сравнивал эти цифры с аналогичными по некоторым другим университетам страны. Значительные расхождения есть только по цифрам уехавших за рубеж: в них она существенно меньше, чем в Московском университете. Есть объяснение и этому явлению. Во-первых, наши выпускники-математики, видимо, более крепкие в профессиональном отношении, а потому и более конкурентоспособные. Но второе обстоятельство мне кажется более существенным. Большинство из убывающих за границу движутся по дороге, протоптанной их учителями и кумирами, на рабочие места для них уже приготовленные. Это факт, хотя и вызывающий известные чувства.

Анализ развития механико-математического факультета, факультета вычислительной математики и кибернетики Московского университета за последние десятилетия позволяет сделать некоторые достаточно определенные выводы относительно ближайшего будущего самого высшего в профессиональном отношении звена отечественного математического образования. Более того, я могу взять на себя смелость сформулировать конкретные пути, следуя которым качество математического образования в Московском университете может быть существенно повышено.

Если взять в качестве временного отрезка для анализа последние 50 лет, то картина математики в университете вырисовывается следующая. В эти годы заново сформировались такие крупные области, как дискретная математика, теория вероятностей и математическая статистика. В большой факультет вылилась вычислительная математика.

В Московском университете появилась и развивается новая научная проблематика, связывающая математику с другими областями фундаментального знания и техники. Приведу только один конкретный пример того, что дает математика для познания живых (биологических) систем.

В последние годы сотрудниками объединенной группы Института медико-биологических проблем и МГУ открыт и затем смоделирован в земных условиях вестибуло-сенсорный конфликт невесомости. В результате этого конфликта на орбите центральная нервная система отключает информационные сигналы, идущие от этих механорецепторов ускорений на глазодвигательные мышцы, что резко осложняет визуальное управление движением различных космических объектов. Например, несколько лет назад при попытке перестыковки транспортного корабля именно по этой причине были разрушены солнечные батареи на орбитальной станции «Мир».

Как понять (познать) механизм возникновения этого конфликта? Формируется математическая модель, описывающая динамику следующих явлений, происходящих в волосковых клетках механорецептора ускорений и афферентных нервных волокнах:

- а) деформация волосков в результате механического стимула и динамика ионного тока калия по каналам волосков внутрь клеток;
- б) динамика ионных токов, входящих и выходящих из волосковых клеток;
- в) влияние этой динамики на поток нейромедиатора из волосковой клетки в синапсную щель между клеткой и афферентными волокнами;
- г) изменение афферентной импульсации. Так происходит преобразование энергии механического воздействия в информационный процесс.

Затем проводится серия тонких физиологических экспериментов на клеточном уровне с целью идентификации параметров разработанной математической модели. И после этого осуществляется математическое моделирование при условиях, соответствующих орбитальному полету. Таким образом, видно, что только благодаря математическим методам происходит познание нового. В данном примере это позволило впервые в практике мировой космонавтики осуществить имитацию условий орбитального полета на Земле.

Продолжаю. Но жизнь требует дальнейших, не менее решительных шагов. Какими видятся пути дальнейшего повышения качества математического образования в Московском университете?

Я полагаю, что хорошего эффекта можно достичь, если кафедра специализация будет на-

чинаться позже, чем сейчас, т.е. не с 3-го курса (а фактически со 2-го семестра 2 курса), а годом или полутора годами позже. Это даст возможность освоить всем без исключения студентам более широкий круг математических дисциплин. От чего мы страдаем? Мы страдаем от того, что очень рано студенты, разбившись на кафедры, перестают понимать друг друга. Теряется междисциплинарная связь, студент как будущий научный работник быстро погружается в очень узкие и очень сложные математические задачи. Сейчас требуется профессионал-математик - математический эрудит, универсал, который хорошо видит не только обширный математический мир, но и мосты, которые наведены или могут быть наведены с другими мирами знаний.

Кстати, расширение общематематических курсов на весь контингент студентов и растяжение этих курсов еще на 2-3 семестра, позволит, как мне кажется, решить и другую проблему - привлечь к чтению лекций, особенно на младших курсах, наиболее крупных российских математиков из Академии наук, да и из-за рубежа.

Немалый потенциал для повышения качества математической подготовки лежит в совершенствовании кафедральной и отделенческой структуры факультетов. Например, на механико-математическом факультете исторически сложились только два отделения — математики и механики. Сейчас можно слышать суждения примерно такого характера: почему только эти два? Полезно иметь отделения, связанные с экономикой и биологией. Или прямо противоположное суждение — никаких отделений, и факультет должен именоваться просто математическим факультетом. Это предмет для серьезного разговора в дальнейшем. То же относится и к кафедрам, какие-то можно объединить, можно и нужно создавать новые. Только решаться такие вопросы могут при одном неоспоримом условии - если есть соответствующие кадры. Ведь именно так всегда обновлялись кафедры в университете — под человека, под крупнейшего специалиста, под потенциального или фактического организатора и лидера научно-педагогической школы. Московский университет на этом стоял, стоит и, я уверен, будет стоять.

В заключение своего выступления я хотел бы сказать несколько слов об обсуждаемой реформе школьного математического образования.

Мне кажется, что прежде чем начинать реформы, следовало бы по возможности точно и конкретно сказать, что нас не устраивает в ныне существующей системе математического образования сверху донизу. Я считаю большим упущением то, что преобразования в школьной математике осуществляются в полном отрыве от математики вузовской, университетской, наконец, академической. Но ведь математика и математическое образование это целостный организм, и странно полагать, что хирургия на одной части тела никак не отзовется на теле в

целом. По крайней мере, я нигде не встречал даже попыток такого подхода, а вот напряжения и усилий на разрыв сколько угодно. Поэтому я предлагаю сосредоточить внимание на «ничейной земле», той математике, которая располагается где-то между границами школьной и университетской. Это вопрос крайне важный, имея в виду расширение приема в вузы пусть и за счет роста численности негосударственных высших учебных заведений. Наверное, Россия не в таком уж отдаленном будущем тоже сделает ставку, как это происходит в самых развитых государствах мира, на всеобщее высшее образование. Вот здесь-то «ничейная математическая земля» станет почти непреодолимым препятствием.

Второе, чего нельзя, к сожалению, просто увидеть, это те конкретные силы, которые из глубины иницируют реформы математического образования. Поэтому свой следующий вопрос я бы сформулировал так: «Кого конкретно и по каким причинам не устраивает существующее положение дел в математическом образовании?» Кого - школьников, учителей, студентов, преподавателей вузов, ученых-математиков, предпринимателей, чиновников...? В поставленном так вопросе не надо видеть исключительно негативный подтекст. Скорее, наоборот, надо понимать его как указание на необходимость поиска позитивного общего знаменателя для этих дробных частей единого процесса математического образования, если хотите - консенсуса между этими субъектами данного процесса, поскольку в противном случае ничего путного не получится.

Глубокоуважаемые коллеги!

Я завершаю свой доклад. Для меня, очевидно, что краеугольным камнем для возведения здания науки будущей России, как это было в далеком, так и в недавнем прошлом, останется наша отечественная система образования. В ней, как и сотни лет тому назад, центральную роль будут играть университеты, университетское образование. Давайте представим: 50 лет - это примерный срок активной трудовой деятельности двух поколений специалистов. Следовательно, те студенты, которые сегодня оканчивают университеты, проработают, по крайней мере, до 2025-2030 гг. А те, кого мы примем в ближайшие 5-10 лет, будут работать еще в середине наступающего века. Глядя на них, можно без громких слов рассмотреть лицо будущей России - печальное или радостное.

Давайте работать и учить так, чтобы радость все чаще появлялась в нашем общем доме, в России.

Уверен, что Московский университет внесет свой достойный вклад в созидание лучшего будущего для нашей молодежи, для всего нашего народа!

Благодарю за внимание.