

УДК 378.14.014.13

Соловьев Александр Николаевич, д-р пед. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, soloviev@pre-admission.madi.ru

ПОДГОТОВКА ШКОЛЬНИКОВ К ИНЖЕНЕРНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ В МОСКВЕ И В США

Аннотация. Качество инженерного образования во многом зависит от качества подготовки абитуриентов, зачисленных на первый курс. В работе сделан обзор предложений Американского общества для инженерного образования ASEE по повышению качества подготовки будущих студентов (программа K-12) в сопоставлении с внедренной в мае 2015 года программой «Инженерный класс в московской школе».

Ключевые слова: инженерное образование, программа K-12, инженерный класс.

Solovyev Alexander N., Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, soloviev@pre-admission.madi.ru

PRE-ENGINEERING PROGRAMMES IN MOSCOW (RUSSIA) AND IN USA

Abstract. Some papers of ASEE division “K-12” published in the journal “Prism” are under consideration. In parallel, we also discuss the new project of the Moscow government “Engineering in Moscow schools”. We explain gained 1.5 years’ experience in Moscow. A comparison between used in Moscow methods and programme K-12 done.

Key words: engineering education, programme K-12, engineering in Moscow school.

Введение

В мае 2015 года Правительство Москвы поручило Департаменту образования города Москвы (ДОГМ) организовать в средних школах столицы специализированные «инженерные» и «медицинские» классы. Данная инициатива явилась реакцией на запрос московского рынка труда и решения руководящих органов страны. Проект «Инженерный класс в московской школе» относился к 10-м и 11-м классам и имел три следующие «опорные точки». Он должен был опираться на

сотрудничество школы, в которой создается класс, с вузом и с «инновационным предприятием». В учебный план такого класса включаются дополнительные часы, предусмотренные для изучения математики, физики, информатики. Комплектование 10-го класса осуществляется на конкурсной основе.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) был в числе 15 московских технических университетов, поддержавших эту инициативу. МАДИ имеет богатый опыт сотрудничества со средними школами (еще в 1989 году при университете был создан Московский центр автомобильно-дорожного образования – МЦАДО, ставший организационной формой такого сотрудничества). МАДИ имеет также опыт сотрудничества с предприятиями автомобильно-дорожного комплекса (достаточно упомянуть КБ «Мотор», создание филиалов кафедр на производстве).

Анализ публикаций Американского общества для инженерного образования (American Society for Engineering Education – ASEE) позволяет провести параллель между подготовкой школьников к инженерному образованию («инженерии») в США и в Москве. Цель данной работы – сопоставить мнение американских авторов с отечественным опытом.

1. Готовит ли школа к поступлению в вуз?

Ответ на этот вопрос по-разному формулируется руководящими органами образования в зависимости от политической воли руководства страны. Например, в 1958 году в Советском Союзе было издано постановление об обязательном восьмилетнем обучении в школе и об одиннадцатилетнем полном среднем образовании. Девизом этого постановления было – укрепление связи школы с жизнью. Считалось, что за последние три года обучения школьник получит рабочую профессию и сможет работать на производстве по окончании 11-го класса. Однако

руководство органами образования города Москвы и крупных университетских центров подошло к упомянутой реформе неформально и ввело в некоторых классах профильное обучение с углубленным изучением математики, физики, информатики (которое еще только зарождалось в те годы) и иностранного языка. В 1966 году произошел возврат к десятилетке: последний выпуск учеников одиннадцатых классов был совмещен с выпуском учеников десятых классов. К счастью, при этом профильное обучение сохранилось в ряде школ и следует констатировать, что выпускники физико-математических классов служили и служат базой для формирования контингентов не только соответствующих факультетов классических университетов, но стали крепкой основой среди абитуриентов технических вузов. Одним из источников общепризнанных заслуг российской инженерной школы в середине XX века можно считать серьезную школьную физико-математическую подготовку.

Различные объективные и субъективные причины (характерные для многих развитых стран, в том числе и для России) обусловили зафиксированное многими авторами в конце XX века снижение мотивации школьников к изучению предметов физико-математического цикла, снижение конкурса на инженерные специальности. Соответственно технические вузы для компенсации этого негативного фактора пошли по пути сотрудничества со средними школами. Известны примеры создания в Москве лицеев при МИФИ, МЭИ и других вузах. При МАДИ в 1989 году был создан МЦАДО [1]. Обучение в школах, имеющих связь с инженерным вузом, позволяло учащимся получить более глубокую физико-математическую подготовку. Кроме того, успешно обучавшиеся выпускники таких школ имели определенные преимущества при зачислении в соответствующий вуз. И то, и другое являлись важными мотивирующими факторами для выбора школьниками обучения в классе, «открывающем дверь» для поступления в технический вуз.

Начиная с 2009 года, конкурсное зачисление в вузы РФ происходит по результатам единых государственных экзаменов (ЕГЭ), вследствие чего выпускники школ, сотрудничающих с вузами, потеряли упомянутое выше преимущество. Это следует считать отрицательным фактором.

2. Проект «Инженерный класс в московской школе»

Необходимость развития и совершенствования инженерного образования в стране отмечалась в ряде директивных документов руководства РФ. Как отмечено во Введении, в мае 2015 года был запущен проект «Инженерный класс в московской школе» (далее – Инженерный класс). Уже в течение нескольких первых месяцев выполнения проекта такие классы были созданы примерно в 50 московских школах и привлечены 15 московских технических вузов. К осени 2016 года число инженерных классов увеличилось примерно втрое, и еще многие школы высказывают пожелание включиться в упомянутый проект.

В 2015/16 учебном году только десятиклассники обучались в инженерных классах. В текущем 2016/17 учебном году они перешли в 11-й класс, а в 10-е классы поступили другие ученики. Таким образом, еще не было выпускников инженерных классов, поступивших в институт, что не позволяет оценить качество их подготовки с точки зрения вуза. Однако наблюдения за учащимися школ, с которыми сотрудничает МАДИ, позволяют сделать некоторые промежуточные выводы.

1. Успешное обучение по программам углубленного изучения математики и физики в 10-м классе требует соответствующей подготовки по этим предметам, полученной на предыдущем этапе школьного обучения. Соответствующей целенаправленной работы в этом направлении не проводилось, и контингент выпускников 9-х классов, готовых к обучению по программам инженерного класса, оказался в сентябре 2015 года при формировании таких классов ограниченным.

Следовательно, подготовку к обучению в инженерном классе требуется начинать на более раннем этапе.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования, утвержденный приказом Минобрнауки России от 17 мая 2012 г. № 413, содержит понятие «Индивидуальный проект», которое предполагает особую форму организации деятельности обучающихся (учебное исследование или учебный проект).

Проектно-исследовательская деятельность учащихся, осуществляемая при взаимодействии с вузами и предприятиями, может стать принципиально значимым фактором как повышения уровня мотивации к поступлению в технический вуз, так и повышения качества подготовки к освоению образовательных программ инженерной направленности. Однако при этом возникают определенные трудности как организационного, так и методического характера.

С нашей точки зрения организационные трудности обусловлены сложностью обоснованного встраивания в школьное расписание выполнения работы над проектами в вузе. Дело в том, что при шестидневной учебной неделе школьники имеют шесть уроков ежедневно, а при пятидневной (как принято в большинстве московских школ) – семь, а иногда и восемь уроков в день. После этого очень сложно школьнику ехать в вуз заниматься в каком-либо кружке (ведь требуется еще и выполнить домашнее задание!). Семьи старшеклассников, записавшихся в инженерный класс, ориентированы на поступление своих детей в вуз, причем желательно на бюджетные места. Это означает успешную сдачу ЕГЭ (получение высоких баллов). Соответственно родители считают более важным усиленные занятия (возможно, дополнительные) по таким предметам, как математика, физика, русский язык, а занятия в кружках и участие в проектно-исследовательской деятельности относят

к необязательным. Начиная с осени 2016 года ДОГМ разрабатывает проект комплексного профильного экзамена для учащихся инженерных классов. Если результаты этого экзамена (в том числе оценка проектной деятельности учащегося) будут влиять на конкурсное зачисление в вуз, то, возможно, это будет способствовать привлечению учащихся к серьезной работе в кружках при вузах.

Положительным опытом может оказаться расписание, предложенное в 2016/17 учебном году в московском лицее № 1550 для занятий в инженерных классах. Расписание составлено таким образом, что один из дней недели полностью «отводится» для занятий в вузе. Так как в лицее четыре 10-х класса, а сотрудничество лицей ведет с четырьмя вузами, то это должен быть единый день недели. Благодаря такой установке учащиеся имеют возможность выбрать для занятий любой из четырех вузов, независимо от того, в каком из четырех классов они учатся. В этот «единый день» в расписании значатся три пары занятий по предметам: математика и физика (решение задач повышенной сложности), а также работа над проектом. По-видимому, такая схема эффективна с точки зрения сотрудничества с вузами в области организации проектной деятельности учащихся. Сомнение вызывает то, что на изучение обязательной школьной программы остается всего четыре учебных дня в неделю.

Проектная деятельность учащихся, по замыслу авторов проекта «Инженерный класс», должна быть связана с производством или исследованиями вуза и иметь «реальный выход». Этим объясняются методические трудности при руководстве проектной деятельностью учащихся. Во-первых, как уже упоминалось выше, баланс времени, отводимый на эту деятельность, недостаточен для серьезной проработки проектов, во-вторых, знания десятиклассников и даже одиннадцатиклассников еще недостаточны для выполнения инженерных

проектов. И наконец, потенциальные руководители проектов учащихся, работающие на производстве или в вузе, не имеют достаточного опыта и специфических знаний для работы со школьниками.

Естественно, что упомянутые выше обстоятельства не позволяют рассчитывать на массовую разработку в школах «реальных проектов». Они носят единичный характер. Тематика проектов, доступных учащимся, может быть найдена с помощью Интернета. Ниже мы приводим информацию по проектам учащихся американских школ.

3. Опыт США

В США существуют несколько сотен программ, направленных на вовлечение школьников в инженерию. Подразделение ASEE, занимающееся обобщением опыта работы по этим программам и, в определенной степени, их координацией, носит название «K-12». Буква «K» происходит от слова kindergarten – детский сад, а число 12 символизирует двенадцатилетнее обучение в средней школе. Таким образом выражается намерение готовить детей к инженерии в течение всей школьной жизни и, быть может, даже начиная с детского сада.

Подразделение «K-12» организует заседания специальных секций на ежегодных конференциях ASEE, проводит семинары и «школы» для учителей, готовящих детей в инженерию, а также публикует тематические подборки статей. Ниже представлен обзор наиболее характерных и поучительных, с нашей точки зрения, мнений, представленных в работах, опубликованных за последние 1,5 – 2 года в журнале “Prism”, издаваемом ASEE.

Например, существуют несколько точек зрения на то, как следует вовлекать школьников в сферу творчества и проектной деятельности.

Одна из них представлена в работе J. Росок [2]. Автор информирует об определенном течении, сложившемся в рамках «K-12» – Maker

Movement, и приводит примеры соответствующей деятельности.

Сторонники этого направления (в российской педагогической литературе в этом случае речь идет о «деятельностном подходе» к обучению) считают, что главная цель при работе со школьником – это создание системы условий для преодоления инерции мышления и пробуждения таких его качеств, как любопытство, умение играть, открытость для риска, ответственность, упорство, благородство, оптимизм, жизнерадостность. Цитируются авторы, которые считают, что абсолютно неважно то, на каком оборудовании достигается эта цель (оно может быть самым дешевым). При этом с сарказмом упоминаются те учебные заведения, которые, закупив 3D-принтеры (считая их самым современным оборудованием), не знают, как организовать с их помощью проектную деятельность. Последнее замечание, по нашему мнению, актуально также для программы «Инженерный класс», так как комплекты оборудования, которые поставляются в школы для инженерных классов, содержат, в том числе, 3D-принтеры.

Перекликается с программой «Инженерный класс» проект, описанный в работе К. Wesson [3], в которой рассказывается о вовлечении в течение 20 лет учащихся и учителей школ, расположенных в 20 штатах от Аляски до Нью-Йорка, в деятельность по активной подготовке к инженерной деятельности. С восхищением автор пишет о «вершине такой деятельности» – взлетающих автомобилях, электрических куклах и т.д. Точнее, речь идет о финансируемом Национальным научным фондом США (National Science Foundation – NSF) проекте City Science, который стартовал в Нью-Йорке в 1992-1995 годах. Было привлечено 75 школ города, и была поставлена цель – привлекать городские возможности и материалы для проектной деятельности учащихся. Постепенно к этой деятельности присоединились многие технические университеты США. Стратегические цели программы проектной деятельности включают в себя следующее:

- вовлечение учащихся и учителей в команды разработчиков;
- интеграция различных областей знания;
- включение в проекты гуманитарных и социальных наук, языкознания;
- использование возобновляемых ресурсов и недорогих материалов.

Предполагается, что необходимо разрабатывать учебную программу повышения квалификации учителей, исследовать возможности использования ресурсов и материалов, разрабатывать методы оценки достижений учащихся. В этом проекте также декларируется, что деятельностный подход к обучению школьников позволит развить в них такие качества, как адаптивность, упорство, умение ставить и решать проблемы, критическое мышление, способность к сотрудничеству и коммуникации. Предлагается ознакомиться подробнее с проектом на портале <http://www.citytechnology.org>

Мы видим, что описываемый проект «City Science» имеет большое сходство с проектом «Инженерный класс», но он уже разрабатывается более двух десятков лет. Очевидно, что можно использовать полезные наработки, и это уже делается подразделениями ДОГМ. Например, разрабатываются материалы для оценки результатов обучения в инженерном классе, темы долгосрочных и мини-проектов, программы обучения и т.д.

Что касается программ обучения, то мы изложим ниже дискуссию, касающуюся популярной в США аббревиатуры STEM.

Интересные рассуждения относительно происхождения и роли этого акронима проводит Н. Petroski [4]. Он напоминает, что признавая главенствующую роль естественных наук (science) и математики, исследователи процесса подготовки к инженерии изобрели аббревиатуру SMET (Science, Mathematics, Engineering, Technology). Однако она неблагозвучна в английском языке, поэтому вскоре была заменена на

STEM. Дискуссии о роли четырех составляющих STEM продолжаются, и многие инженеры считают необходимым поднять роль инженерии («Е») при подготовке школьников к инженерному образованию. В частности, об этом идет речь в работе [5], которую мы обсудим ниже.

Имеются и другие точки зрения. Например, D. Radcliffe [6] считает необходимым добавить букву «А», символизирующую liberal arts – гуманитарные науки, и превратить акроним в STEAM. По его мнению, инженер сможет осознать необходимость политики «устойчивого развития» [7] в своей деятельности только при достаточно глубоком изучении гуманитарных наук и экологии.

Профессор Н. Petroski завершает статью предложением перевернуть акроним, превратив его в TEAMS. По его мнению, изучение гуманитарных наук позволит будущим инженерам развивать оба полушария мозга. Кроме того, по-английски team – команда, и новый предлагаемый им термин будет отражать необходимость междисциплинарной командной работы для продвижения к общей цели.

Таким образом, мы видим, что, как обычно, в историческом движении по спирали современная дискуссия, проходящая в ASEE, о важности STEM или liberal arts повторяет бурный спор между «физиками» и «лириками», проходивший в СССР в 1960-е годы. Тем не менее ясно, что вопрос о месте тех или иных предметов в учебном плане инженерных классов очень важен и требует тщательного обсуждения.

Вернемся к обсуждению работы [5], в которой описан опыт Университета Колорадо, и в которой предлагается повысить роль «Е» в аббревиатуре STEM при обучении школьников. При этом автор считает, что такой подход сделает обучение математике и естественным наукам более результативным. Главная же на наш взгляд идея автора состоит в необходимости подготовки учителей к этой специфической деятельности (то есть повышении квалификации). В Университете Колорадо для этого разработана специальная программа General Engineering Plus (GE+).

Наш опыт также свидетельствует о том, что работа в инженерном классе требует дополнительной подготовки для учителя. Для такой подготовки ДОгМ привлекал в 2015/16 учебном году технические вузы.

Наряду с упомянутыми выше работами [2] и [3], где на первый план выдвинут педагогический аспект работы учителя в инженерном классе, обсудим работу, где даны рекомендации по практической реализации инжиниринга («Е») в школе [8]. По мнению автора этой работы С. Rogers, наборы «умных кирпичиков» – smart bricks LEGO – позволяют объединить физическое и виртуальное моделирование и, что самое главное, на практике перейти от передачи знаний от учителя к учащимся к реальному освоению знаний самими учениками. В качестве яркого подтверждающего примера он приводит историю, случившуюся в одной китайской школе. Учитель раздал в классе наборы LEGO и отлучился на полчаса. Когда он вернулся, ученики научили его собирать робота из такого набора.

Наборы LEGO продаются и в нашей стране. На выставках и конкурсах детского творчества в последние годы приходилось видеть весьма оригинальные конструкции, представленные учащимися на основе LEGO. Налицо педагогическая проблема. Что важнее: научить ребенка использовать подручные материалы, изобретать что-либо на их основе, действовать в интересах города и защиты окружающей среды или осваивать современные инженерные технологии с помощью дорогостоящих наборов LEGO? По-видимому, истина, как всегда, где-то посередине.

Выводы

Как известно, зачисление в вузы США происходит совершенно по другой схеме, чем в РФ. Проблемы, которые при этом решают технические вузы в США, носят во многом иной характер. Например, уделяется много внимания привлечению женщин и «национальных меньшинств»

в инженерное образование [9]. Однако проблема недостаточной подготовленности абитуриентов по дисциплинам физико-математического цикла стоит в США также остро, как и в РФ. Следовательно, взаимный обмен опытом в решении этой проблемы необходим.

Цель настоящей работы – осмыслить двадцатилетний опыт США по развитию обучения школьников, готовящихся к поступлению в инженерные вузы, проводя аналогию с московским проектом по созданию инженерных классов. Несомненно, можно извлечь ряд полезных сведений на основе проведенного нами анализа дискуссий, проходящих в американских журналах.

Прежде всего, о соотношении в школьной программе предметов STEAM. Содержание российского школьного образования регулируется государственным стандартом [10]. Проецирование аргументов, приводимых американскими авторами, на российскую действительность убеждает в том, что ФГОС среднего образования допускает подвижки учебного плана старших классов. Анализ знаний абитуриентов технического вуза (например, МАДИ) показывает важность усиления подготовки школьников по математике и физике. К сожалению, убедительных данных о влиянии школьной подготовки по предмету «технология» на качество подготовки будущих инженеров у нас нет. Наряду с этим, руководящие органы образования уделяют достаточное внимание гуманитарной подготовке, поэтому не приходится беспокоиться о роли («А»).

Очень полезен, по нашему мнению, опыт США по организации проектной деятельности как в рамках движений Maker Movement и City Science, так и на основе использования наборов LEGO.

Важно обратить внимание на цели, декларируемые в различных программах К-12, и на необходимость адекватной оценки учебных достижений учащихся инженерных классов.

В американском опыте особое место занимает постоянное обращение к необходимости повышения квалификации учителей, работающих по программам K-12. Приводятся соответствующие примеры с указанием источников финансирования такого обучения. В России и до сегодняшнего дня эта проблема серьезно не обсуждалась, но надеемся, что в программе «Инженерные классы» такая тема найдет свое место.

Список литературы

1. Соловьев, А.Н. Адаптивное управление организационной системой довузовской подготовки технического университета: монография / А.Н. Соловьев. – М.: МАДИ, 2011. – 280 с.
2. Pockock, J. K-12 workshop is what you make of it / J. Pockock // Prism. American Society for Engineering Education. – Summer 2016. – Vol. 25, No 8. – P. 57.
3. Wesson, R. Ready, set, design / R. Wesson // Prism. American Society for Engineering Education. – November 2015. – Vol. 25, No 3. – P. 21.
4. Petroski, H. Digging up the roots of STEM / H. Petroski // Prism. American Society for Engineering Education. – September 2014. – Vol. 24, No 1. – P. 21.
5. Lord, M. STEM by design / M. Lord // Prism. American Society for Engineering Education. – December 2014. – Vol. 24, No 4. – P. 34–35.
6. Radcliffe, D. A tale of two STEMs / D. Radcliffe // Prism. American Society for Engineering Education. – December 2015. – Vol. 25, No 4. – P. 52.
7. Соловьев, А.Н. Идеология «устойчивого развития» в инженерном образовании / А.Н. Соловьев // Изв. Балт. Гос. акад. рыбопромышленного флота. Психолого-пед. науки (теория и методика профессионального образования). – 2013. – № 3(25). – С. 106–110.
8. Rogers, C. Hit the bricks / C. Rogers // Prism. American Society for Engineering Education. – February 2016. – Vol. 25, No 6. – P. 25.
9. Holloway, B. The ultimate diversity APP / B. Holloway // Prism. American Society for Engineering Education. – September 2014. – Vol. 24, No 1. – P. 45.

10. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. URL: <http://минобрнауки.рф/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/2365>

References

1. Solov'ev A.N. *Adaptivnoe upravlenie organizacionnoj sistemoj dovuzovskoj podgotovki tehničeskogo universiteta* (Adaptive management institutional system of pre-University training technical University), Moscow, MADI, 2011, 280 p.
2. Pocock J. K-12 workshop is what you make of it, Prism. American Society for Engineering Education, Summer 2016, Vol. 25, No 8, p. 57.
3. Wesson R. Ready, set, design, Prism. American Society for Engineering Education, November 2015, Vol. 25, No 3, p. 21.
4. Petroski H. Digging up the roots of STEM, Prism. American Society for Engineering Education, September 2014, Vol. 24, No 1, p. 21.
5. Lord M. STEM by design, Prism. American Society for Engineering Education, December 2014, Vol. 24, No 4, pp. 34–35.
6. Radcliffe D. A tale of two STEMs, Prism. American Society for Engineering Education, December 2015, Vol. 25, No 4, p. 52.
7. Solov'ev A.N. *Izvestija Baltijskoj Gosudarstvennoj akademii rybopromyslovogo flota. Psihologo-pedagogičeskie nauki (teorija i metodika professional'nogo obrazovanija)*, 2013, no. 3(25), pp. 106–110.
8. Rogers C. Hit the bricks, Prism. American Society for Engineering Education, February 2016, Vol. 25, No 6, p. 25.
9. Holloway B. The ultimate diversity APP, Prism. American Society for Engineering Education, September 2014, Vol. 24, No 1, p. 45.
10. URL: <http://минобрнауки.рф/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/2365>