

## 25 лет преподавания в НИУ «МЭИ» по технологии STEM

Валерий Очков

В статье рассказано о более чем четвертьвековом опыте преподавания в НИУ «МЭИ» учебных курсов по технологии STEM. Обосновывается необходимость открытия STEM-специальности в педвузах, STEM-журналов. Даются ссылки на сценарии и задачи для STEM-занятий.

Ключевые слова: STEM образование, междисциплинарные связи, когнитивное образование

### Введение

В 1996 году один из авторов выступал на ученом совете Московского энергетического института с докладом о работах в области информационных технологий в энергетике, в частности, о создании обучающих программ и тренажеров для подготовки и переподготовки персонала электростанций, студентов вузов энергетического профиля [1]. В конце доклада этому автору был задан вопрос, косвенно связанный с темой доклада, вопрос о том, как он оценивает содержание и методику преподавания в МЭИ довольно молодого в те годы учебного курса «Информатика». Автор ответил, что он очень недоволен этим курсом, так как он фактически свелся к учебному курсу «Программирование», во многом дублирующему аналогичный учебный курс средней школы. Создание программ для компьютеров (производство средств производства) – это, конечно, очень важное дело, но студентам-теплотехникам и электротехникам в МЭИ и в других подобных технических вузах (именно о них шла речь, а не об электронщиках) необходимо в первую очередь научиться эффективно использовать компьютер для решения задач по математике, физике, химии, термодинамике, тепломассообмену, теоретической механике, сопротивлению материалов, электротехнике, гидрогазодинамике и т.д. Студенты, побывав один или даже два семестра в компьютерном классе на занятиях по информатике, не умеют построить на компьютере элементарный график, решить систему уравнений, провести простейший анализ данных, полученных на лабораторных стендах, и т.д. и т.п. А готовые компьютерные программы для этого в те времена уже стали появляться – электронные таблицы, Eureka, Mathcad [2], Maple, Mathematica и др. (производство предметов потребления). Более того, было отмечено, что когда в средней школе ввели уроки программирования, то у многих студентов, бывших школьников возникло стойкое отвращение к этой важной учебной дисциплине. Студенты жаловались, что их в школе целый учебный год заставляли на языке Pascal писать и отлаживать программу нахождения в матрице элемента с наибольшим значением и места этого элемента в матрице. Аналогия из литературы. Когда школьников принуждают на уроках литературы педантично и формально разбирать, и анализировать произведения русских классиков, то у многих школьников возникает стойкая «аллергия» к этим произведениям и к этим классикам. Примерно такая же история случилась и с программированием, из которого выхолостили творчество, интригу, занимательность и свели всё к формальному изучению элементарных алгоритмических конструкций: цикл, выбор и др., к написанию и отладке простеньких программ. Из-за этого многие школьники «подсели» на компьютерные игры, не осознавая того, что решение школьной задачи по математике, физике, химии, биологии может быть очень интересной и увлекательной своеобразной компьютерной игрой. И всё это называли занятиями по информатике.

После такой нелестной оценки учебного курса «Информатика» кто-то из членов Ученого совета МЭИ предложил этому автору самому вести этот учебный курс «раз он такой умный». А этот автор уже в то время увлекался компьютерами не только в плане создания

программ для энергетики, но и для популяризации персональных компьютеров в учебном процессе школ и вузов. Автор под разными псевдонимами с 1986 по 1991 год опубликовал два десятка заметок в журнале «Наука и жизнь», тираж которого в те годы измерялся семизначными числами. Это случилось и из-за того, что этот автор привез персональный компьютер с научной стажировки на Западе и увлекся им.

Автор согласился на эту «авантюру» (информатику читает не электронщик, а энергетик, которого не ограничили какими-то ни было учебными планами) и вот уже более четверти века ведет курс информатики студентам института (факультета) тепловой и атомной энергетики МЭИ. В дальнейшем к этот курс расширился за счет ещё одного учебного предмета «Инженерные расчеты» и ещё одного института – института энергоэффективности и водородной энергетики. Автор также вел подобные уроки в лицее 1502 при МЭИ, который входит в десятку лучших школ Москвы.

Со временем оказалось, что эти учебные дисциплины проводятся в МЭИ по технологии, которую на Западе постепенно стали обозначать аббревиатурами STEM, STEAM или даже STREAM [3, 4, <http://www.twt.mpei.ac.ru/ochkov/25-years-STEM-MPEI-Ref.pdf>].

Мольеровский мещанин во дворянстве очень удивился, когда узнал, что он сорок лет не просто говорил, а говорил именно прозой. Один из авторов этой статьи, теплотехник по образованию тоже удивился, когда осознал, что он двадцать пять лет преподает не просто информатику, а комплекс учебных дисциплин по технологии (идеологии) STEM. Мы же в России эти аббревиатуры используем редко и характеризуем такой учебный процесс словами «междисциплинарные связи», «когнитивное образование» и др. (некий рецидив борьбы с космополитизмом, неприятия западной терминологии).

STEM/STEAM/STREAM — это начальные буквы слов Science (Наука), Technology (Технология), Engineering (Инженерное дело), Art (Искусство), Religion (Религия) и Mathematic (Математика) плюс компьютерные информационные технологии, без которых немисливо современное техническое образование. Тут можно было бы использовать более короткую аббревиатура SAR, традиционная расшифровка которой такая — удельный коэффициент поглощения (Specific Absorption Rate). Имеется в виду поглощение электромагнитной энергии компьютеров, планшетов, смартфонов. А можно поглощать и знания через эти устройства в процессе изучения наук (S), искусств (A) и религий (R). Человеческая цивилизация покоится на этих трех «китах».

Слово a stem с английского переводится как стебель, ствол (a stem-cell – стволовая клетка). В этом смысле технологию образования STEM можно считать неким стволом (каркасом), от которого отходят ветви традиционных учебных дисциплин: математики, физики, химии, биологии и др. Слово steam это по-английски водяной пар, который в начала девятнадцатого века произвел в мире первую промышленную революцию (Industry I) — появились паровые машины, пароходы, паровозы. Технология обучение STE(A)M непосредственно связана с четвертой (цифровой) промышленной революцией, свидетелями которой мы являемся.

В немецком языке в ходу другая аббревиатура, более точно характеризующая данную технологию обучения — MINT: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft (естествознание) и Technik. Тут, как тому и положено, на первом месте стоит царица наук математика. Английский же термин STEM наводит на мысль о том, что математика – это вроде бы даже и не наука, а нечто другое, больше, чем наука – смесь науки, искусства и даже религии. Слово mint по-английски — это мята. Данная технология образования призвана освежить застоявшийся воздух в наших учебных заведениях. Образование по данной

технологии будет развиваться по мере роста числа преподавателей, овладевшими соответствующими, не побоимся этого слова – энциклопедическими знаниями и навыками, освоившими компьютерные физико-математические пакеты, инструменты искусственного интеллекта, а не только офисные приложения и азы традиционного алгоритмического программирования.

Русская аббревиатура СТЭМ для многих уже пожилых бывших студентов ассоциируется со... студенческим театром эстрадных миниатюр. Это творческое студенческое движение, балансировавшее на грани дозволенного и недозволенного, запрещенного, было широко распространено в технических вузах в последней трети прошлого века. СТЭМ был одной из отдушин в студенческой среде тех довольно сложных времен (оттепель, застой, перестройка и проч.) и имел прямое отношение к попутным темам статьи — гуманитаризация инженерного образования, развитие творческого начала при решении задач – не только чисто инженерных, но и житейских.

## Основные особенности авторского STEM учебного курса

Вот три основных момента STEM-образования в МЭИ.

1. Использование современных физико-математических пакетов для решения задач из параллельных учебных курсов. Охарактеризуем эту особенность некоторыми яркими примерами содержания учебных курсов.

**Математический анализ.** На круглый горизонтальный цилиндр наброшена замкнутая цепочка с кулоном [5]. Этот опыт несложно провести реально, а потом сравнить результат с математической моделью – с цифровым двойником, как сейчас принято говорить. Как цепочка провиснет? Для решения задачи нужно задействовать такие понятия математического анализа как функция одного аргумента, производная функции, определенный интеграл, длина кривой линии, цепная функция и др. Решение задачи о провисании цепочки без кулона сводится к составлению системы нелинейных алгебраических уравнений, решение которой немислимо в ручном режиме, но является довольно рутинной операцией на компьютере, оснащённом современными математическими пакетами. Если к цепочке подвесить кулон, то задача сведется к минимизации целевой функции потенциальной энергии этой провисающей системы – минимизации с ограничениями, диктуемыми положениями математического анализа (гладкость и непрерывность анализируемых функций одного аргумента, «вырисовывающих» цепочку). Данная физико-математическая задача легко и естественно перерастает в увлекательную инженерную задачу – проектирование подвесной канатной дороги или воздушной линии электропередачи [6]. Тут пригодятся знания, полученные при изучении курсов теоретической механики и сопротивления материалов. Результаты расчетов подвесной канатной дороги оформляются в виде анимации, показывающей, как меняется форма каната при движении вдоль него подвесной кабинки, как меняются при этом силы, действующие на отдельные элементы такой сложной инженерной конструкции. Здесь и ниже мы не будем вдаваться в особенности решения задач – в литературных ссылках есть ссылки на статьи в открытом доступе, где эти решения подробно описаны на русском и английском языках (а изучение иностранного языка – это также один из элементов STEM-обучения). Там же можно скачать соответствующие рабочие файлы для физико-математических компьютерных пакетов.

**Линейная алгебра.** К Земле приближается астероид – вспомним знаменитый голливудский фильм «Армагеддон» [7]. В результате телеметрии, мониторинга

ближайшего космоса известны его координаты в пространстве в разные моменты времени – заданы два вектора  $X$  и  $Y$ . Необходимо рассчитать траекторию полета астероида, спрогнозировать, столкнется ли он с Землей, нужно ли посылать на него экспедицию, бурить скважину и взрывать астероид... Для решения этой задачи нужно составить систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), найти на компьютере её корень – коэффициенты уравнения плоской кривой второго порядка (эллипс, парабола или гипербола) и начертить эту кривую вместе с профилем Земли. Тут компьютер поможет не только найти решение СЛАУ, но и предварительно проанализировать её через расчет определителя матрицы коэффициентов при неизвестных СЛАУ, ранга основной и расширенной матриц, задействования теоремы Кронекера-Капелли и др. Если раньше в докомпьютерную эру на осуществление этих операций уходило почти всё ценнейшее время учебного семинара, то сейчас это рутинные операции компьютер выполняет за доли секунд. Здесь главное – это понимание сути математических операций линейной алгебры и умение проверять правильность их реализации на компьютере. Можно допустить вхождение метеорита в плотные слои атмосферы Земли и подключить к решению этой усложненной задачи законы газодинамики и теплообмена – как будет меняться температура астероида при переходе кинетической энергии в тепловую, хватит ли ее на то, чтобы астероид/метеорит сгорел, не долетая до земли. Очень интересно видеть лица студентов, когда они, решив задачу, иллюстрируют решение через анимацию: астероид на большом экране компьютерного класса приближается к Земле... Интрига по мере изменения времени полета нарастает – «паду ли я стрелой пронзенный или мимо пролетит она...».

**Дифференциальное и интегральное исчисление.** Автор недаром закончил предыдущий абзац строкой, которую приписывают то ли Пушкину, то ли автору либретто оперы Чайковского «Евгений Онегин». Об этом искусствоведческом нюансе можно поспорить в форме некоего дивертисмента на уроке, проводимом по технологии STEM, вернее, STEAM, где буква A – это Art, искусство. Поспорить, а потом справиться в Интернете о правильном ответе, об истории создания оперы по роману в стихах «нашего всё». А вот еще одна цитата из «мира искусства», хорошо подходящая для текущего раздела статьи: *«Самолюбия, — сказал Левин, задетый за живое словами брата, — я не понимаю. Когда бы в университете мне сказали, что другие понимают интегральное вычисление, а я не понимаю, — тут самолюбие.»* (Лев Толстой «Анна Каренина»). Интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, пресловутые диффуры – это «страшный сон» не только Левина-Толстого, но и очень многих студентов докомпьютерных времен [8]. Если преподаватель математики видит в этом учебном курсе только формально-схоластическую составляющую, то он быстро превращает диффуры в «орудие пытки» студентов. Ведь безкомпьютерное аналитическое решение даже самых простых дифференциальных уравнений (а других методов в старые времена не было или они были труднодоступны) требует знания более десятка специфических приемов и хороших навыков этого самого толстовского «интегрального вычисления». А этими качествами обладают далеко не все даже продвинутые студенты. Если же преподаватель правильно и глубоко понимает смысловую суть дифференциальных уравнений, тонко чувствует баланс между аналитическими методами теории дифференциальных уравнений и численными методами их решения, немислимых без компьютера, то он легко вовлекает студентов в этот самый «физический» раздел математики. А вовлечь студентов в этот прекрасный мир можно, например, через решения дифференциальных уравнений небесной механики [9]. Студенты, решая подобные задачи, могут почувствовать себя некими творцами мироздания: они задают начальные положения планет и их спутников и через анимацию

видят их будущие орбиты. Тут нужно только знать два простых физических закона – второй закон Ньютона (сила – это масса, умноженная на ускорение) и закон всемирного тяготения (два небесных тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной произведению масс небесных тел, и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними). Для двух небесных тел задача была решена аналитически несколько веков назад. Сравнительно недавно появилась возможность численно решать такую задачу для трех и более небесных тел. Необходимо только правильно составить систему дифференциальных и алгебраических уравнений, решить её численно на компьютере и, что очень важно, проверить правильность решения. А дифференциальными уравнениями получаются потому, что во втором законе Ньютона фигурирует ускорение – вторая производная пути по времени. Современные компьютерные математические пакеты могут не только быстро и точно табулировать и затем интерполировать искомые функции, являющиеся решениями систем дифференциальных уравнений, но и обладают элементами искусственного интеллекта, который позволяет выбрать правильную схему решения с учетом возможной жёсткости системы и других вычислительных нюансов. А не эти нюансы, в этот «гудок» раньше нередко уходил весь «пар», генерируемый студентами вместе с преподавателем.

**Теоретическая механика и искусство.** Архитектура — застывшая музыка. Это избитое выражение, приписываемое немецкому философу и теоретику искусства Фридриху Шеллингу, касается «большой» архитектуры. Однако с середины XX века художники все больше тяготеют к особым «малым» архитектурным формам — кинетическим скульптурам, которые застывшими назвать уже нельзя. Напротив, эти скульптуры, отдельные элементы которых, взаимодействуя, перемещаются по причудливым траекториям, завораживают зрителя постоянным движением. О кинетических скульптурах пишут книги искусствоведы, спорят посетители выставок (см. <https://nplus1.ru/material/2018/04/05/kinetic-art>, например). Нидерландский художник Тео Янсен, к примеру, известен своими «искусственными формами жизни» — скелетообразными фигурами, способными передвигаться по песчаным пляжам под воздействием силы ветра. Тут находят применение идеи стопоходящей машины, основной узел которой переводит вращательное движение в поступательное. Первым человеком, который стал применять высшую математику для проектирования подобных конструкций, был наш соотечественник Пафнутий Чебышёв, стопоходящая машина которого получила золотую медаль на Всемирной выставке в Париже в 1878 году, а сейчас хранится в Политехническом музее в Москве. В дереве или металле кинематические механизмы и скульптуры создавать довольно сложно, но на экране компьютера это делается без особых проблем. Для этого достаточно составить самому и решить на компьютере систему нелинейных алгебраических уравнений, вытекающих из всем известной теоремы Пифагора. А такие средства, повторяем, сейчас есть не только на компьютере, но даже и на планшете, смартфоне [10, 11]. Можно создать конструкцию, вращая приводную ручку которой, можно рисовать забавные картины. О практической стороне такой работы можно и не напоминать – достаточно вспомнить такое направление науки и техники, как роботостроение.

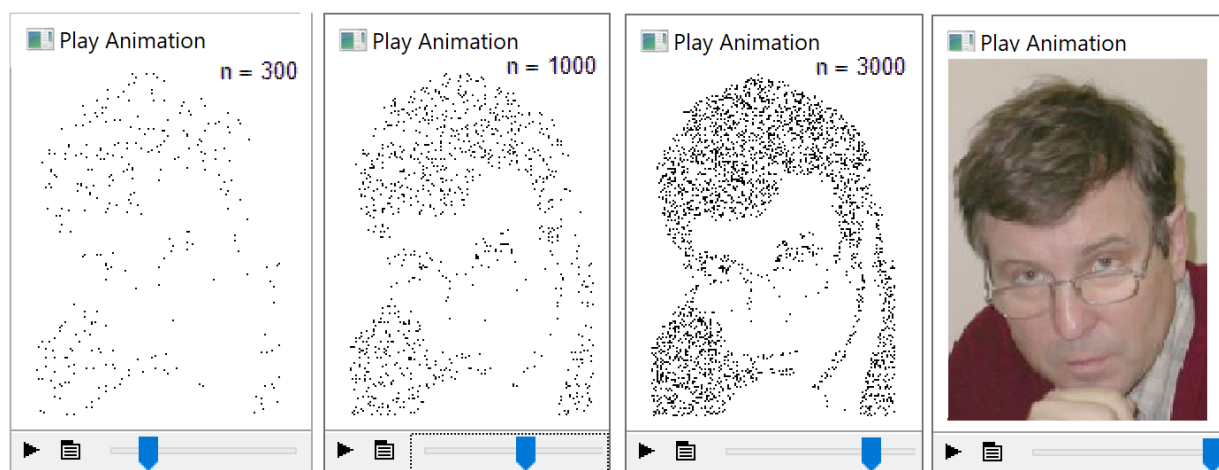
**Биология.** Трёхмерная графика компьютеров – и не каких-то особых суперкомпьютеров, а тех обычных, какие стоят в учебных аудиториях школ и университетов, позволяет строить объёмные объекты не только из области математики, но и из области биологии. Можно, к примеру, нарисовать на экране дисплея почки человека, поместить в них камни и находить их методами томографии – делать воображаемые разрезы тела человека и

видеть на компьютере, что там находится [12]. Есть легенда, что идея такого современного медицинского исследования пришла в голову одному врачу, когда он шел по рынку в канун Рождества и видел в мясном ряду разрубленные замороженные свиные туши, на срезах которых были четко видны контуры костей и мягких тканей. В анатомических музеях мира можно увидеть такие заспиртованные препараты — срезы человеческих тел. Мечта о том, чтобы получать такие срезы не только у трупов, но и у живых людей, давно волновала многих врачей и ученых. И только относительно недавно она воплотилась в жизнь. Томография стала реальностью благодаря важным открытиям, сделанным физиками, появлению вычислительной техники и созданию специального математического аппарата. Все это можно обсудить на STEM-занятии, где воспроизведена томография цифровых двойников органов человеческого тела.

**Термодинамика.** Автор, напоминая, по образованию и сфере приложения сил не физик, не математик, не электронщик, а теплоэнергетик. Коллектив, который возглавляет автор, разработал облачные функции по свойствам теплоносителей, рабочих тел и конструкционных материалов тепловой и атомной энергетики [13]. Школьнику, студенту или инженеру, рассчитывающему на компьютере теплоэнергетический объект, достаточно сделать ссылку на «облачный» файл, чтобы нужные функции по свойствам веществ стали видны в расчете. А это уже наполовину сделанный расчет. Все остальное – это довольно несложная реализация на компьютере законов сохранения вещества и энергии. Это позволяет быстро и эффективно довести инженерный теплотехнический расчет до такого логического финала – до генерации файла данных для 3D-принтера, который напечатает ротор паровой или газовой турбины с оптимальной конфигурацией лопаток и другие детали. Компьютерные классы школ и технических университетов уже оснащаются такими принтерами.

**Программирование.** Когда вводили в учебные планы школ и университетов уроков программирования, то обосновывали это необходимостью привить школьникам и студентам навыки алгоритмического мышления, мышления, позволяющего решить задачу последовательными действиями в циклах и альтернативах. Современные компьютерные математические пакеты имеют достаточно мощные инструменты, позволяющие решать очень сложные задачи без использования программирования, к которому многие школьники, студенты и инженеры имеют вполне оправданную неприязнь и даже боязнь. Этот мы уже отметили выше. Тем не менее, встречаются нестандартные задачи, требующие реализации сложного алгоритма расчетов с циклами альтернативами и прочими программистскими «выкрутасами». В [14] описана такая компьютерная забава, реализация которой требует программирования с спорой на современную технологию распознавания образа. Есть такая телевизионная игра «Угадай мелодию». Проигрываются первые звуки какого-нибудь музыкального произведения, а выигрывает тот, кто первым называет его. Автор со своими студентами на STEM-уроках перевёл эту игру в визуальную плоскость и назвал «Угадай образ» или, если быть более точным, «Угадай человека по его портрету». Портрет человека в этой игре нужно показывать на экране не весь сразу, а как мелодию – отдельными последовательными «нотами», отдельными точками (элементами раstra), постепенно заполняющими экран. И чем больше точек будет показано, тем больше вероятность узнать образ. Портрет человека, отображаемый на мониторе компьютера, да и любое другое изображение – это, как правило, множество чёрно-белых или разноцветных точек. Такое изображение с точки зрения математики (линейной алгебры – см. выше) – это матрица, элементы которой хранят числа от 0 до 255 (байт, оттенки серого). Цветное изображение в недрах компьютера может храниться в

более сложных цифровых конструкциях – в виде вектора с тремя элементами, каждый из которых – это отдельная матрица, хранящая интенсивность трех базовых цветов: R – красный, G – зелёный и B – синий. В последнее время бурно развивается направление в информационных технологиях, связанное с распознаванием образов. Два типичных примера практического использования достижений в этой науке: камера наблюдения фотографирует автомобиль, превысивший скорость на дороге, а компьютер обрабатывает этот снимок, определяет марку и номер госрегистрации автомобиля и штрафует нарушителя; при контроле на границе или в проходной завода цифровая камера фиксирует лицо и/или радужную оболочку глаза контролируемого, а компьютер сравнивает их с теми данными, какие «вшиты» в предъявленный паспорт или пропуск. Игра «Угадай образ» не только поможет нам развлечь друзей на вечеринке интересным конкурсом, но и приоткроет на STEM-занятиях некоторые секреты современных технологий распознавания образов. Журнальные статьи часто дополняются фотографией автора. На рисунке ниже показан портрет одного из авторов данной статьи, но не обычный, а в стиле игры «Угадай образ». При числе выведенных растров 1000 и меньше студенты пока ещё не узнают своего преподавателя. Кто первый его узнает? А дальше начинается игра более интересная – нужно научить компьютер, а не студента распознавать образ.



На сайтах <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/work1.htm> и <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/work2.htm> можно увидеть в открытом доступе и другие многочисленные авторские STEM-задачи. Многие из них были опубликованы в журналах «Математика в школе», «Физика в школе», «Информатика в школе». Опубликовано, но с большим трудом. Дело в том, что редакции этих журналов нередко считают, что автор обратился не по адресу, что в статье больше физики или информатики, чем математики, и наоборот. Журналы междисциплинарной направленности (данный журнал, например) основное внимание уделяют методике отдельных учебных дисциплин, а не содержанию образовательного процесса, наполнению его конкретными примерами, в частности, для STEM-образования. Возникла насущная необходимость издания журнала под названием «STEM в школе» – в школе средней и высшей. Ещё более насущным будет открытие соответствующий специальностей в педагогических учебных заведениях, изменения структуры уроков. В СМИ недавно проскочило сообщение о том, что в некоторых старших классах школ Финляндии отменили уроки математики, физики, химии и других предметов. Школьники приходят в компьютерный класс и целый день решают интересную инженерную задачу, требующую знания «математики, физики, химии и других предметов». И хорошего владения вычислительной техникой, конечно.

## 2. Работа в специализированных профессиональных социальных сетях

Студенты автора нередко решают свои STEM-задачи таким инновационным способом – размещают задачу в специализированных профессиональных социальных сетях и получают решения с привлечением коллективного разума [15]. Этим они имитируют свою будущую инженерную деятельность в науке, в инженерном бюро, на производстве, когда над расчетными проектами работают не одиночки, а коллективы специалистов, разбросанных по всему свету. Здесь заодно осваивается английский язык (современная латынь) и... этикет общения с коллегами.

## 3. Публикация полученных студентами результатов в журналах и монографиях

Среди соавторов автора можно видеть и имена его студентов. В списке литературы они выделены жирным шрифтом. Такие публикации помогают им получать именные стипендии, гранты и награды. Да и само появление статьи – это большая радость для творческого человека. Автор не устает повторять своим студентам, что от учебы нужно стараться получать в первую очередь не знания и навыки, а... удовольствие. Этот лозунг незримо витает в STEM-аудиториях, где автору посчастливилось преподавать уже более двадцати пяти лет.

## Вывод

НИУ «МЭИ» развил традиционный учебный курс «Информатика», превратив его в STEM-курс, учебные планы которого можно видеть на сайте <http://twit.mpei.ac.ru/ochkov/Potoki.htm>. Этот курс можно использовать и в других учебных заведениях. Вполне удачно оказалось, что технология STEM-образования прекрасно подходит для форс-мажорных обстоятельств, связанных с ограничениями, вызванными пандемией. Кстати, её математическая модель разобрана STEM-автором и его STEM-студентами [16].

**Литература** (имена студентов выделены жирным шрифтом; см. полный список STEM-публикаций автора здесь <http://twit.mpei.ac.ru/ochkov/work2.htm>)

1. Очков В.Ф. Создание «Электронной энциклопедии энергетики» – информационный вклад в производственные и учебные процессы // Теплоэнергетика, № 7, 2007 г., С. 10–14 ([http://twit.mpei.ac.ru/ochkov/TE\\_7\\_2007/index.html](http://twit.mpei.ac.ru/ochkov/TE_7_2007/index.html))
2. Очков В.Ф., Хмелюк В.А. От микрокалькулятора к персональному компьютеру. М.: Издательство МЭИ. 1990 ([twit.mpei.ac.ru/ochkov/MC\\_PC/index.htm](http://twit.mpei.ac.ru/ochkov/MC_PC/index.htm))
3. Очков В.Ф., Богомолова Е.П., Иванов Д.А. Физико-математические этюды с Mathcad и Интернет. Издательство Лань. 2016 и 2018 (второе издание - <http://twit.mpei.ac.ru/ochkov/T-2018/PhysMathStudies.pdf>)
4. Valery Ochkov. 2<sup>5</sup> Problems for STEM Education. Chapman and Hall/CRC. 2020. 396 p. (<https://www.routledge.com/2-Problems-for-STEM-Education/Ochkov/p/book/9780367345259>)
5. Очков В.Ф. Цепочка на цилиндре: число, символ, график / Теоретическая механика: сборник научно-методических статей. Вып. 31. М.: - Издательство Московского университета. 2020. 196 с. (<http://twit.mpei.ac.ru/ochkov/sbornik-MGU-TM-31-Ochkov.pdf>)



6. Очков В.Ф., Богомолова Е.П., Иванов Д.А. Программное уравнение или ФМИ // Cloud of Science. Т. 2, № 3.2015. С. 473–515 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/PMI.pdf>)
7. В. Очков, **М. Тахохова**, **Д. Лымарев**, **М. Алексеев**, И. Корепанов. Армагеддон и решение систем линейных алгебраических уравнений // Математика в школе, № 8, 2020 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Asteroid-Math-School-08-2020.pdf>)
8. Очков В.Ф., Богомолова Е.П. Это страшное слово дифуры... // Информатика в школе №1 2015 С. 55-58 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/ODE.pdf>)
9. Очков В.Ф., Богомолова Е.П., Иванов Д.А., Писачич К. Движения планет: расчет и визуализация в среде Mathcad или Часы Кеплера // Cloud of Science. Т. 2, № 2.2015. С. 177–215 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Planets.pdf>)
10. Очков В. Ф., Нори М. Путешествие в мир науки и искусства на стопоходящей машине Чебышёва // Информатика в школе. № 8, 2018 г. С. 53–61 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Tcheb.pdf>)
11. Очков В.Ф. Живые кинематические схемы в Mathcad // Открытое образование. 2013. № 3. С. 27–33 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad-15/kinematic.html>)
12. В. Ф. Очков, Д. А. Иванов, **А. Д. Моисеева**. Томография = информатика + математика + физика + биология // Информатика в школе. № 10 за 2017 г. С. 46–53 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Tomography.pdf>)
13. Теплотехнические расчеты на компьютере / Александров А. А., Аунг Ту Ра Тун, Гаряев А. Б. [и др.] – Москва: Издательство МЭИ, 2019. – 447 с. : цв. ил. (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Therm-Studies.pdf>)
14. В. Ф. Очков. Угадай образ // Информатика в школе, № 9(73) 2011 г., С. 60-62 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad-15/SolveImage.html>)
15. Очков В.Ф., Герк С. Активность на форумах – важная часть учебы и последующей инженерной деятельности студента // Открытое образование, № 5, 2014. С. 93–101 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Ochkov-Gurke-OE-5-2014.pdf>)
16. Очков В., **Гончарова Е.**, **Герасимов Н.** Цифровой двойник эпидемии // Математика в школе, № 8, 2020 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Covid-Math-School-08-2020.pdf>)