

А. Л. ГРИГОРЬЕВ

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ КУРСА ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ В ВЕДУЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ УКРАИНЫ

С позиции профессиональной критики, заинтересованной в получении лучшего результата, проанализировано современное состояние учебного курса высшей математики в технических университетах Украины. Отмечено несоответствие между излагаемыми в нем классическими (аналитическими) методами решения задач и компьютерными (численными либо численно-аналитическими) методами, которые используются в актуальной практике инженерных расчетов. Для устранения указанной проблемы предлагается ввести в учебный курс наряду с лекциями и практическими занятиями третью компоненту обучения – циклы лабораторных работ по высшей математике при использовании персональных компьютерах. Лабораторные работы призваны продемонстрировать студентам младших курсов, изучающих высшую математику, способность решать при помощи ее методов реальные задачи из приложений к технике и физике. Кроме того, в форме лабораторной работы изучаются отдельные разделы инженерного курса высшей математики, которые в силу недостатка времени и других, часто субъективных, причин в последнее время выносятся на факультативное обучение (дифференциальная геометрия плоской и пространственной кривой, поверхности второго и высших порядков, практический гармонический анализ, многокритериальная оптимизация, и ряд др.). Для обеспечения указанной модернизации предлагается разделить общий курс высшей математики на два потока (векторный анализ и скалярный анализ) и увеличить число аудиторных занятий до 32 – 36 часов в неделю, то есть до уровня ведущих технических университетов мира. Кроме того, курс математики согласовывается с курсом информатики, где в приоритетном порядке студентов первого курса учат работать в диалоговой компьютерной среде MathCAD. А, чтобы реформа прошла без привлечения дополнительных средств на зарплаты, предлагается увеличить учебную нагрузку преподавателей высшей математики и информатики на 30 % (что компенсируется уменьшением нагрузки по научной работе и другим видам деятельности).

Ключевые слова: учебный курс высшей математики, компьютеризация курса, лабораторные работы на компьютерах, распределение учебной нагрузки, векторный и скалярный анализ, диалоговая компьютерная среда.

О. Л. ГРИГОР'ЄВ

АКТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЇ КУРСА ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ В ПРОВІДНИХ ТЕХНІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ УКРАЇНИ

З позиції професійної критики, зацікавленої в отриманні кращого результату, проаналізовано сучасний стан навчального курсу вищої математики в технічних університетах України. Відзначено невідповідність між класичними (аналітичними) методами вирішення завдань, що викладаються в ньому, і тими комп'ютерними (чисельними або чисельно-аналітичними) методами, які використовуються в актуальній практиці інженерних розрахунків. Для усунення зазначеної проблеми пропонується ввести в навчальний курс поряд з лекціями і практичними заняттями третю компоненту навчання, а саме цикли лабораторних робіт з вищої математики при використанні персональних комп'ютерів. Лабораторні роботи покликані продемонструвати студентам молодших курсів, які вивчають вищу математику, здатність вирішувати за допомогою її методів реальні завдання з додатків до техніки і фізики. Крім того, в формі лабораторної роботи вивчаються окремі розділи інженерного курсу вищої математики, які в силу браку часу і інших, часто суб'єктивних, причин останнім часом виносяться на факультативне навчання (диференціальна геометрія плоскої і просторової кривої, поверхні другого і вищих порядків, практичний гармонійний аналіз, багатокритеріальна оптимізація, і ряд ін.). Для забезпечення зазначеної модернізації пропонується розділити загальний курс вищої математики на два паралельні потоки (векторний аналіз і скалярний аналіз) і збільшити число аудиторних занять до 32 – 36 годин на тиждень, тобто до рівня провідних технічних університетів світу. Крім того, курс математики узгоджується з курсом інформатики, де в пріоритетному порядку студентів першого курсу вчать працювати в діалоговому комп'ютерному середовищі MathCAD. А, щоб реформа пройшла без залучення додаткових коштів на зарплати, пропонується збільшити навчальне навантаження викладачів вищої математики та інформатики на 30 % (що компенсується зменшенням навантаження з наукової роботи та інших видів діяльності).

Ключові слова: навчальний курс вищої математики, комп'ютеризація курсу, лабораторні роботи на комп'ютерах, розподіл навчального навантаження, векторний і скалярний аналіз, діалогове комп'ютерне середовище.

A. L. GRIGORIEV

CURRENT DIRECTIONS OF MODERNIZATION AND COMPUTERIZATION OF THE COURSE OF HIGHER MATHEMATICS IN THE LEADING TECHNICAL UNIVERSITIES OF UKRAINE

From the standpoint of professional criticism, interested in obtaining the best result, the current state of the educational course in higher mathematics at the technical universities of Ukraine is analyzed. A discrepancy between the classical (analytical) methods for solving problems presented in it and the computer (numerical or numerical-analytical) methods that are used in the current practice of engineering calculations is noted. To eliminate this problem, it is proposed to introduce into the training course, along with lectures and practical classes, the third component of training - the cycles of laboratory practicums in higher mathematics using personal computers. Laboratory practicums are designed to demonstrate to junior students studying higher mathematics the ability to solve real problems from applications to technology and physics using its methods. In addition, in the form of laboratory practicums, individual sections of the engineering course of higher mathematics are studied, which, due to lack of time and other, often subjective, reasons, have recently been taken out for optional learning (differential geometry of a plane and spatial curve, surfaces of the second and higher orders, practical harmonic analysis, multi criteria optimization, and a number of others). To ensure this modernization, it is proposed to divide the general course of higher mathematics into two streams (vector analysis and scalar analysis) and to increase the number of classroom lessons to 32 – 36 hours per week, that is, to the level of the world's leading technical universities. In addition, the mathematics course is coordinated with the computer science course, where, in a priority order, first-year students are taught to work in the MathCAD interactive computer environment. And in order for the reform to take place without attracting additional funds for salaries, it is proposed to increase the teaching load of teachers of higher mathematics and computer science by 30 % (which is compensated by a decrease in the load on scientific work and other activities).

Key words: educational course of higher mathematics, course computerization, laboratory practicums on computers, distribution of teaching load, vector and scalar analysis, interactive computer environment.

Введение и общая характеристика рассматриваемой проблемы. Работа над этой статьей проходила на фоне развивающейся пандемии коронавирусной инфекции, когда в системе управления обществом на первые

©А. Л. Григорьев, 2020

роли, отгеснив чиновников, вышли санитарные врачи. Поэтому ее автор, который никогда не был чиновником и больше доверял врачам, вовремя вспомнил о главном принципе медицины (*non nocere – не навреди больному*, лат.) и решил, что данный принцип носит универсальный характер. В результате, после чистового редактирования текста статьи, самые острые углы были сглажены, а оценочные суждения сокращены до минимума (полностью отказаться от них было нельзя, потому что предмет данной статьи – это не отчет о проделанной работе, а обоснование планов на будущее). В то же время я понимал, что сам факт признания болезни в той особенно чувствительной области, которая упомянута в заголовке статьи, и утверждения автора о необходимости ее оперативного лечения (потому что сама не пройдет!), у многих моих коллег по «преподавательскому цеху» вызовет болезненные реакции. У одних – нервное раздражение, а у некоторых – рефлекторное сопротивление и отталкивание. Потому что в нашей среде уже давно сложились и господствуют определенные стереотипы относительно целей учебного курса высшей математики и методов, которыми должны достигаться эти цели. И, надо признать, что очередной пролонгации этих догм, в том числе, способствовали учебники [1 – 5], составленные ранее при моем участии. Но, в свое оправдание скажу, что в те времена проблема не была столь острой, а до понимания эффективных методов ее лечения тогда я еще не дорос.

Основная цель упомянутых учебников, как и тех, по которым в свое время учился и я на научно - производственном отделении харьковского мехмата, – обучение студентов аналитическим методам расчета для решения прикладных задач. Я хорошо помню, как выполнялись эти расчеты на инженерных кафедрах ХПИ в конце семидесятых и начале восьмидесятых годов прошлого столетия. Когда преподавателями, научными сотрудниками и аспирантами повсеместно использовалось

- разложение в ряды,
- линеаризация и аналитическое решение систем дифференциальных уравнений,
- нахождение экстремумов при помощи производных

и другие классические методы скалярного и векторного анализа, которым мы учим студентов и сейчас.

Но уже во второй половине восьмидесятых, а далее все чаще и чаще, эти задачи стали решать численно-аналитическими либо численными методами, использующими растущие возможности компьютерной техники. Причем после освоения новых методов возвращение к прежним расчетным схемам (которые в прикладной механике использовались и шлифовались десятилетиями!) выглядело очевидным анахронизмом. Более того, инженеры пошли дальше и стали, например, с успехом применять в своей практике численные методы для решения сложных и актуальных задач многомерной газовой и гидродинамики, с учетом турбулентного трения и ударных волн, где адекватных аналитических методов не существовало ранее и не могло быть создано в принципе.

Сопоставляя аналитический и численный метод решения некоторой задачи, обычно не забывают попрекнуть второй метод в том, что он приближенный, а первый метод хвалят за *исчерпывающую точность*. Я согласен, что именно такая точность нужна для задач небесной или квантовой механики, когда контролируют значения фундаментальных констант физики, но во всех остальных случаях 15-ти значащих цифр ответа достаточно. И такую малую погрешность гарантирует сейчас рядовой пакет компьютерных программ, например, диалоговая среда MathCAD, поэтому упомянутый выше упрек устарел. Использование современных компьютеров (даже персональных) обеспечивает решение инженерных задач не только за кратчайшее время, но и с высочайшей точностью, что не менее важно. Однако, и в этих условиях эффективность численного метода зависит от качества алгоритма, то есть от уровня использованных в нем традиционных навыков и новых идей.

Что касается аналитических методов, то они эффективнее численных лишь в том случае, если приводят к формуле для ответа (либо к так называемой *квадратуре*, которую не удастся выразить через *элементарные или специальные функции*). К сожалению, для реальных инженерных задач аналитический метод применим только лишь после их упрощения, например, после линеаризации, которая вносит свою погрешность. Там, где не работает *принцип линейной суперпозиции решений*, аналитические методы, как правило, не используют.

Чтобы не быть голословным, я приведу показательный пример из области расчета так называемых *многозвенных рычажных механизмов* (рис. 1). Положения x_1, x_2, \dots, x_n рычагов и шарниров в этом механизме зависели от угла φ поворота кривошипа и определялись из системы нелинейных уравнений

$$\{F_j(x_1, x_2, \dots, x_n, \varphi) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

как зависимости вида

$$x_j = f_j(\varphi), \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Причем часть функций $f_j(\varphi)$ имела чрезвычайно громоздкие формулы, а другая часть вообще не имела формульного описания, а вычислялась по итерационному алгоритму, который реализовывался для каждого угла φ из конечного набора равноотстоящих углов

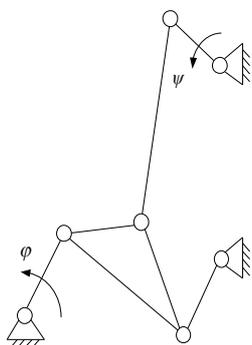


Рис. 1 – Четырехзвенник Чебышева.

$$\varphi_k = k \cdot \Delta\varphi, \quad k = 0, 1, \dots, m; \quad \Delta\varphi = 2\pi / m; \quad m \in \{36, 72, 120\}.$$

Следовательно, продифференцировать аналитическим методом полученные таким способом зависимости (2) было невозможно, а приближенные формулы Лагранжа

$$\frac{dx_j}{d\varphi} \approx \frac{f_j(\varphi + \Delta\varphi) - f_j(\varphi - \Delta\varphi)}{2\Delta\varphi}, \quad \frac{d^2x_j}{d\varphi^2} \approx \frac{f_j(\varphi + \Delta\varphi) + f_j(\varphi - \Delta\varphi) - 2f_j(\varphi)}{\Delta\varphi^2} \quad (3)$$

имели (из-за крупного шага $\Delta\varphi$ и погрешностей итерационного алгоритма) недопустимо низкую точность, особенно – для второй производной.

Поэтому для нахождения скоростей $\dot{x}_1, \dot{x}_2, \dots, \dot{x}_n$ и ускорений $\ddot{x}_1, \ddot{x}_2, \dots, \ddot{x}_n$ был разработан графо-аналитический метод решения, при котором строились так называемые *векторные планы скоростей и ускорений* в специально выбранных точках. Этот метод использовался в инженерной практике и в учебном курсе теории механизмов и машин на протяжении ста лет (!). И можно понять, насколько трудно было преподавателям избавиться от этого стереотипа и соответствующих навыков, полезность которых буквально обнулилась после того, как проф. А. А. Грунауэр [6], столетний юбилей которого его ученики отметят осенью этого года, в конце 1980-х годов предложил другое решение.

Чтобы пояснить суть предложения, замечу, что алгоритм решения системы (1), и после использования компьютеров, для сложных механизмов оставался трудоемким, но существенно (на много порядков) уменьшилась погрешность результата вычисления функций $f_j(\varphi)$.

Поэтому в *методе Грунауэра* система (1) решается не только для очередного узла φ_k , где выполняется визуализация всех интересующих характеристик движения механизма, но и для двух близких углов

$$\varphi_k \pm \delta\varphi, \quad \text{где } \delta\varphi = 0.001 \cdot \Delta\varphi,$$

а скорости и ускорения звеньев определяются по формулам Лагранжа

$$\frac{dx_j}{d\varphi} \approx \frac{f_j(\varphi + \delta\varphi) - f_j(\varphi - \delta\varphi)}{2\delta\varphi}, \quad \frac{d^2x_j}{d\varphi^2} \approx \frac{f_j(\varphi + \delta\varphi) + f_j(\varphi - \delta\varphi) - 2f_j(\varphi)}{\delta\varphi^2},$$

но шаг $\delta\varphi$ изменения аргумента теперь малый, и погрешности вычисления числителей малы, что обеспечивает необходимую точность результата.

Указанный метод стал отправной точкой для компьютеризации других разделов курса теории механизмов и машин, который сейчас выглядит современно и больше не вызывает у студентов недоуменных вопросов –

«Скажите, а где это используется?».

Свой путь в том же направлении прошли и многие другие инженерные кафедры ХПИ, но преподаватели кафедры высшей математики, которые начали это движение раньше других, в силу ряда объективных и субъективных причин так и остались стоять на старте.



Александр Адольфович
Грунауэр
(1921 – 2013)

«А казачок-то засланный!». В 1980-ые годы я работал у проф. А. А. Грунауэра, где занимался разработкой методов динамического анализа сложных механических и гидромеханических систем, для чего использовал численные и численно-аналитические методы расчета. Напомню, что численно-аналитический метод применим только лишь для линейных либо линеаризованных математических моделей; в первом случае коэффициенты уравнений – это постоянные числа, а после линеаризации они могут быть известными функциями времени t . Причем для дискретных моделей он приводит к ответу, использующему блочные матрицы и матричную экспоненту $\exp(A \cdot t)$ либо мультипликативный интеграл

$$\int_0^t \exp(A(\tau) \cdot d\tau) = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ \Delta\tau = t/n}} \prod_{j=1}^n \exp(A(j \cdot \Delta\tau) \cdot \Delta\tau).$$

А в случае дискретно-континуальных моделей ответ содержит также и линейные интегральные операторы с известными ядрами типа Коши или Фредгольма,

$$\int_0^t K(t-\tau)x(\tau)d\tau \quad \text{и} \quad \int_0^T K_T(t,\tau)x(\tau)d\tau, \quad K_T(t,\tau) = \begin{cases} \sum_{j=0}^{\infty} K(t-\tau+j \cdot T), & \tau \leq t; \\ \sum_{j=1}^{\infty} K(t-\tau+j \cdot T), & \tau > t, \end{cases}$$

где первый интеграл описывал переходный процесс (неустановившиеся колебания), а второй – установившиеся

колебания, возникающие при кинематическом возбуждении $x(t)$ с периодом повторения T .

Для практической реализации таких ответов (то есть доведения их до конкретного числа, таблицы или графика) требовался компьютер. Заниматься такими вещами было интересно, и это приносило реальную пользу, но в начале 90-ых годов, после защиты диссертации, я решил вернуться к своей первой профессии и стать преподавателем высшей математики.

У профессора были свои планы, и он долго противился моему уходу, потому что успел в середине восьмидесятых годов приобрести негативный опыт общения с руководством кафедры высшей математики, которое не желало прислушиваться к советам по корректировке методики преподавания и учебных планов. Но потом согласился, поставив условие – «Ладно, иди и разберись, что там к чему, но обещай: если что-то пойдет не так, то вмешаешься и исправишь». Я пообещал, и, через много лет уже и не думал, что придет время исполнять обещанное, но судьба распорядилась иначе. Поэтому, опубликовав эту статью и объяснив свою позицию, я выполняю первую часть обещания. Но дальше все зависит от позиции коллег. Если они это начинание не поддержат, то исправить ситуацию не удастся, реформы останутся на бумаге, а учебный курс высшей математики продолжит деградировать, теряя очередные разделы, и, вместе с коллективом кафедры, сжимаясь в точку.

Попытаюсь проиллюстрировать эту же мысль, моделируя гипотетическое, но конкретное развитие негативных событий. Например, отдадут на заклятие теорию поля и скажут примерно следующее:

«да кому она сейчас нужна ... она последняя в списке разделов нашего курса ... а многие и раньше обходились без нее ... учебному курсу нужна унификация, а не развивающие реформы умствующих».

Я так считаю, что если нечто подобное произойдет, то в следующий раз обойдутся и без всех нас. Поэтому нам, коллеги, отступать больше некуда, да и незачем, потому что правда воюет на нашей стороне.

Замечу, что в этом тексте я буду и дальше в основном ссылаться на опыт (и проблемы) преподавания высшей математики для инженерных специальностей (то есть для будущих электриков, механиков, технологов) НТУ «ХПИ», потому что за тридцать лет преподавательской работы изучил его досконально. Кроме того, среди технических университетов Украины наш вуз является признанным флагманом, занимая лидерскую или призовую позицию в любом рейтинге, и если что-то удастся изменить в лучшую сторону здесь, то это станет примером подражания для многих.

Цель и основная задача реформы. Отрадно видеть, что и в мировых рейтингах НТУ «ХПИ» уверенно занимает лидирующие позиции среди технических университетов Украины. Роль лидера обязывает не останавливаться на достигнутом результате, а вести поиск новых путей, по которым потом пойдут другие. При этом мы имеем право, в рамках компетенции, принимать самостоятельные решения и не связывать себе руки межвузовскими соглашениями, которые были подписаны давно и носили рекомендательный характер.

Признаю, что достижение лидерства в большей мере заслуга выпускающих кафедр. Однако, фундамент для нашего будущего успеха (или неудачи) закладывается на младших курсах бакалаврата, где со студентами в основном работают преподаватели общих кафедр. Я уже тридцать лет работаю преподавателем кафедры высшей математики, и около пятнадцати лет в специализированных советах по защита диссертаций в технических науках. Участвуя в заседаниях совета, являюсь очевидцем того,

насколько сильно за эти годы вырос математический уровень кандидатских и докторских диссертаций;

практически каждая современная работа содержит оригинальную математическую модель, раскрывающую свойства анализируемого устройства или процесса. Сейчас уже никто не оспаривает тот факт, что углубленное математическое моделирование, опирающееся на традиционно прочный фундамент точных наук – это огромный козырь харьковской технической науки и единственный шанс пережить лихолетье, чтобы с новыми силами возродиться к новой жизни, за что мы стояли и стоять будем.

Чтобы наши студенты смогли воспользоваться этим шансом, их нужно целенаправленно учить искусству математического моделирования в технике и технологиях, начиная с решения простейших задач на младших курсах бакалаврата и постепенно наращивая их сложность и реалистичность. Но в прежние времена выпускники харьковского мехмата этому искусству не обучались, а для части из них эта сторона преподавательского ремесла осталась не освоенной и во взрослой жизни. Поэтому объективные требования времени преломляются в наших планах, как в кривом зеркале, а руководство кафедры (если судить по темпам деградации учебного плана) живет по известному принципу – «Того, что еще осталось, на наш век хватит, а после нас хоть потоп». Знаю, что такое происходит не только в НТУ «ХПИ», и никого не осуждаю за это. Сложись жизнь иначе, и сам мог оказаться в аналогичном положении. Надеюсь, что ума и благоразумия у этих наших коллег хватит, чтобы уступить лыжню другим.

За время моей работы преподавателем, и об этом приходится говорить с горечью и недоумением, уровень учебного курса высшей математики изменился в прямо противоположную сторону; число аудиторных занятий сократилось в полтора и более раз, что привело к вынужденному упрощению и выхолащиванию содержания практически всех его разделов. Но главная проблема состоит в другом:

этот курс, как и 30 лет назад, учит аналитическим методам решения задачи (чернилами на бумаге), а современные инженеры, как правило, используют численные методы с применением компьютера.

Поэтому новый заведующий кафедрой высшей математики, прежде всего, должен будет ликвидировать

возникшие «ножницы», и ввести в учебный курс компьютерную компоненту (например, лабораторные работы на компьютерах, демонстрирующие эффективность применения математических методов для решения реальных задач). Если он с этим не справится, то сокращение курса продолжится, и сожалеть об этих потерях не стоит.

Но для решения этой проблемы ему, скорее всего, понадобится дополнительное число аудиторных занятий. И тут мы приблизились к основной и наиболее трудной теме реформы. В соответствии с КЗОТ и законом о высшем образовании учебная неделя студента дневного обучения составляет 54 академических часа, или 40,5 астрономических часов в неделю. Из них часть приходится на аудиторные занятия, а остальное – на СРС (самостоятельную работу студента). В разные времена эти части были разными. Когда я учился в ХГУ, аудиторные занятия составляли 42 акад. часа в неделю, а на первом курсе к ним добавляли еще 8 часов обязательной самоподготовки под присмотром старшекурсников. Очень высокой эта часть нагрузки была в те же годы и в ХПИ. Но, с течением времени, эта пропорция изменялась в сторону увеличения доли СРС, и после присоединения к Болонской хартии европейских университетов аудиторная нагрузка упала в ХПИ до 26 часов.

Для сравнения я «заглянул» через Интернет в учебное расписание БГТУ (г. Минск) и МГТУ им. Баумана (г. Москва), которые занимают первые места в рейтингах технических университетов РБ и РФ, соответственно. И с удивлением обнаружил, что *учебная неделя на первом и втором курсе там составляет 36 и 32 акад. часа*. Я спросил своего сына, который получил второе высшее образование в престижном немецком университете, а сколько часов в неделю учился он? Ответ был тот же – *36 акад. часов*. Причем

упомянутые университеты подписали Болонскую хартию, и это, тем не менее, не заставило их резать учебные планы там, где этого делать не нужно.

Объясню, почему этого не нужно было делать на младших курсах НТУ «ХПИ», и еще не поздно переигрывать.

- Наши первокурсники имели школьную нагрузку по 7 – 8 уроков в день, и к самостоятельной работе в таких же объемах, без участия преподавателей, не привыкли. Но и к своим преподавателям на 10 – 14 дополнительных пар консультаций в неделю они ходить не будут, что очевидно.
- К тому же они, как правило, на 2 – 3 года моложе европейских (немецких) студентов, и это еще дети.
- Кроме того, практически все первокурсники и большинство студентов 2-го курса продолжают жить за средства родителей (+ стипендия), и у них нет необходимости использовать время СРС для заработка.
- В нашем институте в последние годы пустует (во вторую смену) большое количество аудиторий.

Болонскую хартию в Европе многие считают ошибкой, потому что унификация высшего образования уничтожила самобытность знаменитых университетов, которые имели многовековую историю. Дошло до того, что, как утверждают, уже и сам Болонский университет отозвал свою подпись под этим документом. Но я не предлагаю заниматься казуистикой, поскольку отозвать подпись сложно, это займет много времени и вызовет никому не нужный скандал в МОН. Тем более, как показывает опыт соседей,

к этой беде можно приспособиться и спокойно работать со студентами, по крайней мере, на младших курсах, столько, сколько это нужно для дела.

Дополнительные (но не второстепенные!) задачи реформы. Вместе с уменьшением аудиторной нагрузки у студентов за эти же годы существенно снизилась учебная нагрузка преподавателей кафедры высшей математики и других общих кафедр; сейчас она такая же, как и на выпускающих кафедрах. Но резко возросли требования к показателям научной работы, и рядовому преподавателю общей кафедры в возрасте 45+, даже имеющему степень кандидата наук, выполнить эти нормативы практически не возможно. Пока что выручают переводы на английский язык своих прежних работ, но такую деятельность трудно назвать научной. Если человек не связан с реальным производством и занимается исследованиями в области фундаментальных наук, то для него опубликование 1 или 2 оригинальных статей в год – это предел, выше которого не прыгнешь. Ранее, когда учебная нагрузка доцента составляла около 900 часов в год, таких публикаций было достаточно, но когда она снизилась до 600 часов, а «расценки» за статьи урезали в три и более раз, то вместо продуктивной научной работы ему приходится использовать так называемую пятую форму деформации – *выкручивание*.

К сожалению, те комиссии, которые составляют нормативные документы по разным видам нагрузки преподавателя, не делают различия между выпускающей и общей кафедрой. Реформа, которая предлагается в этой статье, снимет остроту проблемы; но, чтобы такие рецидивы не возникали вновь, желательно, чтобы общие кафедры имели в ректорате в лице одного из проректоров представителя и защитника своих интересов. Которые, по объективным причинам, отличаются от интересов выпускающих кафедр.

Из многолетнего общения со студентами-электриками первого и второго курса я выяснил, что работе на персональном компьютере в современной диалоговой среде (типа MathCAD) их ни в школе, ни в институте не учат, и такими навыками владеют единицы. В магистратуре преподаватели выпускающих кафедр, которые читают основы математического моделирования, вынужденно учат их, по своему усмотрению, Маткаду или Матлабу. То есть, они, во-первых, повторяют печальный опыт строителей Вавилонской башни и, во-вторых, по современным представлениям, делают это слишком поздно. В американском университете первокурснику вместе с учебной литературой в библиотеке скачивают на ноутбук определенную версию Маткада, которой пользуется весь институт. Студента с первых дней учат работать в этой компьютерной среде, и далее он использует ее на

всех предметах, где приходится вычислять или строить графики. Многие продолжают использовать Маткад и после окончания университета. Если в ходе выполнения своей реформы нам удастся перенять этот опыт, то такое дорогое стоит.

Завершая агитационную часть статьи, я хочу подчеркнуть то, что, на мой взгляд, является самым важным аргументом в пользу этой реформы. Если она будет реализована, то в багаже знаний наших будущих выпускников значительно усилится фундаментальная компонента, и достигнутый результат, как и ранее, можно будет называть

классическим инженерным образованием.

Именно такое образование много лет назад получили в ХПИ и теперешние его руководители, что потом здорово помогло в их дальнейшей жизни. К сожалению, на том суррогате знаний по фундаментальным дисциплинам, которым мы вынужденно пичкаем сейчас своих студентов на большинстве инженерных специальностей, далеко не уедешь и высоко не взлетишь. И лучшим из них, если жизнь заставит, придется добирать недополученные знания в режиме самообразования, что трудно и малоэффективно.

Направления модернизации курса. Учебный курс высшей математики в техническом университете традиционно решал две основные задачи:

- знакомил студентов с новой для них терминологией и общими научными принципами, используемыми во всех курсах точных и прикладных наук (такими, как *матрица, определитель, комплексное число, дифференциал, дифференциальное уравнение, ряд, частная производная, кратный интеграл, градиент, векторное поле, потенциал, линеаризация, суперпозиция, линейный оператор, оптимизация*, и т.д.);
- учил студентов математическим методам решения практических задач, с которыми они встретятся на старших курсах обучения и на производстве (напр., в конструкторских бюро).

Как видим, *первую задачу* и в наше время никто не отменял, а с ее решением лучше всех могут справиться преподаватели, получившие профессиональную подготовку по математике.

Для примера: я всегда стремлюсь научить арифметике комплексных чисел раньше, чем за это же дело возьмутся мои коллеги с других кафедр, потому что знаю – придется переучивать и долго бороться с тяжелым «акцентом». К сожалению, это не удается проделать с кратными интегралами, где физики опережают нас на два семестра. В свое оправдание замечу, что проблема отставания по кратным интегралам остается актуальной для большинства технических университетов мира, потому что математиков ограничивает

принцип логического единства курса,

и никто из них не хочет прославиться как нарушитель этой догмы. Именно догмы, потому что, например, в средней школе начальные понятия дифференциального и интегрального исчисления уже были проговорены, и по этим разделам мы занимаемся повторением пройденного, пусть и на более высоком уровне.

Повторение – это мать учения,

и если мы в каких-то вопросах вынуждены забегать вперед, нарушая линейный порядок, то всегда можно найти выход, и объяснить необходимое понятие другими (но правильными!) словами.

Так, в силу причуд учебного плана, я уже много лет вынужден преподавать комплексный анализ раньше, чем криволинейные интегралы по координатам, поэтому теорию интеграла от функции $f(z)$ по спрямляемому пути γ в комплексной плоскости рассматриваю как тривиальное продолжение теории *определенного интеграла Римана*,

$$\int_{\gamma} f(z) dz = \lim_{\substack{\max|z_{k+1}-z_k| \rightarrow 0, \\ \bigcup_k \gamma_k = \gamma, \gamma_k = \cup [z_k, z_{k+1}]}} \sum_k f(\xi_k \in \gamma_k) \cdot (z_{k+1} - z_k),$$

и не трачу золотое лекционное время на повторное обоснование его свойств.

Эту и подобные ей проблемы можно решить более эффективно (с меньшими издержками), если разбить общий курс высшей математики на *скалярный анализ* и *векторный анализ* [2], которые будут читаться параллельно (табл. 1), причем разными преподавателями с противоположными типами мышления – так называемыми *аналитиками* и *геометрами*. В конце данной статьи я вернусь к анализу этой идеи, и, в качестве примера для подражания, покажу, как она была реализована в одном из самых известных университетов Европы – МГТУ им. Н. Э. Баумана. Еще недавно я считал, что в нашей стране время для таких экспериментов не наступило, поэтому выдвигать (либо поддерживать) данное предложение я пока что не буду, просто напоминаю коллегам об его существовании. Но, изучив удачный опыт зарубежных (американских и европейских) коллег, свое мнение изменил: априори сомневаться в успехе не стоит, нужно пробовать. Тем более, что для первого семестра такая система в недалеком прошлом применялась длительное время на многих инженерных факультетах ХПИ, а на инженерно-физическом факультете она сохранилась до наших дней, и применяется на протяжении всего многосеместрового курса высшей математики.

Перейдем к анализу *второй задачи*. Прежде всего, надо заметить, что аналитические методы решения практических задач, которые уже давно ушли из инженерной практики КБ, продолжают использоваться в учебных курсах других точных наук (физике и химии) и в некоторых фундаментальных инженерных дисциплинах (та-

ких, как ТОЭ, ТММ, ДПМ), поэтому и эта цель, пусть и частично, остается актуальной.

Следовательно, ликвидацию кафедр высшей математики (как частично потерявшей свои задачи) или ее слияние с другими кафедрами надо признать не целесообразной, и далее не рассматривать.

Таблица 1 – Оптимальная структура учебного курса высшей математики для ведущего технического университета [2]

Скалярный анализ	Векторный анализ
Теория пределов и непрерывность функции	Линейная алгебра
Дифференциальное исчисление	Аналитическая геометрия
Неопределённый интеграл	Функции нескольких переменных
Определённые и несобственные интегралы	Кратные и криволинейные интегралы по мере
Обыкновенные дифференциальные уравнения	Теория поля
Числовые и функциональные ряды	Теория функций комплексной переменной
Интегральные преобразования	Уравнения с частными производными

Но продолжать и дальше закрывать глаза на возникшую еще 10 – 15 лет назад и обостряющуюся с каждым годом проблему *неполного служебного соответствия* принятого учебного курса требованиям времени не допустимо. Мы не проговаривали эту проблему вслух, но переживали ее последствия, когда теряли учебные часы и ликвидировали отдельные дисциплины (речь идет о курсах линейной алгебры и математического анализа, которые для студентов-электриков традиционно читались параллельно). К сожалению, здесь не все можно объяснить объективными причинами, такими как «болонизация» учебных планов либо сворачивание программы создания *научных университетов*. Приходится признать справедливым, что тем, кто стоит на месте, когда другие движутся вперед, учебные часы срезают, а ставки сокращают, и передают тем, кто движется.

Многие мои коллеги считают, что

*наши учебные планы должны диктовать выпускающие кафедры,
не оставляя нам никаких степеней свободы, но такое мнение ошибочно,*

даже если к нему пришли после многих горьких, вынужденных уступок, и я это берусь доказать.

Во-первых, перечитайте еще раз первую задачу курса и убедитесь в том, что с потребностями конкретной специальной кафедры она пересекается процентов на 10, не более.

Во-вторых, в условиях современной рыночной экономики узкая специализация, которой занимается выпускающая кафедра, редко соответствует будущей профессии выпускника, что привело к укрупнению учебных специальностей. Правильно, когда студенты - электрики, - механики или - химики учатся по разным планам, но дальнейшая детализация учебной программы не имеет смысла, и ее могут формировать математики, координируясь с другими точными науками, которые изучаются параллельно, и преследуя при этом общегосударственный, а не узковедомственный интерес. Выпускник престижного технического университета (а ХПИ, в масштабах Украины, имеет такой статус) должен получить фундаментальное инженерное образование, которое невозможно без точных наук, и с этой платформы он может стартовать во взрослую жизнь в любом направлении, где сможет приносить пользу обществу. А выпускающая кафедра должна и дальше успешно заниматься наукой и, тем самым, умножать престиж университета, привлекая на учебу хорошо подготовленных абитуриентов.

В-третьих, я не знаю, какие на самом деле ограничения учебной нагрузки действуют сейчас в университете Болонье, но престижные учебные заведения Германии их устанавливают самостоятельно, и на младших курсах нагрузка не редко превышает 36 аудиторных часов в неделю. У наших теперешних студентов стационара этот показатель после подписания болонской конвенции был снижен до 26 часов, что дало возможность им не только учиться, но и работать. Во времена моей учебы в Харьковском университете (который занимал третью рейтинговую позицию среди вузов СССР) аудиторная нагрузка достигала 42 часов. Причем помимо аудиторных занятий на первом курсе у нас было 8 часов обязательной самоподготовки в неделю, где, под присмотром старшекурсников, выполнялись домашние задания по математике. Многие знают (и выше я уже писал об этом), что студенты первого курса и в наше время, как правило, еще не нуждаются в дополнительном заработке и продолжают жить на иждивении родителей. А их учебная нагрузка в старших классах школы достигала 36 часов и более, и они психологически готовы к тому, чтобы и в вузе учиться интенсивно. Поэтому для этих студентов, которые еще не вовлечены в программы межвузовского обмена, ограничения болонской системы выглядят особенно абсурдными. Тем более, когда в аудиторном фонде университета можно найти массу пустых аудиторий. Следовательно, объективные условия позволяют не только вернуть прежние учебные программы по математике, физике, химии, но даже расширить их в соответствии с требованиями времени. Для реализации такой цели нужно отказаться от унификации и (если не удастся использовать решение, о котором речь пойдет далее) найти средства для увеличения общего фонда зарплаты преподавателей, работающих со студентами первого курса. Очевидно, что такие вопросы не лежат в юрисдикции выпускающих кафедр, но если указанные средства не будут забирать из их фондов, то они такую инициативу поддержат.

Считаю, что сформулированное утверждение доказано. Но, раз тут довелось апеллировать к опыту прошлой жизни, хочу проиллюстрировать его конкретными примерами. Когда в 1983 году в Минвузе СССР принимали новую Программу курса высшей математики для вузов страны, то в соответствующем отделе ЦК на Старой площади Москвы составителям Программы задали только один вопрос: «Вы гарантируете, что после её реализации винты советских подводных лодок будут шуметь меньше, чем у американцев?». Гарантии были даны, и

Программа, о которой теперь в Украине приходится, к сожалению, говорить в прошедшем времени, начала превращаться в жизнь. Россияне сохранили её для ведущих технических университетов и, тем самым, сберегли свой ВПК от окончательного разорения. А что касается Украины, то на том суррогате знаний, которым приходится сейчас пичкать студентов, ничего дельного не построишь. И Бог с ними, с подводными лодками, возможно, нашей стране они и не нужны. Но термины «ВПК» и «наукоёмкое производство», хорошо знакомые по 80-м годам, являются синонимами термина *высокие технологии*, к которым мы все так стремимся.

Аналогичная история двумя десятилетиями раньше происходила и в США, где американцы, напуганные успехами советской космонавтики, срочно переработали программы изучения математики для средней и высшей школы в сторону их углубления. Результат не заставил себя долго ждать, и уже через 10 лет *Нейл Армстронг* ступил на поверхность Луны. Можно констатировать, что ответственная власть всегда видела тесную взаимосвязь между уровнем математической подготовки студентов технических вузов и реальными потребностями научно – технического прогресса.

Определим главное направление модернизации курса, актуальное для нашего времени и сложившихся условий. Мы привыкли делить наш курс на две равные (или почти равные) по числу учебных часов «половинки» – на *лекции* и *практики*. При этом часто не понимали того, что это

две половинки курса теоретической математики,

потому что на практиках рассматривали те же учебные примеры, что и на лекциях, только их решали не лекторы, а студенты.

При этом к будущей реальной практике студентов данные примеры отношения не имели.

Я и сейчас считаю, что эти «половинки» важны, а их форма и содержание, в основном, соответствуют поставленным задачам; больше того, учебные часы, которые на них отводятся, нужно увеличить.

Чем больше студент будет общаться с умным, думающим, добросовестным и требовательным преподавателем (а математики все такие) – тем быстрее он будет развиваться во время учебы, и больших вершин достигнет во взрослой жизни. Но если рассматривать лекции и практики как две опоры современного образования, то для устойчивости эту конструкцию нужно опереть еще на один элемент. И тут не придется изобретать велосипед – достаточно реализовать решение, которое давно используется на кафедрах, где преподают другие фундаментальные дисциплины, а в последнее время – и на некоторых родственных нам кафедрах высшей и прикладной математики. Там третьей опорой являются лабораторные работы, причем, даже для инженерных дисциплин, при их проведении вместо специального оборудования все чаще используют персональные компьютеры.

Такой «онлайн» нам не нужен. Поскольку дальше в этой статье речь пойдет о применении компьютеров, которые сейчас многими чиновниками от образования рассматриваются в качестве инструмента для перехода к всеобщему обучению в режиме *онлайн*, я поясню свое отношение к этому вопросу. Оно может быть интересным для многих, потому что базируется на длительном (пятилетнем) опыте такого общения при использовании компьютерной почты и мобильного телефона для решения образовательных и научных задач (по самым скромным оценкам я наговорил более двух тысяч часов эфирного времени). Мой опыт подтверждает известный факт, что даже в том случае, если ваш собеседник предельно мотивирован на достижение положительного результата, то эта деятельность имеет низкую эффективность, то есть результат дается ему (и вам) дорогой ценой. Я задумался над причинами, и готов пояснить то, что понял по указанной проблеме. При этом я буду использовать некоторые знания по механизмам работы информационного поля, описанные ранее в работах [7, 8].

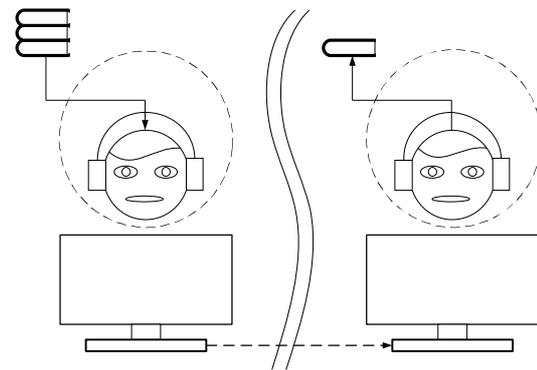
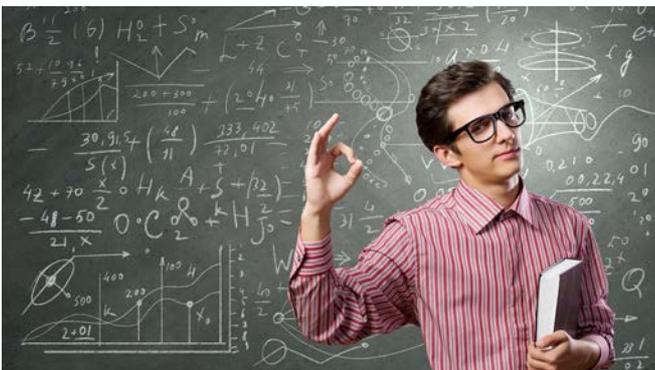


Рис. 2 – Схема передачи информации при обучении в режиме удаленного доступа (онлайн).

При дистанционном общении учителя с учеником любая информация передается по узкому каналу, и даже если этот канал визуальный (что, несомненно, лучше, чем связь по телефону), проходит длинный путь преобразований, показанный на рис. 2. То есть,

- из общих библиотек, размещенных в *ноосфере* и уже освоенных учителем (его постоянной памяти), информация попадает в подсознание учителя;
- затем транслируется на язык слов и символов, который использует его сознание;
- далее происходит ее передача через электромагнитное поле мобильного телефона и/или Интернета;

- затем она считывается в сознание ученика;
- далее транслируется в его подсознание;
- и, наконец, отправляется в постоянную память ученика, формируемую в ноосфере.

Причем, последний этап, как правило, происходит ночью, во время сна ученика, когда вся полученная за день информация систематизируется и уплотняется (при этом ее часть теряется), после чего приобретенные знания отправляются на «жесткий диск» (в ноосферу).

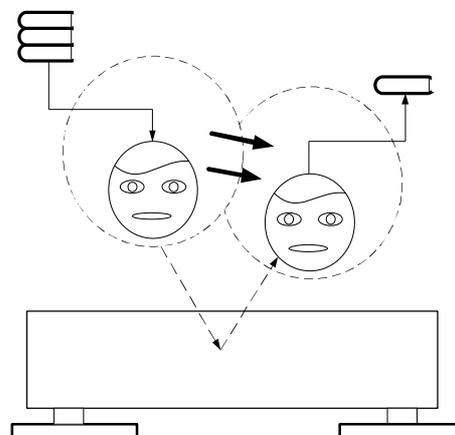


Рис. 3 – Схема передачи информации при очном обучении группы.

Если учитель и ученик находятся рядом, то области подсознания перекрываются, и путь передачи информации (точнее – для части информации) значительно сокращается (рис. 3). Но для этого ученик должен старательно учиться (говорят – *быть в материале*), а

учитель во время занятия должен периодически сокращать дистанцию с учениками

(то есть покидать место у доски и ходить между рядами, не прекращая диктовку по содержанию теорем и анализу доказательств). Согласен, что такое поведение противоречит некоторым постулатам педагогики, но мои лучшие университетские учителя поступали именно так, и я рекомендую использовать их опыт.

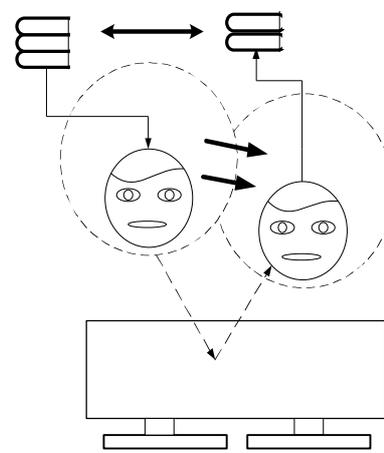
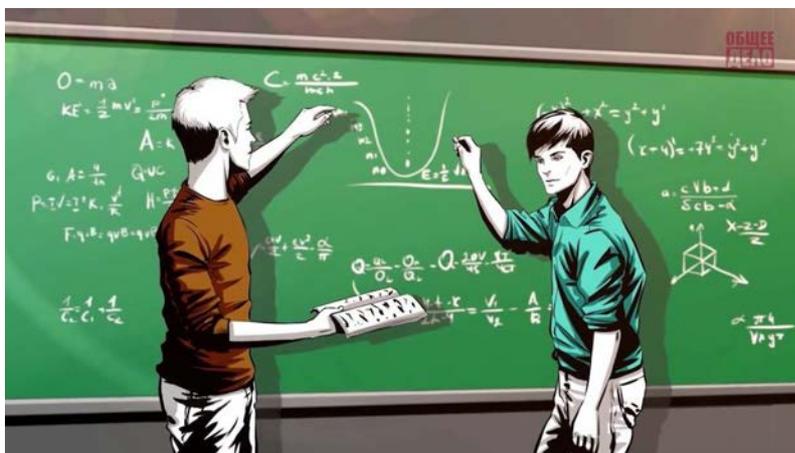


Рис. 4 – Схема передачи информации при индивидуальном обучении в режиме офлайн.

И, наконец, если группа учеников немногочисленная (а еще лучше – когда ученик один, и между учителем и учеником нет антагонистических противоречий, а установлен доверительный духовный контакт), то

передача информации от учителя к ученику заменяется передачей адреса,

по которому в ноосфере записана эта информация (рис. 4). Чтобы открыть такой виртуальный канал, учителю достаточно произнести несколько слов по изучаемой теме или записать несколько символов, и к соответствующему сегменту «жесткого диска» ноосферы получает доступ еще один пользователь.

Согласен, что такое взаимопонимание наблюдается редко, но это тот идеал, к которому нужно стремиться. А обучение высшей математике в режиме онлайн – это его полный антипод, который уже не вызывает массового энтузиазма среди моих коллег, но с ним мы вынуждены мириться из-за пандемии.

Сказанное выше не исчерпывает тему. Так совпало, что *ограниченная компьютеризация* для модернизации учебного курса высшей математики предлагается в то же время, когда другие люди и организации рассматривают *глобальную компьютеризацию* как орудие для тотальной перестройки общества. С этим связывают реальные и вымышленные угрозы, которые бросают тень на любые формы компьютеризации и часто ведут к спекуляциям и шаманству. У меня сложился оригинальный взгляд на перспективы глобальной компьютеризации, которую я трактую не иначе, как начавшийся *перехват системы управления* в преддверии важнейшего цивилизаци-

онного скачка [8]; но эти вопросы не касаются данной статьи и станут предметом отдельной публикации.

Цель и содержание лабораторных работ по высшей математике. Мне приходилось знакомиться с пособиями и методическими разработками по высшей математике, используемыми для проведения практических занятий со студентами 1920-тых и 30-тых годов, и я смог воочию оценить тот прогресс, который был достигнут по этому направлению к началу 1990-ых годов. Знаю, что это произошло благодаря труду нескольких поколений преподавателей математики, которые обладали необходимыми знаниями и методическим мастерством. Я убежден, что такая же судьба ждет лабораторные работы по курсу высшей математики. И сейчас, как первопроходцы и открыватели новых земель, мы находимся в самом начале долгого пути.

Первопроходцам прощают ошибки, но при условии, что они начали движение в правильном направлении. По моему разумению, лабораторные работы по курсу высшей математике должны подразделяться на два типа.

Лабораторные работы первого типа призваны продемонстрировать студентам младших курсов, изучающим высшую математику, способность решать при помощи ее методов реальные задачи из приложений к технике и физике. Компьютерные программы для проведения лабораторных работ готовятся преподавателями, а участие студентов сводится к подстановке исходных данных и анализе полученных результатов. Кроме того, студент составляет пояснительную записку с описанием использованных методов. Для проведения и приема работ служит компьютерный класс, который приобретает для кафедры высшей математики (или закрепляется за ней). Используя один класс из 8-ми компьютеров, можно обеспечить проведение 6-ти лабораторных работ в семестр для 500 студентов, что, по моему разумению, для старта этой программы будет достаточно.

Понятно, что без доброй воли и соответствующей мотивации со стороны заведующего кафедрой такой старт не возможен. Даже для проф. А. А. Грунауэра, который имел к тому времени 20-летний стаж заведывания кафедрой ТММ и высокую должность в Методической комиссии Минвуза СССР, внедрение в учебный процесс своей кафедры простого и прозрачного метода (3) численного дифференцирования (вместо сложного и путанного графо – аналитического метода построения планов скоростей и ускорений, о чем уже написано выше) далось нелегко. И, в некоторых учебных курсах, оно растянулось на годы.

В форме *лабораторной работы второго типа* студентами изучаются отдельные разделы классического инженерного курса высшей математики, которые в силу недостатка времени и других, часто субъективных, причин в последнее время выносятся на факультатив. Чтобы студент, работая в диалоге с компьютером, получил общие представления на уровне основных понятий и свойств. Перечислим некоторые из них:

- дифференциальная геометрия плоской и пространственной кривой,
- поверхности второго и высших порядков,
- спектр и диагонализация квадратной матрицы,
- замечательные кривые высшей математики,
- интерполяция функции многочленами и сплайнами,
- интегрирование рациональных дробей методом Остроградского,
- огибающие линии и поверхности,
- дифференциальные уравнения Клеро, Лагранжа и Матье,
- уравнение Бесселя и цилиндрические функции,
- обобщенные ряды Фурье,
- преобразование Фурье,
- практический гармонический анализ,
- конформные отображения,
- вычисление несобственных интегралов при помощи вычетов,
- условный экстремум,
- сетки для эффективного сканирования многомерных объемов,
- методы оптимизация по нескольким критериям, и ряд др.

для відомого методу
Михайла Остроградського
у нашому учбовому плані
місця не знайшлося,
що є прикрою помилкою

Если посмотреть на внушительный список вопросов, которые вынужденно выносятся на факультатив, то становится ясно, что пропасть между курсом высшей математики и потребностями практики за последние годы существенно углубилась и расширилась. Но я уверен, что эту ситуацию можно исправить, если опереться на имеющийся опыт ведущих технических университетов мира и внести правильные коррективы.

В поисках примера для подражания. Сегодня общепризнанным мировым лидером среди технических университетов по праву является Массачусетский технологический институт (г. Бостон, США), но использовать его как пример для подражания было бы неправильно. Потому что, во-первых, финансовые возможности этого вуза превосходят суммарное финансирование всех государственных университетов Украины вместе взятых.

Но дело не только в этом. В США и в некоторых западноевропейских странах принята совершенно другая система организации учебы в университете: профессора вывешивают объявления об учебных курсах, которые намерены читать в следующем семестре (или триместре), а студенты (поначалу свободно, но число мест на каждом курсе лимитировано) записываются на эти курсы. И определить недельную аудиторную нагрузку студента сложно, потому что понятия *студенческая группа* не существует, и такую статистику никто не ведет.

Очевидно, чтобы такая система заработала в Украине, многое должно измениться. Например, все доценты должны стать профессорами; либо, чтобы не создавали конкуренции, всех профессоров нужно отправить на пенсию, и тогда будут записываться на учебу к доцентам. Поскольку доцент – это явление массовое, а профессор – товар «штучный», к организованному сопротивлению не способный и к властным полномочиям, как правило, не стремящийся, то я склонен считать, что доценты победят. Задавят своей массой. И пусть это произойдет не завтра, но для наших доцентов университет МТИ уже сейчас не пример. Поэтому такой пример мне пришлось искать в другой стороне, где организация работы и менталитет мало отличаются от нашего.

Я провел соответствующее исследование и выполнил аналитический обзор учебных программ на первом и втором курсах бакалаврата факультетов «Машиностроительные технологии», «Энергомашиностроение» и «Специальное машиностроение» МГТУ им. Н. Э. Баумана. При составлении обзора использовались сведения, которые содержатся в обнародованных в Интернете расписаниях занятий по разным специальностям указанных факультетов за 2018 – 2020 годы. Анализ показал, что для первого и второго семестра они идентичны для всех специальностей, а для третьего и четвертого семестров имеют незначительные различия, связанные со спецификой будущих профессий.

Поэтому далее проанализируем конкретную программу специальности Э2 «Поршневые двигатели», которая для указанной группы факультетов может считаться *типовой*. Кроме того, по такой же специальности учат бакалавров и магистров в НГУ «ХПИ», и можно будет выполнить сравнительный анализ.

Типовая учебная программа для инженерной специальности МГТУ, семестры 1 – 4.

Первый семестр. Недельная аудиторная нагрузка студентов **37 акад. часов**. Из них:

- **математика – 9 ч.** («Математический анализ» 5 ч. и «Аналитическая геометрия» 4 ч.);
- **информатика – 5 ч.;**

а также начертательная геометрия – 4 часа, инженерная и компьютерная графика – 2 часа, химия – 4 часа, экология – 2 часа, и т.д.

Как видим, информатике начинают учить с первого дня, а физики в расписании пока что нет, потому что нет соответствующего *математического задела*. Занятий по математике в 1,8 раза больше, чем в ХПИ, причем два предмета читают параллельно, а не последовательно.

Второй семестр. Недельная аудиторная нагрузка студентов **37 акад. часов + 4 акад. часа для проведения КСР** (то есть, контроля за самостоятельной работой студентов, напр., приема РГЗ). Из них:

- **математика – 14 ч.** («Интегралы и дифференциальные уравнения» – 6 ч. + 1 ч. КСР; «Линейная алгебра и функции нескольких переменных» – 4 ч. + 1 ч. КСР; «Теория вероятностей» – 1 ч. + 1 ч. КСР);
- **информатика – 2 ч.;**

а также начертательная геометрия – 4 часа, инженерная и компьютерная графика – 2 часа, физика – 4 часа, теоретическая механика – 4 часа + 1 час КСР, и т.д.

Здесь занятий по математике в 2,3 раза больше, чем в ХПИ, причем в параллель и разными преподавателями читаются сразу три предмета; проводятся лабораторные работы на персональных компьютерах. Физики (включая теоретическую механику) тоже много. И уже второй семестр подряд достаточно много часов выделено на начертательную геометрию и инженерную графику.

Третий семестр. Недельная аудиторная нагрузка студентов **39 акад. часов**. Из них:

- **математика – 5 ч. + 1 ч. КСР** («Кратные интегралы и ряды» – 4 ч.; «Теория вероятностей и математическая статистика» – 2 ч.);

а также инженерная и компьютерная графика – 2 ч., физика – 4 ч., механика жидкости и газов – 4 ч., теоретическая механика – 4 ч., сопротивление материалов – 5 ч., и т.д.

В третьем семестре главенствует физика и ее прикладные разделы (вместе – 17 часов). Математику читают двумя параллельными предметами, и ее объем в 1,2 раза больше, чем в ХПИ. Информатика, ориентированная на использование пакетов типа Маткад, уже пройдена, и ее используют при проведении лабораторных работ (в том числе, по математике, механике жидкости и газов, теоретической механике).

Четвертый семестр. Недельная аудиторная нагрузка студентов **33 акад. часа + 3 акад. часа КСР**. Из них:

- **математика – 4 ч. + 1 ч. КСР** («Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление»),

а также физика – 5 ч. + 1 ч. КСР, механика жидкости и газов – 4 ч., сопротивление материалов – 5 ч. + 1 ч. КСР, теория механизмов и машин – 4 ч., и т.д.

В этом семестре физика и ее прикладные разделы имеют, вместе, 19 часов. Математике здесь уже учат значительно меньше, но даже здесь ее объем в 1,7 раза больше, чем в ХПИ.

Аналитика и выводы. Проанализированные (на уровне расписания занятий) учебные планы МГТУ уже прошли этап реформирования и соответствуют современным требованиям, предъявляемым к работе престижно-

го технического университета. Они обеспечивают оптимальное сочетание классических форм обучения и новых форм, использующих возможности персональных компьютеров. В них реализованы тесные и органичные связи между отдельными предметами. Поэтому, при подготовке реформы учебных планов, их можно использовать в качестве образца, то есть **принять за основу**.

Поскольку продолжительности семестров одинаковы, для сравнительного анализа удобно суммировать часы, отданные для аудиторных занятий по конкретному предмету (или группе предметов) за четыре семестра обучения. Сейчас в ХПИ полученная цифра соответствует числу так называемых кредитов, но

после предлагаемой реформы число кредитов не изменится, а сумма часов для аудиторных занятий возрастет.

Если выполнить эту процедуру для математики (без КСР, которую у нас организуется иначе), то в МГТУ получим 30 часов, что в 1,7 раза выше, чем в ХПИ (где в ЭЭЭ институте на математику выделяют 18 часов).

Часы, выделяемые на физику (13 ч.), химию (4 ч.) и экологию (3 ч.) в сравниваемых институтах оказались одинаковыми, но изучение физики в МГТУ начинают и заканчивают позже, со второго семестра по четвертый.

На теоретическую механику и сопромат в МГТУ выделено 18 часов, а в ХПИ всего лишь 10 часов.

На изучение механики жидкости и газов в МГТУ выделено 8 часов, а в ХПИ 4 часа.

Информатику, ориентированную на работу с пакетом Маткад, здесь, как и в бостонском МТИ, учат на первом курсе в суммарном объеме 7 акад. часов, а в ЭЭЭ институте ХПИ ее, кроме специальности *электроника*, не преподают.

Таким образом, в МГТУ на общие кафедры суммарно приходится на 30 часов больше аудиторных занятий, чем в ХПИ, что означает увеличение аудиторной нагрузки за 1 – 4 семестры со 104 до 134 часов, или на 30 %.

Предположим, что мы проведем реформу учебного курса по образцу, принятому выше за основу. Тогда **дополнительные** потребности в аудиторных занятиях по математике, информатике, физике (вместе с механикой жидкости и газа), химии (вместе с экологией) и теоретической механике (вместе с сопроматом) составят:

мат. инф. физ. хим. мех. Σ (1 час таблицы равен 17-ти часам аудиторных занятий студента)

- 1-ый семестр – 4 + 5 + 0 + 0 + 0 = 9 акад. ч. в неделю;
- 2-ой семестр – 3 + 2 + 0 + 0 + 4 = 9 акад. ч. в неделю;
- 3-ий семестр – 2 + 0 + 2 + 0 + 2 = 6 акад. ч. в неделю;
- 4-ый семестр – 3 + 0 + 2 + 0 + 1 = 6 акад. ч. в неделю.

подлежит уточнению

Следовательно, для реализации такой реформы придется увеличить аудиторную нагрузку на первом курсе до 36 акад. часов в неделю и на втором курсе до 32 акад. часов в неделю. В МГТУ, по уточненным данным, она составляет сейчас, без военной подготовки студентов, 39 и 33 акад. часов, соответственно.

При проведении анализа и формулировании предложения по скорейшей реализации реформы я исходил из своего убеждения, что преподаватели общих кафедр ХПИ, которые работают там сейчас или придут им на смену в ближайшем будущем, в своем абсолютном большинстве смогут использовать дополнительные аудиторные занятия для существенного повышения качества знаний у студентов.

Что касается меньшинства, то они не станут безработными, потому что реформа не будет реализовываться одномоментно и повсеместно. Пусть работают по старинке, лишь бы не мешали другим двигаться вперед. Впрочем, надо заранее признать, что психологические травмы у отдельных личностей станут неизбежными.

Заметим, что в МГТУ аудиторная нагрузка остается высокой и для пятого семестра; для специальности ЭЭ это 34 акад. часа + 8 часов военной подготовки. В 5-том семестре математики МГТУ читают курс «Уравнений математической физики», чего в ХПИ на аналогичных специальностях уже не делают более 20-ти лет. Притом, что здесь работают специалисты по математической физике, и для них восстановление утраченного курса представляет интерес. Однако, учитывая реалии нашей жизни, продлевать реформу на 5-тый семестр сейчас не рационально, потому что проводить дополнительные занятия при практически пустой аудитории бессмысленно.

Проанализируем влияние реформы на учебную нагрузку преподавателей. Известно, что на общей кафедре (например, высшей математики) аудиторная нагрузка доцента или профессора составляет, в среднем, 40 %, а ассистента – 50 % от общей учебной нагрузки (куда кроме нее входит время на проведение экзаменов, коллоквиумов, контрольных работ, а также на проверку РГЗ). Поэтому,

если число аудиторных занятий увеличить в 1,6 раза, то учебная нагрузка преподавателей увеличится на 25-30 % – до 700 часов для доцента и 780 часов для ассистента.

С учетом соответствующего увеличения учебной нагрузки по второй половине дня, это изменение позволит уменьшить обязательства по разделу «Научная работа» на 200 и 250 часов, соответственно. Если же учесть фактор создания и освоения нового курса, то коэффициенты увеличения будут другими, и указанное уменьшение составит 250 и 300 часов, соответственно, что снимет остроту возникшей проблемы.

В предыдущей части статьи содержится предложение, чтобы в рамках проводимой реформы преподавание информатики проходило на кафедре высшей математике. Это правильно с многих точек зрения и позволит, со временем, изменить название кафедры и расширить базу для ее пополнения новыми преподавательскими кадрами. Например, выпускниками инженерно-физического факультета ХПИ, которые по действующим сейчас

правилам считаются несоответствующими профилю кафедры и, поэтому, идут сюда не охотно. Мехмат Харьковского университета им. В. Н. Каразина быстро теряет прежние кондиции, и уже скоро кадровая проблема с молодыми преподавателями вузовской математики станет в Харькове чрезвычайно острой.

Для реализации такого предложения аудиторная нагрузка преподавателей кафедры высшей математики должна будет возрасти еще на 25 %, после чего она станет чрезмерной и может вызвать недовольство проводимой реформой. Тут надо понимать, что преподаватели нашей кафедры отрабатывают аудиторную нагрузку, как говорится, «от звонка до звонка», и эта работа требует постоянного умственного напряжения. И если в молодом «ассистентском» или «доцентском» возрасте мы легко выдерживали 20 аудиторных часов в неделю, то для немолодого профессора 10 аудиторных часов – это предел, выше которого подниматься опасно. Но этих гипотетических проблем можно легко избежать, если объединить студенческие группы и укрупнить лекционные потоки. Не секрет, что в силу известных причин многие занятия в ХПИ сейчас организуются и проводятся для небольшого числа студентов, и от укрупнения малокомплектных потоков выиграют все.

Завершая этот пункт статьи, заметим, что в проанализированных учебных планах МГТУ математика присутствует под девятью разными названиями, отвечающими ее отдельным разделам. Если учесть другие факультеты и курсы, то таких названий насчитывается 20-ть, что отвечает их базовому учебнику по математике, изданному в форме 20-ти отдельных (не толстых) томов и получившему, в свое время, Государственную премию РФ. При составлении своего базового учебника мы действовали по образцу американских коллег и (пока что мысленно) делили курс высшей математики на две части – «Скалярный анализ» и «Векторный анализ», которые целесообразно читать параллельно на протяжении всех четырех семестров. Что, в том числе, позволит избежать увеличения числа экзаменов по математике (и, как следствие, не допустить неизбежного увеличения числа двоек у студентов и проблем у деканов). Замечу, что предлагаемая реформа улучшит успеваемость по математике, а число упомянутых проблем сократит.

Для математики оптимальное распределение аудиторных часов между семестрами выглядит так:

$$9+9+6+6, \text{ вместо } 5+6+4+3, \text{ которое принято сейчас,}$$

причем одним из разделов векторного анализа, изучаемых на втором курсе, должны стать «Уравнения математической физики». Ясно, что это предложение не является догмой и подлежит всестороннему обсуждению с участием всех заинтересованных лиц.

Повторение – мать учения, поэтому сформулирую основные выводы из выполненного аналитического обзора, которые сводятся к следующему.

1. Типовую учебную программу МГТУ уже реформировали в соответствии с требованиями времени и ее целесообразно использовать как образец для проведения аналогичной реформы в НТУ «ХПИ».
2. Типовая учебная программа НТУ «ХПИ» отличается от образца в 4-рех главных моментах:
 - число аудиторных занятий по математике ниже в 1,7 раза, по теоретической механике и сопромату – в 1,8 раза, по начертательной геометрии и графике – ниже в 2 раза по сравнению с образцом;
 - информатике на основе математического пакета типа Маткад бакалавров ЭЭЭ института ХПИ (кроме специальности *электроника*) не учат и на других предметах возможностями пакета не пользуются;
 - начало обучения физике в ХПИ начинается на семестр раньше, чем в МГТУ, без необходимого в этом случае математического опережения;
 - разделы математики в ХПИ изучают последовательно, а в МГТУ – 2-мя параллельными курсами.
3. Для реформирования учебной программы в соответствии с образцом необходимо увеличить (без изменения кредитов) на 1-ом курсе число аудиторных занятий на 40 %, а на 2-ом курсе – на 20 %.

Заключение: краткое содержание предлагаемой реформы. Если бы ведущие технические университеты Украины были частными учреждениями (подобно бостонскому МТИ), то такую или подобную ей реформу придумали и провели бы уже давно; там форма всегда соответствует содержанию. Но они являются государственными и содержатся на средства украинских налогоплательщиков, которые учат в них своих детей и свою трудовую смену. И здесь, как нигде еще, подтверждается тезис о неэффективности коллективного хозяйствования и управления. Можно годами или десятилетиями гнать брак (или не кондицию) и не нести за это никакой ответственности. Но действующие здесь правила придуманы не нами (у нас на это важное дело вечно не хватает времени), а очень хитрыми и пронырливыми людьми, которые приспособились к этим условиям и научились из всего извлекать личную выгоду. Я вынужден признать эти правила, потому что в будущем надеюсь изменить их к лучшему. И вместо подобающего этому случаю восклицания – «Эврика! Я знаю, что нужно делать!» говорю, смиренно потупив очи – «Давайте проведем эксперимент и проверим одну гипотезу. А я, пока что, могу гарантировать одно: хуже не будет, и все участники эксперимента останутся живы».

Для оптимального комплексного решения указанных проблем предлагается следующее.

1. Указанная реформа **в экспериментальном порядке** проводится в одном или нескольких учебных потоках ЭЭЭ института начиная с сентября первого года новейшей (то есть, пост пандемической) эры, а подготовка новых учебных планов стартует за полгода до этого. Для чего создается специальная комиссия во главе с одним из проректоров. Этот же проректор по поручению ректора курирует все вопросы, связанные с работой общих кафедр и их подключением к реформе. Насколько я это понимаю, новый учебный план потребует утверждения в Киеве только лишь после успешного окончания эксперимента (через два года), но разрешением на проведение

експеримента желательнo обзавестись заранее.

2. В студенческих группах, где проводится реформа, число аудиторных занятий увеличивается на первом курсе до 36 акад. часов в неделю, или на 40 %, а на втором курсе – до 32 акад. часов, или на 20 %; на остальных курсах нагрузка остается прежней (если другие кафедры не захотят распространить реформу на третий курс).

3. Дополнительные часы распределяются между кафедрами высшей математики (которой поручается также чтение курса информатики), физики и теоретической механики. Эти часы используют для модернизации учебных курсов и доведения обучения фундаментальным дисциплинам до уровня лучших мировых образцов. Поэтому, увеличивая число аудиторных занятий, мы не возвращаемся в прошлое, а открываем дверь в будущее. В частности, курс высшей математики разбивается на две учебные дисциплины – *скалярный анализ* и *векторный анализ*, которые читаются параллельно и увязываются с курсом информатики. Так поступают ведущие технические университеты мира. Информатика преподается на базе пакета MathCAD; эту диалоговую компьютерную среду в университетах США относят к «золотому стандарту» для высшего образования.

4. У преподавателей общих кафедр, участвующих в эксперименте по апробированию реформы, учебная нагрузка в среднем увеличивается на 30 %, что компенсируется снижением отчетных показателей по научной работе. Поэтому **проведение реформы не потребует изменения числа преподавательских ставок.**

Список литературы

1. Геворкян Ю. Л., Григорьев А. Л. Линейная алгебра и ее приложения в технике. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2002. – 534 с.
2. Геворкян Ю. Л., Григорьев А. Л. Скалярный и векторный анализ для классического инженерного образования. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2011. – Т. 1. – 650 с.
3. Геворкян Ю. Л., Григорьев А. Л., Чикина Н.А. Краткий курс высшей математики. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2010. – Т. 2 – 476 с.
4. Ванін В. А., Геворкян Ю. Л., Григорьев А. Л. Скалярный и векторный анализ для классического инженерного образования. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2012. – Т. 3 – 464 с.
5. Ванін В. А., Геворкян Ю. Л., Григор'єв О. Л. Элементы векторного анализа. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2016. – 460 с.
6. Марченко А. П., Ткачук Н. А., Зарубина А. А., Григорьев А. Л. Профессору Грунауэру 90 лет! // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія : математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – № 42. – С. 3 – 14.
7. Григорьев А. Л., Геворкян Ю. Л. Гносеологические аспекты моделирования обменных колебаний в среде Максвелла и Коссера // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія : математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – № 13. – С.55 – 68.
8. Григорьев А. Л. Гносеологический анализ основных целей и принципов управляемой эволюции белковых тел // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – № 8 (1333). – С. 283 – 293.

References (transliterated)

1. Gevorkyan YU. L., Grigor'yev A. L. *Lineynaya algebra i yeye prilozheniya v tekhnike* [Linear algebra and its applications in technology]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2002. 534 p.
2. Gevorkyan YU. L., Grigor'yev A. L. *Skalyarnyy i vektorny analiz dlya klassicheskogo inzhenerenogo obrazovaniya* [Scalar and vector analysis for classical engineering education]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2011, vol. 1. 650 p.
3. Gevorkyan YU. L., Grigor'yev A. L., Chikina N. A. *Kratkiy kurs vysshey matematiki* [A short course in higher mathematics]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2010, vol. 2. 476 p.
4. Vanin V. A., Gevorkyan YU. L., Grigor'yev A. L. *Skalyarnyy i vektorny analiz dlya klassicheskogo inzhenerenogo obrazovaniya* [Scalar and vector analysis for classical engineering education]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2012, vol. 3. 464 p.
5. Vanin V. A., Gevorkyan YU. L., Grygor'yev O. L. *Elementy vektornogo analizu* [Elements of vector analysis]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2016. 460 p.
6. Marchenko A. P., Tkachuk N. A., Zarubina A. A., Grigor'yev A. L. Professoru Grunauyeru 90 let! [Prof. Grunauer's 90 year anniversary]. *Visnyk Natsional'nogo tekhnichnogo universytetu «KhPI»*. Seriya : *Matematichne modelyuvannya v tekhnitsi ta tekhnologiyakh* [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series : Mathematical modeling in engineering and technology]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2011, no. 42, pp. 3–14.
7. Grigor'yev A. L., Gevorkyan YU. L. Gnoseologicheskie aspekty modelirovaniya obmennykh kolebaniy v srede Maksvela i Kossera [Gnoseological aspects of modeling exchange fluctuations in Maxwell and Cosserat media]. *Visnyk Natsional'nogo tekhnichnogo universytetu «KhPI»*. Seriya : *Matematichne modelyuvannya v tekhnitsi ta tekhnologiyakh* [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series : Mathematical modeling in engineering and technology]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2011, no. 13, pp. 55–68.
8. Grigor'yev A. L. Gnoseologicheskiy analiz osnovnykh tseley i printsypov upravlyayemoy evolyutsii belkovykh tel [Gnoseological analysis of the goals and basic principles of the organization of the controlled evolution of protein bodies]. *Visnyk Natsional'nogo tekhnichnogo universytetu «KhPI»*. Seriya : *Matematichne modelyuvannya v tekhnitsi ta tekhnologiyakh* [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series : Mathematical modeling in engineering and technology]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2019, no. 8(1333), pp. 283–293.

Поступила (received) 01.12.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / Information about authors

Григор'єв Олександр Львович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків; тел.: (057) 707-60-35; e-mail: kpi.mmtt@gmail.com.

Григорьев Александр Львович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков; тел.: (057) 707-60-35; e-mail: kpi.mmtt@gmail.com.

Grigoriev Alexander L'vovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv; tel.: (057) 707-60-35; e-mail: kpi.mmtt@gmail.com.