

ФИЗИКА ДЛЯ НЕЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

*Мудрость - это роса, которая незаметно просачивается в нас, поит нас и способствует нашему росту.
Знание - сильная струя воды, пущенная в нас из пожарного шланга. Она грозит подмыть наши корни.*
О. Генри. "Прагматизм чистейшей воды".

Андрей Иванович Касьян,
к.т.н., доцент, МФПУ "Синергия"
Александр Николаевич Медведь,
к.т.н., с.н.с., Московский университет МВД
Игорь Александрович Нестеров,
к.т.н., доцент, МФПУ "Синергия"

Изучение математики и физики в техническом вузе сопряжено с рядом проблем, важнейшей из которых является недостаточная заинтересованность студентов. Сложнейшие науки воспринимаются как обуза, не имеющая отношение к практике. Предложена математическая модель, выявляющая зависимость успеваемости от времени, уделяемого студентами на самоподготовку, и эффективности усвоения материала на лекции.

The study of mathematics and physics at the technical college is associated with a number of problems, most important of which is the lack of interest of the students. Complex science are seen as a burden, not relevant to the practice. The article discusses a mathematical model that reveals the dependence of performance on the time given to students on self-study, and the effectiveness of learning material in a lecture.

Ключевые слова: физико-математические дисциплины, математическое моделирование, эффективность обучения.

Keywords: physical and mathematical disciplines, mathematical modeling, learning efficiency.

Изучение курсов математики, общей физики и других естественных дисциплин в техническом вузе, ориентированном на подготовку специалистов по эксплуатации разного рода совершенных систем и устройств (например, двигателей), как правило, не вызывает энтузиазма у большинства современных студентов, которые воспринимают эти науки как обузу, практически неприменимую в их дальнейшей деятельности. Увы, это факт, и от него, как говорится, нельзя отмахнуться.

Причин у сложившейся ситуации немало и среди них можно назвать несколько наиболее важных:

- серьезное падение уровня физико-математических знаний у выпускников среднеобразовательных школ и колледжей;
- психологическая неготовность (со школьной скамьи) многих студентов к напряженной самостоятельной работе со сложным материалом, требующим больших временных затрат и интеллектуальных усилий;
- сложившееся предубеждение у многих молодых людей в отношении целесообразности изучения этих дисциплин (их, как говорится, нужно "столкнуть"), а также в собственных способностях усвоить материал (обычно это связано с печальным опытом изучения физики и математики в школе);

- несоответствие программы курса представлениям студента о том, что ему действительно понадобится знать в будущем.

Что касается первой из указанных причин, то об этом прежде не говорил только ленивый - проблема снижения уровня школьного образования становится от года к году все острее, и благоприятных сдвигов пока не видно, несмотря на поголовную компьютеризацию и внедрение новейших школьных методик преподавания физики и математики, в том числе. С точки зрения вузовского преподавателя такое положение приводит к дилемме: либо посвятить "освежению" материалов школьной программы некоторое время, сократив вузовский курс, либо начитывать его без оглядки на степень освоения материала. В любом случае происходит существенное сокращение объема получаемых студентами знаний. Словесно, если добавить к обычной человеческой лени старинный монолог работодателя - "забудьте все то, чему вас учили в вузе", получаем вторую, третью и четвертую причины невысокого интереса к физике.

Остановимся на тех "управляющих воздействиях", которые доступны преподавателю физики технического вуза для повышения качества обучения. К первой группе воздействий типа "кнут" можно отнести повышение требовательности к студентам. Раздосадованный неудовлетворительным усвоением материала преподаватель начинает внедрять разнообразные "летучки", тесты, домашние задания, организует поголовный опрос на семинарах, ведет "электронный журнал" успеваемости и т.п. В необходимых по его мнению случаях он даже апеллирует к

администрации вуза и пытается "построить" оболтусов. Но его ресурсы ограничены. Во-первых, разработка всяческих "дополнительных" средств контроля никак не учитывается в его оплачиваемой нагрузке, как и время, необходимое для проверки результатов летучек и тестов. Во-вторых, сегодня во многих случаях даже исключительно нерадивого студента затруднительно "попросить" из вуза по причине полного отсутствия знаний (а это был сильнейший ресурс в арсенале преподавателей младших курсов в те далекие советские времена, когда была популярна шутка "три двойки в зачетке - два дня рождения в пилотке"). Как в негосударственном, так и в госвузе "средней руки" изгнание большого числа двоечников для администрации учреждения сегодня по ряду причин является нежелательным.

Рассмотрим теперь группу воздействий типа "пряник". Прежде всего следует указать на искусство лектора, умение преподнести материал в той форме, которая обеспечит максимальную степень усвоения основных положений и закономерностей студентами непосредственно в процессе занятия. Сколько великолепных знатоков, отлично разбирающихся в тонкостях сложных явлений, не обладало необходимыми навыками или хотя бы зачатками красноречия и артистизма, скатываясь к чтению по бумажке или с экрана проектора! К неминуемым последствиям скучной лекции можно отнести переключение студента на альтернативные занятия и даже на сон. Так было всегда, и в памяти автора застряло шутивное стихотворение из его студенческой поры:

*"И не беда, что лекцию проспал
Зато две истины усвоены навечно:
От сна еще никто не умирал,
Жизнь коротка, наука бесконечна..."*

Большинство преподавателей вузов считает наиболее значимыми сильными качествами своих коллег [1]:

- отличное знание своего предмета (К.Д. Ушинский говорил: "Знай свой предмет и излагай его ясно");
- увлеченность предметом и умение увлечь им студентов;
- владение практикой предмета (решение задач, организация лабораторных и экспериментальных работ);
- широкий научный кругозор и здравый смысл.

При наличии у преподавателя этих качеств в разумном соотношении от студентов требуется добрая воля (не прогуливать занятия), трудолюбие и терпение (получение новых знаний - разновидность работы, иногда очень непростой), а также выделение определенного времени для самостоятельной переработки и углубления знаний.

Как известно, метод обучения в вузе - это технология представления (поддачи) информации студенту в ходе его познавательной деятельности. Обычно выделяют пять методов обучения:

- объяснительно-иллюстративный метод, когда студенты получают знания на лекции, из учебной или методической литературы, с использованием презентации. В вузе данный метод находит самое широкое применение для передачи большого массива информации;

- репродуктивный метод, предполагающий выполнение определенных действий на основе образца или правила в аналогичных, сходных с показанным образцом ситуациях;

- метод погружения в проблему, когда преподаватель, прежде чем излагать материал, формулирует познавательную задачу, а затем, раскрывая систему доказательств, сравнивая точки зрения, различные подходы, показывает способ решения поставленной задачи. Студенты как бы становятся свидетелями и соучастниками научного поиска;

- частично-поисковый метод, предполагающий организацию активного поиска решения выдвинутых познавательных задач либо под руководством педагога, либо на основе эвристических программ и указаний, не являющихся, однако, "жесткими алгоритмами" и требующих творческого подхода;

- исследовательский метод, когда после анализа материала, постановки проблем и задач обучаемые самостоятельно изучают литературу, источники, ведут наблюдения и измерения, выполняют другие действия поискового характера. Инициатива, самостоятельность, творческий поиск проявляются при использовании этого метода наиболее полно.

С сожалением приходится констатировать, что высокая насыщенность изучаемого предмета (физики) математическими приемами, в недостаточной мере освоенными студентами, серьезно затрудняет возможность использования двух последних методов. Если повторить вывод сравнительно сложной физической формулы большинство обучаемых, потратив некоторое время на усвоение материала, как правило, все же сможет, то ожидать, что студент самостоятельно найдет цепочку порой неочевидных умозаключений, да еще в условиях цейтнота, не стоит.

Итак, преподаватель вуза, который обязан действовать в рамках учебной программы, предопределяющей объем и последовательность изучения материала, а также количество выделяемых часов "в сетке расписания", вынужден в основном прибегать к объяснительно-иллюстративным (на лекции) и репродуктивным (на практическом и лабораторном занятии) методам. Лишь изредка (на семинаре) он может позволить себе и студентам подойти к изучаемой проблеме шире, исследовать ее с нескольких сторон, например, заранее сформулировав темы сообщений и докладов.

Теперь попытаемся проанализировать, какие элементы образовательного процесса влияют на выходной продукт - качество знаний студентов - наиболее сильно. Для этого построим относительно простую математическую модель процесса обучения с использованием идей теории массового обслуживания [2, 3, 4]. Интерпретируем студента как трехканальную систему, на вход которой поступают запросы на обработку заявок трех типов:

- проработка прослушанной лекции;
- подготовка к семинару (практическому занятию, лабораторной работе);
- выполнение домашнего задания.

Каждая из групп заявок характеризуется интенсивностями $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, соответственно. Получив заявку на обработку, студент "обслуживает" каждую из них с интенсивностями $\mu_1(t), \mu_2(t), \mu_3(t)$, соответственно. В зависимости от времени, отпущенного на обработку, на "выходе" получают вероятности обслуживания заявок $P_1(t), P_2(t), P_3(t)$ с определенным качеством (степенью усвоения материала). Рассмотренную ситуацию иллюстрирует рисунок 1.



Рисунок 1 - Модель системы обработки заявок

Уравнения для вероятностей обслуживания заявок запишем в виде:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = (\mu_1(t) - \lambda_1) \frac{N_{iE}}{N_{\bar{N}}};$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = (\mu_2(t) - \lambda_2) \frac{N_{iN}}{N_{\bar{N}}};$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = (\mu_3(t) - \lambda_3) \frac{N_{iC}}{N_{\bar{N}}},$$

при начальных условиях $P_1(0) = P_{10}, P_2(0) = P_{20}, P_3(0) = 0$.

Здесь под P_{10} понимается "доля" освоенного материала лекции после ее завершения, а под P_{20} - вероятностная характеристика готовности студента к семинару после завершения лекции, зависящая, очевидно, от P_{10} . К моменту завершения лекции "доля" выполненного домашнего задания равна нулю. Под $N_{\bar{N}}$ понимается число часов, выделяемых на самоподготовку студента, и в том числе: $N_{\text{ОП}}$ - число часов на обработку лекций, $N_{\text{ПС}}$ - число часов на подготовку к семинарам, $N_{\text{ДЗ}}$ - число часов на выполнение домашних заданий.

В выражении для интенсивности обслуживания заявки i -го типа бу-

$$\mu_i(t) = (a_i - b_i \cdot t) \cdot \exp(-c_i \cdot t),$$

дем учитывать два процесса: освоение материала по мере "обслуживания заявки" и постепенное его забывание студентом со временем:

где a_i, b_i, c_i - некоторые коэффициенты.

Вероятность получения студентом оценки "отлично" свяжем с вероятностями выполнения всех трех видов заявок

$$P(5) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t).$$

Предположим, что оценку "не ниже хорошо" студент получит, если освоит материал лекции и либо подготовится к семинару, либо выполнит домашнее задание

$$P(\geq 4) = 1 - (1 - P_1(t) \cdot P_2(t))(1 - P_1(t) \cdot P_3(t)).$$

Вероятность получения оценки "хорошо" определим по формуле

$$P(4) = P(\geq 4) - P(5).$$

По аналогии, для получения оценки "не ниже удовлетворительно" будем считать достаточными либо подготовку к семинару, либо выполнение домашнего задания (авторы прекрасно понимают условность использования таких градаций, они выбраны только из соображений простоты, но, положила руку на сердце, недалеко от реально применяемых)

$$P(\geq 3) = 1 - (1 - P_2(t))(1 - P_3(t)).$$

Вероятность получения оценки "удовлетворительно" определим по формуле

$$P(3) = P(\geq 3) - P(\geq 4).$$

Рассмотрим две "стратегии" поведения студента. Первая подразумевает, что студент либо не посещает лекции, либо занимается на них посторонними вещами, например, готовится к семинару по другому предмету. В этом случае можно полагать, что вероятности P_{10} и P_{20} , отражающие степень усвоения материала в ходе лекции и степень готовности к очередному семинару по этой теме, равны нулю. Графики рисунка 2 иллюстрируют зависимости вероятностей получения студентом соответствующих оценок по четырехбалльной системе в зависимости от относительного времени, затрачиваемого на самоподготовку.

Эту характеристику определим по формуле

$$\bar{T}_{\bar{t}_c} = t / T_{\Sigma},$$

где t - реально затраченное студентом время на самоподготовку за определенный период (например, за неделю);

T - время, выделенное на самоподготовку в соответствии с учебной программой изучения дисциплины за этот же период (надо сказать, что сердца авторов всегда переполнялись гордостью за составителей учебных программ, способных с точностью до часа

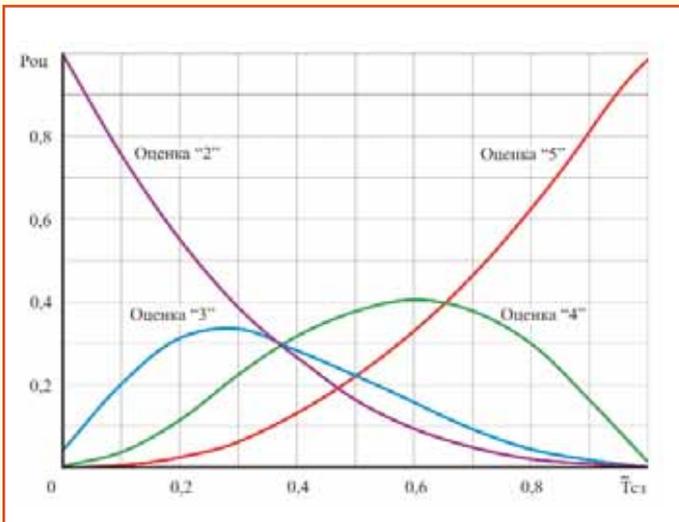


Рисунок 2 - Графики вероятностей оценок для студента, игнорирующего лекции

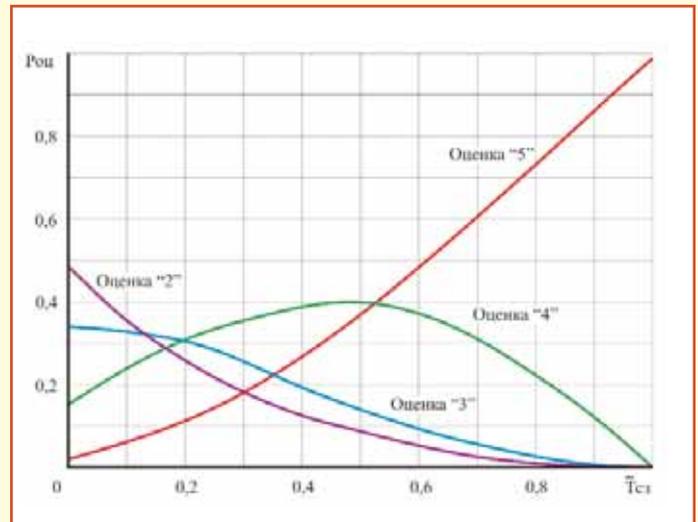


Рисунок 3 - Графики вероятностей оценок для студента, осваивающего материал на лекции с $P_{10} = 0,3$

определить время, необходимое для изучения темы, а также обосновать перечень необходимых тем и потребную глубину их изучения - и безошибочно сделать это для десятков ФГОС, предусматривающих изучение физики в технических вузах, для специалистов самых разных направлений; вот только сами программы оказываются удивительно похожими друг на друга...)

Однако вернемся к рисунку 2. Следует подчеркнуть, что изображенные на нем графики претендуют пока лишь на качественное отображение процесса усвоения знаний, поскольку они построены с использованием значений коэффициентов a_i, b_i, c_i , полученных путем опроса ряда экспертов (преподавателей вуза), а отнюдь не на основе обработки какого-то экспериментального материала. В связи с этим предполагалось, что T и в самом деле является тем "граничным" временем, которое достаточно для обработки среднестатистическим студентом заявок всех трех типов. Любопытный результат заключается в том, что если студент использует хотя бы половину из отпущенного ему времени на самоподготовку, то с вероятностью порядка 0,6 он получит оценку "хорошо" или "отлично".

Теперь рассмотрим другую стратегию поведения студента: он не пренебрегает лекциями, вникает в смысл сказанного преподавателем и как результат степень освоения материала после завершения лекции в среднем оценивается значениями $P_{10} = P_{20} = 0,3$. Графики рисунка 3 иллюстрируют зависимости вероятностей получения студентом соответствующих оценок по четырехбалльной системе в предположении, что все остальные параметры (a_i, b_i, c_i) не изменились.

Сразу видно, что даже при полном отсутствии времени на самоподготовку вероятность оценки "неудовлетворительно" снижается вдвое. Далее, оказывается, что усвоение материала лекции примерно на одну треть в процессе самого занятия способствует заметному росту вероятности хороших и отличных оценок. В частности, при использовании половины отведенного ресурса времени на самоподготовку суммарная вероятность получения оценки "хорошо" и "отлично" достигает значения 0,75. Если же студент окажется столь трудолюбивым, что затратит 80 % предусмотренного на самоподготовку времени, то оценка "отлично" у него в кармане с вероятностью 0,73.

Какие же выводы можно сделать, основываясь на результатах проведенного моделирования? Помимо вполне традиционных рекомендаций, предлагаемых студентам на протяжении многих веков (лекции нужно слушать и стараться усваивать материал; к занятиям надо готовиться), при желании можно обнаружить и несколько менее тривиальные вещи:

- если сильно ограничить предоставляемое студентам время на самоподготовку (скажем, втрое по сравнению с рекомендованным), переключив их на некие "более важные" мероприятия, то при отсутствии заинтересованности на лекции наиболее вероятными

итоговыми оценками становятся "неудовлетворительно" и "удовлетворительно";

- неоднородность потока заявок по различным дисциплинам (преподаватели которых из лучших побуждений стараются "научить студентов глубже понимать предмет" и потому дают им сложные домашние задания, требующие значительного времени для выполнения - большие μ_i) может оказать негативное влияние на качество знаний обучаемых по другим предметам;

- если при построении графиков (аналогичных приведенным на рисунках 2 и 3) использовать не экспертные оценки значений коэффициентов a_i, b_i, c_i , а величины, полученные путем статистической обработки экспериментальных данных, то впоследствии по распределению полученных студентами итоговых оценок можно будет судить о том, насколько полно удалось студентам использовать ресурс времени, выделенный на самоподготовку;

- полученные результаты еще раз убедительно иллюстрируют закон перехода количественных изменений в качественные. И гордый ответ студента на вопрос о причинах неудовлетворительного знания им определенного материала - "я работаю", рассматриваемый "де-факто" в качестве уважительной причины, на самом деле свидетельствует об огромной проблеме и ставит под вопрос саму возможность эффективного совмещения работы и учебы.

Главный вывод состоит в том, что на сегодня важнейшей проблемой при обучении физико-математическими дисциплинами в вузе являются налаживание эффективной самостоятельной работы студентов и организация постоянного контроля за этим процессом, для чего требуется существенное перераспределение временных ресурсов преподавательского состава (как вариант - создание института индивидуального кураторства над тремя-пятью студентами со стороны одного преподавателя, еженедельно встречающегося с "подопечными", выявляющего проблемы и способствующего их устранению; при этом трудозатраты на выполнение этой работы должны учитываться наравне с другими видами учебной нагрузки). **□**

Литература

1. Жукова Г.С., Комарова Е.В., Никитина Н.И. Технологии профессионально-ориентированного обучения. Учебное пособие. М.: РГСУ, 2012
2. Сыгодина М.В. Моделирование процесса обучения в высшем учебном заведении. Диссертация канд. техн. наук. - М., 2005
3. Дровникова И.Г. Микровременная модель процесса обучения. // Информация и информационная безопасность правоохранительных органов. Сб. трудов XVIII междунар. конф. 19-20 мая 2009 г.
4. Петров Ю.И. Некоторые подходы к моделированию учебного. // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. Выпуск 7. Иркутск, 2009

Связь с авторами: bearam08@mail.ru