

**ВОПРОСЫ
ОПТИМИЗАЦИИ
ОБУЧЕНИЯ**

Д

Министерство высшего и среднего специального образования
Латвийской ССР
Латвийский ордена Трудового Красного Знамени
государственный университет имени Петра Стучки
Физико-математический факультет

ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Выпуск I

Сборник научно-методических работ



Латвийский государственный университет им. П.Стучки
Рига 1976

В настоящий сборник включены статьи по проблеме "Школа-ВУЗ", онтодидактическим исследованиям основных курсов математики и некоторым вопросам организации учебного процесса. В работах, опубликованных в этом сборнике, рассмотрены некоторые теоретические и практические вопросы педагогики высшей школы. Сборник рассчитан на преподавателей ВУЗов, работающих в области применения методов программированного обучения и технических средств.

Редакционная коллегия:

Э.П.Шилтер (отв.ред.)

У.К.Гринфельд

Д.В.Дамберга

Печатается по решению редакционно-издательского совета
ЛГУ им.П.Стучки от 28 ноября 1976 года

© Латвийский государственный университет, им.П.Стучки, 1976

В 2020I-001y 2I5-76
М 8I2(II)-76

gvinho

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ "АБИТУРИЕНТ"

А.С. Режеп

Ежегодно в ВУЗы страны для сдачи приемных экзаменов направляются десятки тысяч молодых людей. Контингент поступающих различен по возрасту, уровню подготовки, психологическим и физическим возможностям и прочее. Однако около 80-90 процентов поступающих в ВУЗы составляют выпускники средних учебных заведений и школ, окончившие их либо в год поступления в ВУЗ, либо имеющие перерыв в учебе в 1-2 года.

Подготовка к поступлению в ВУЗ происходит в ограниченные по времени сроки /чаще всего в течение двух-трех летних месяцев/ и ведется или самостоятельно, или с помощью репетиторов, либо через подготовительные курсы, организованные при ВУЗе.

В последнее время появилась новая форма подготовки в ВУЗ - подготовительные отделения, работающие на правах отдельных факультетов. Слушатели этих отделений фактически являются студентами "нулевого" курса и обеспечиваются общежитием, стипендиями и т.д. Подготовительные отделения представляют собой новую, безусловно, прогрессивную форму целенаправленной подготовки молодежи не только к сдаче вступительных экзаменов, но и к самой учебе в ВУЗе.

Процесс подготовки молодого человека к поступлению в ВУЗ и его профессиональной ориентации должен начинаться еще в средней школе. Целью этой подготовки является не только сдача вступительных экзаменов /что, безусловно, очень важно/, но и развитие у молодого человека навыков к самостоятельной, целенаправленной, систематической работе, напряженному творческому труду. Такая постановка работы в подготовительный период может способствовать сокращению контингента студентов в ВУЗах, уменьшению отсева на первых двух курсах и в конечном итоге, к подготовке квалифицированного специалиста. К сожалению,

в педагогической литературе недостаточно уделяется внимания анализу этого чрезвычайно важного этапа деятельности в жизни молодого человека. Принимая во внимание, что в последние годы система подготовки школьников к поступлению в ВУЗы приобрела массовый характер, для ее исследования и организации необходимы новые методы и подходы.

Одним из таких подходов является системный подход. Суть системного подхода заключается в том, что процесс подготовки специалиста рассматривается как сложная система. Традиционные методы изучения систем дают недостаточные результаты по двум причинам:

Во-первых, основной метод научного исследования — классический анализ систем — предполагает расчленение сложного целого на более простые составные части, изучение свойств этих простых частей и синтез свойств сложной системы путем композиции свойств простых частей.

Сущность этого подхода заключается в том, что "целое есть сумма его частей". Однако с ростом сложности и масштабов систем, они обнаруживают свойства и поведение, не вытекающие из свойств и поведения составляющих их подсистем.

Во-вторых, аппарат конкретной теории дает одностороннее описание сложной системы. Существуют достаточно разработанные теории надежности, точности, массового обслуживания и т.п., которые позволяют определить весьма важные, но тем не менее отдельные характеристики системы. Однако потребности практики, в частности, задача синтеза и анализа систем управления и принятия решений в сложных системах требуют разработки методов описания системы как единого целого, а не отдельных ее характеристик и свойств. Это и есть основной принцип системного подхода.

Практика исследования системы как целого, а не конгломерата частей соответствует тенденции современной

науки не изолировать исследуемые явления, а изучать их во взаимодействии. Ряд общих идей, положенных в основу методологии системного подхода, мы находим в ленинском наследии по проблемам управления общественным производством. При разработке современных методов управления еще раз подтверждается основополагающее значение диалектико-материалистического подхода к изучению общественных процессов и явлений, сформулированного и развитого марксистско-ленинской философией и экономической наукой.

В.И. Ленин, обосновывая принципы и методы управления, рассматривал общество как сложный организм, как динамическую целостную систему. В ряде его работ показана необходимость изучения явлений и объектов управления в их единстве и взаимосвязи, в их целостности, содержится немало указаний на возможность применения по существу такого подхода к вопросам управления хозяйством, который в настоящее время определяется как системный.

Ленин писал: "Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и "опосредствования". (В.И. Ленин, Полн. собр. соч. т. 42 стр. 290)

Возникнув на основе общей теории систем, системный анализ быстро впитал в себя достижения многих родственных и смежных областей и превратился в самостоятельную, богатую формами и областями приложений научную и прикладную дисциплину.

Системный анализ определяется, вообще говоря, как некоторое исследование, преследующее цель помочь руководителю в принятии решений при проектировании или использовании сложной системы, путем количественного изучения задач системы, ее качества или качества альтернативных вариантов, интерпретации результатов функционирования /моделирования/ и т.п.

Предметом системного анализа является разработка методов повышения целенаправленности, результативности

всей деятельности по созданию и использованию сложных систем. Это достигается внедрением в практику проектирования и эксплуатации систем некоторых, вытекающих из системных представлений, операций и соответствующего им математического аппарата и аппарата моделирования. Конечной целью системного анализа является достижение соответствия между поставленными целями и результатами функционирования систем.

Данная статья представляет собой попытку системного подхода к некоторым вопросам методики преобразования выпускника средней школы, которого условно назовем "школьником", в "абитуриента". Понятие "абитуриент", в отличие от традиционного, будем приписывать не каждому, кто подал документы в ВУЗ, а человеку, знания и умения которого соответствуют требованиям, предъявленным ВУЗом к поступающему.

В настоящее время можно четко выделить две системы, которые условно назовем "Школа" и "ВУЗ".

Однако, между этими системами, реально функционирует промежуточная система, которая выражена значительно слабее систем, указанных выше.

Условимся считать, что промежуточная система включает в себя все реально функционирующие способы подготовки школьников к вступительным экзаменам в ВУЗ /курсы, консультации, репетиторов, самостоятельную подготовку/. Эта система, преобразующая "школьника" в "абитуриента", будет нами условно названа - система "АБИТУРИЕНТ".

Связь этой системы с системами "Школа" и "ВУЗ" представлена на рис. I.

Характеристика любой системы включает характеристику входа системы, ее выхода и целей функционирования. Так как вход системы "АБИТУРИЕНТ" одновременно является выходом системы "ШКОЛА", а ее выход - входом в систему "ВУЗ", то нас будут интересовать характеристики выхода и целей системы "ШКОЛА" и характеристика входа системы "ВУЗ".

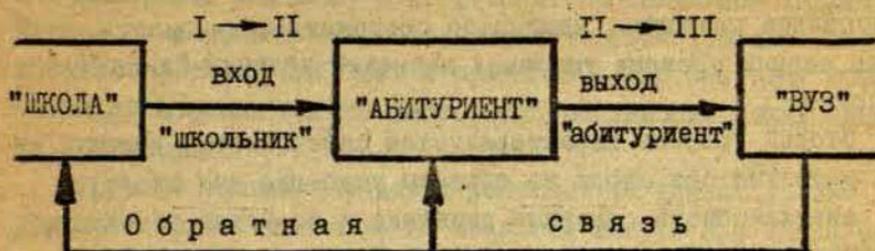


Рис. 1.

Приступая к их рассмотрению, следует отметить, что в качестве этих характеристик нужно выбрать такие, которые определяли бы степень овладения учебным материалом и поддавались бы измерению.

В качестве таких характеристик возможно использование трех типов ориентировочной основы действия, разработанной в трудах П.Я.Гальперина [3], А.М. Леонтьева [4], Н.Ф.Талызиной [5]. Однако, наиболее формализованными характеристиками, а, следовательно, поддающимися измерению, являются уровни усвоения, введенные В.П.Беспалько, определяемые им как "определенное качество деятельности, возможное на основе усвоения данной информации" [1], которые и будут использованы нами в качестве характеристик системы.

По определению В.П.Беспалько первый уровень усвоения характеризуется тем, что учащийся способен узнавать ранее изученные объекты и способы деятельности на основе внешне воспринимаемых признаков с помощью невооруженных органов чувств и без развитой операторной деятельности.

Например, способность учащегося узнать по формулировке первый закон Ньютона является деятельностью первого уровня усвоения, а фиксирование наступления состояния невесомости по отсутствию натяжения нити маятника, дея-

тельность более высокого уровня, ибо степень вытяжения нити маятника выступает в этом случае как контрольно-измерительное средство, индикатор состояния невесомости. Часто первый уровень усвоения называют уровнем "знаний-знакомств".

Второй уровень характеризуется способностью выполнять действия без опоры на объекты усвоения или инструкцию, анализировать основные признаки и свойства объектов, их характеристики, воспроизводить возможные операции действий на широком классе объектов в любой форме, анализировать возможные исходы действий при различном составе компонентов действия.

Второй уровень предполагает у учащегося присутствие навыков к "репродукции", т.е. способности воспроизводить формулировки законов и правил, знать границы и условия при которых они справедливы, уметь ориентироваться в стандартных ситуациях, знать и уметь использовать алгоритмы решения типовых задач, анализировать полученные результаты.

Третий уровень усвоения характеризуется как уровень "знаний-умений", т.е. предполагает, что учащийся овладевает умениями применять усвоенную информацию в практической сфере для решения широкого класса задач и получения новой информации. Деятельность этого уровня характеризуется способностью к трансформации усвоенных алгоритмов действия к классу эквивалентных задач на основе использования усвоенного на втором уровне образца деятельности /I/. Достижение этого уровня усвоения связано со способностью учащегося трансформировать стандартные алгоритмы для решения нестандартных задач.

На характеристике четвертого уровня усвоения, который нами не будет использован, не останавливаемся.

Уровни усвоения являются не формализованными характеристиками, ибо результат их измерения зависит от того,

кто измеряет, и в силу этого, носят субъективный характер. Можно, однако, считать, что оценки уровней усвоения являются экспертными оценками и применив к ним методику обработки экспертных оценок фактор субъективности можно свести к минимуму.

Обычно оценка параметра усвоения на данном уровне усвоения производится по пятибалльной шкале. При такой системе возникают определенные трудности в дифференцированной оценке качества усвоения на соответствующих уровнях усвоения.

Здесь представляется целесообразным использование девятибалльной шкалы, при которой определенному качеству усвоения на заданном уровне усвоения соответствовал бы свой оценочный балл. Девятибалльная шкала является модификацией двенадцатибалльной шкалы [1]. Кроме того, девятибалльная шкала была бы удобней при выборочных статистических исследованиях.

Выбрав уровни усвоения за основную характеристику постараемся выяснить, на каком уровне усвоения находится школьник после окончания средней школы.

Цели, преследуемые школой сформулированы в Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20 июня 1972 года: "Советская школа должна давать молодежи прочные знания о законах природы и общества, формировать марксистско-ленинское мировоззрение, воспитывать стремление молодежи к активной трудовой и общественной деятельности, беззаветному служению социалистической Родине, преданности идеям коммунизма".

Исходя из этих целей, очевидно, что они не включают требование подготовки школьников к поступлению в ВУЗ.

Правда, достаточно часто работа средней школы оценивается числом выпускников, поступивших в ВУЗы. Однако этот критерий является неофициальным и не вытекает из Постановления.

Кроме того, возможности массовой школы в обучении учащихся, даже при наличии квалифицированных педагогов, хороших учебников, наглядных пособий, предметных кабинетов и пр. определяются принципиальными возможностями существующей в средней школе дидактической системы /1/.

Принципиальность ограничений, накладываемых на возможности конкретной педагогической системы, становятся очевидными, если учесть, что поставленные перед педагогическим процессом цели, выбор и выдерживание оптимального пути для достижения этих целей возможны только путем создания вполне определенной системы управления этим процессом, т.е. педагогической системы.

Если педагогическая система соответствует целям и задачам педагогического процесса, то эти цели и задачи достигаются и решаются с наименьшими затратами сил, времени, энергии педагога и учащегося.

Если педагогическая система не соответствует поставленным целям и задачам, бессмысленно требовать от нее решения этих задач и достижения поставленных, принципиально недостижимых ей, целей.

Педагогическая система как система управления педагогическим процессом может быть разомкнутой и замкнутой, а вид информационного процесса, воздействующего на учащегося - рассеянным и направленным.

Примером разомкнутого процесса может служить работа учащегося с обычной учебной книгой. Считается, что если у учащегося не возникает вопросов, то информация им усваивается. Часто ученик не может самостоятельно найти выход из возникших трудностей и задает вопрос учителю (создает внешнее возмущение). Учитель объясняет грудное место и ждет следующего внешнего возмущения, чтобы приняться за объяснение. При разомкнутом процессе не ставится задача диагностики промежуточных состояний управляемого объекта (ученика). Часто ученик считает, что ему "все понятно", т.е. он находится под воздействием "иллюзии знаний", не задает вопросов и при этом считается, что систе-

ма обучения достигает намеченной цели, т.к. внешних возмущений нет. Совершенно очевидно, что такой вывод лишен всяких оснований.

Замкнутое или циклическое управление предполагает постоянное слежение за выходными характеристиками системы и коррекцию их в случае отклонения при сравнении с ранее выработанным эталоном. Такой вид управления чаще всего реализуется на семинарских занятиях, когда преподаватель следит за ответами учащихся, корректирует и дополняет их. Циклическое управление требует наличия глубокой обратной связи, делающей работу любой системы более надежной и правильной.

В рассеянном информационном процессе информация от источника /учителя/ к приемнику /ученику или группе/ передается без адреса, в надежде, что приемник воспринимает ее.

Примером рассеянного информационного процесса может служить лекция в ВУЗе, когда преподаватель надеется, что его слушают, а студенты в это время управляют своей деятельностью как им заблагорассудится. Рассеянный информационный процесс ведет по образному выражению К.Д.Ушинского к тому, что учащиеся сидят на занятиях "без дела в руках и без мысли в голове", приобретая "гнусную привычку оставаться целые часы, ничего не делая и ничего не думая".

Попытки же преподавателя проконтролировать работу студентов во время лекции считаются проявлением "дурного тона", возвращением к "школьным методам".

В направленном информационном процессе информация из источника /учителя/ направляется по строго определенному адресу с учетом особенностей и возможностей последнего.

Следует добавить, что управление процессом обучения может вестись "вручную", когда педагог сам осуществляет общение с учащимися, и "автоматически" - с помощью учителя.

Приведенные характеристики систем управления познавательной деятельностью, скомпонованные в различных комбинациях, образуют восемь, так называемых монодидактических систем: 1/ классическую, 2/ групповую аудиовизуальную, 3/ консультант, 4/ учебник, 5/ малую группу, 6/ автоматизированный класс, 7/ репетитор, 8/ адаптивные устройства программного управления [1]. Не анализируя возможности указанных монодидактических систем, отметим, что в подавляющем большинстве средних школ функционирует современная дидактическая система, представляющая совокупность моносистем 1+2+4 /1/ /дидахография с привлечением средств свето-звуконеглядности/.

"Дерево" этой системы управления познавательной деятельностью учащихся показано на рис. 2.

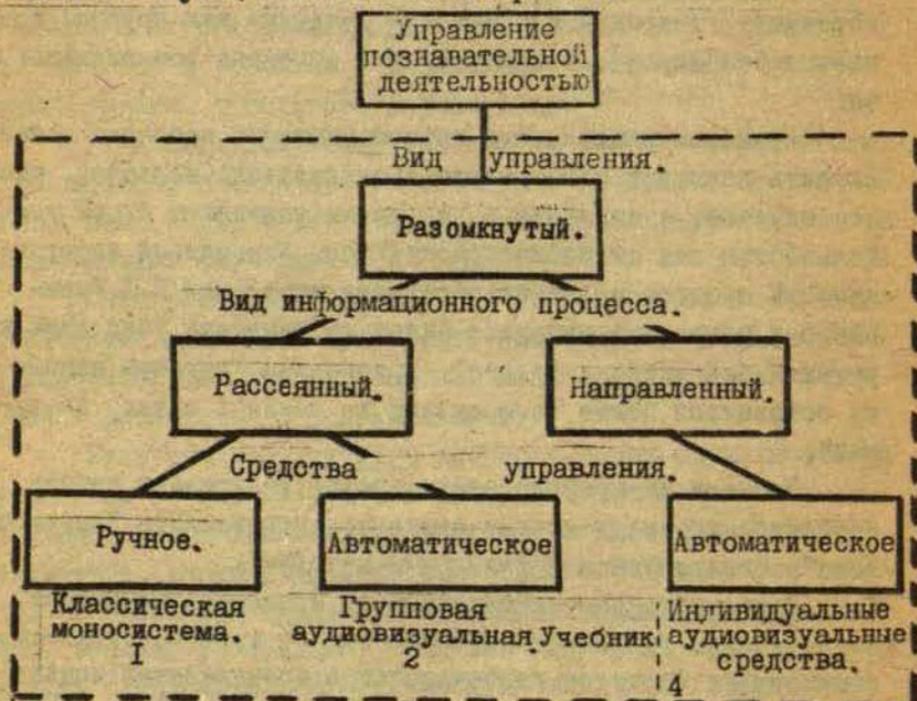


Рис. 2.

Опираясь на закон принципиальных возможностей дидактических систем /1/, необходимо констатировать, что

возможный уровень усвоения школьником полученных знаний после окончания школы /в результате функционирования "современной" дидактической системы/ может быть в интервале между первым и вторым /ближе ко второму/ I → 2 уровнями усвоения.

Когда мы говорим о "принципиально возможных уровнях усвоения", то имеем в виду уровень усвоения, на котором находится основная масса учеников, обучающихся в этой системе.

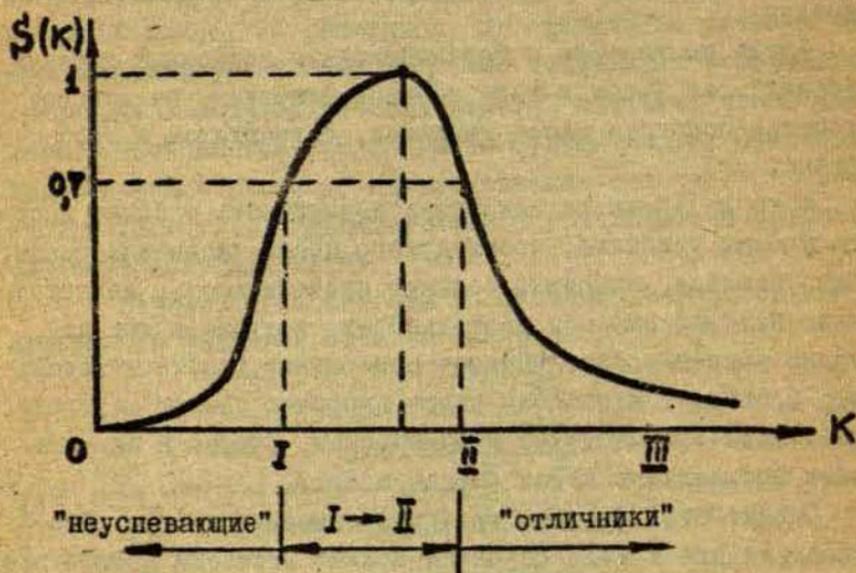
В то же время не исключена возможность и более высокого уровня усвоения, достигнутого после окончания школы, когда учащийся, проявляя большую настойчивость, самостоятельно находит способы деятельности, ведущие к высоким уровням усвоения /продумывает содержание текста читаемых книг, проверяет насколько полно и прочно усвоен материал, решает задачи, участвует в олимпиадах, учится в заочных школах при ведущих ВУЗах страны и пр./.

Однако этот процесс является самоуправляемым. Возникновение его в ходе обучения должно всячески поощряться, но в современной дидактической системе он появляется стихийно и является не следствием, а случайным попутным продуктом.

Добавим, что в существующей в школе современной дидактической системе, как во всякой системе управления с вероятностным выходом, объективно функционирует "нормальный" закон распределения учащихся по уровням усвоения. Основная масса учеников приобретает I → 2, кстати, достаточно высокий уровень усвоения, а остальные имеют уровни ниже первого или выше второго. Вероятность появления "отличников" /с уровнями усвоения выше второго/ приблизительно равна вероятности появления "двоечников" /с уровнем усвоения ниже первого /рис.3/.

Существующая в средних школах система методических и организационных мероприятий /если они проводятся в рамках современной дидактической системы/ несколько смещает

максимум кривой /рис. 3/ вправо, но не может существенно повлиять на средний уровень усвоения.



где K - уровни усвоения;
 $S(K)$ - функция распределения учащихся по уровням усвоения.

Рис. 3.

Сказанное выше позволяет сделать вывод, что на входе системы "АБИТУРИЕНТ" /рис. 1/ имеем школьника, уровень знаний которого находится между первым и вторым I → II /ближе ко второму/ уровнями усвоения.

Абитуриент является одновременно выходом системы "АБИТУРИЕНТ" и одним из входов в систему "ВУЗ". В силу этого вузовская специализация накладывает на абитуриента определенные требования, вытекающие из ее специфики, т.е. "контингент поступающих" является одной из характеристик,

определяющих качество подготовленного специалиста.

ВУЗ требует от абитуриента умения ориентироваться в околостандартных или нестандартных ситуациях, анализировать явления и делать выводы, проявлять элементы творческого подхода к решению задач /проблем/ и т.д., т.е. требует от него деятельности, адекватной второму-третьему уровням усвоения.

Требование 2 → 3 уровней усвоения особенно проявляется на письменных экзаменах, где абитуриент поставлен в проблемную ситуацию и должен самостоятельно найти решение поставленной перед ним проблемы.

На устном экзамене для облегчения выхода испытуемого из проблемной ситуации экзаменаторы часто прибегают к "наталкивающим" приемам, системе наводящих вопросов, фактически подсказывающих выход из ситуации, облегчающих решение задачи. В этом случае экзаменатор вмешивается в процесс "самостоятельной" работы и тестирование знаний испытуемого производится уже не в интервале 2 → 3 уровней усвоения, а на более низких уровнях.

Тот факт, что в подавляющем большинстве ВУЗов приемные экзамены по физике и математике проводятся в письменной форме, позволяет утверждать, что на выходе системы "АБИТУРИЕНТ" должен находиться абитуриент с уровнем знаний между вторым и третьим /ближе к третьему/ уровнями усвоения /2 → 3/.

Подводя итог сказанному, мы приходим к выводу, что при одном и том же объеме учебного материала, который дается школой и требуется ВУЗом, от школьника на приемных экзаменах требуется более высокий уровень владения этим материалом.

Рассмотрение входных и выходных характеристик системы "АБИТУРИЕНТ" и самой системы, как преобразователя входных характеристик системы в выходные, позволяет сформулировать проблему, которая заключается в том, чтобы за ограниченный промежуток времени преобразовать "школьника"

находящегося на I → 2 уровнях усвоения, в "абитуриента",
находящегося на 2 → 3° уровнях усвоения.

Одной из реализаций системы "АБИТУРИЕНТ" являются подготовительные курсы, работающие при ВУЗах.

Следует иметь в виду, что слушатели подготовительных курсов после окончания средней школы имеют, как правило, достаточно низкий уровень усвоения / первый или ниже первого/, слабые навыки к самостоятельной работе, многие травмированы неудачными попытками поступления в ВУЗ. Кроме того, в подавляющем своем большинстве эти курсы работают по той же современной дидактической системе, которая повторяет систему обучения в средней школе и не формирует требуемых высоких уровней усвоения.

В силу этого подготовительные курсы либо не решают проблему, либо достигают некоторого результата с большими затратами времени и малой эффективностью.

Весьма распространенная в последнее время система репетиторства при всех своих достоинствах обладает существенным недостатком: она носит частный характер, непригодный в условиях массового обучения.

Реализацию системы "АБИТУРИЕНТ", т.е. решение проблемы формирования умений и навыков, необходимых для надежной сдачи вступительных экзаменов, мы видим во внедрении в средней школе более мощной дидактической системы, обеспечивающей высокие /II — III/ уровни усвоения. Такой дидактической системой является программированная система обучения.

Программированная система является системой комбинированной, состоящей на этапе внедрения по нашему представлению из современной дидактической системы, функционирующей в средней школе, и моносистем "репетитор" и адаптивных устройств программного управления, имеющая формулу $I + 2 + (4 + 8) + 7$ /рис. 4/.

Предлагаемая дидактическая формула $I+2+(4+8)+7$ в

отличие от формулы $I+2+7+8$ [I], реализует системный принцип "отрицания старой системы при внедрении новой", не подвергая коренной ломке современную дидактическую систему средней школы. Усиление "мощности" системы управления педагогическим процессом происходит путем введения в учебный процесс адаптивных устройств программного управления.

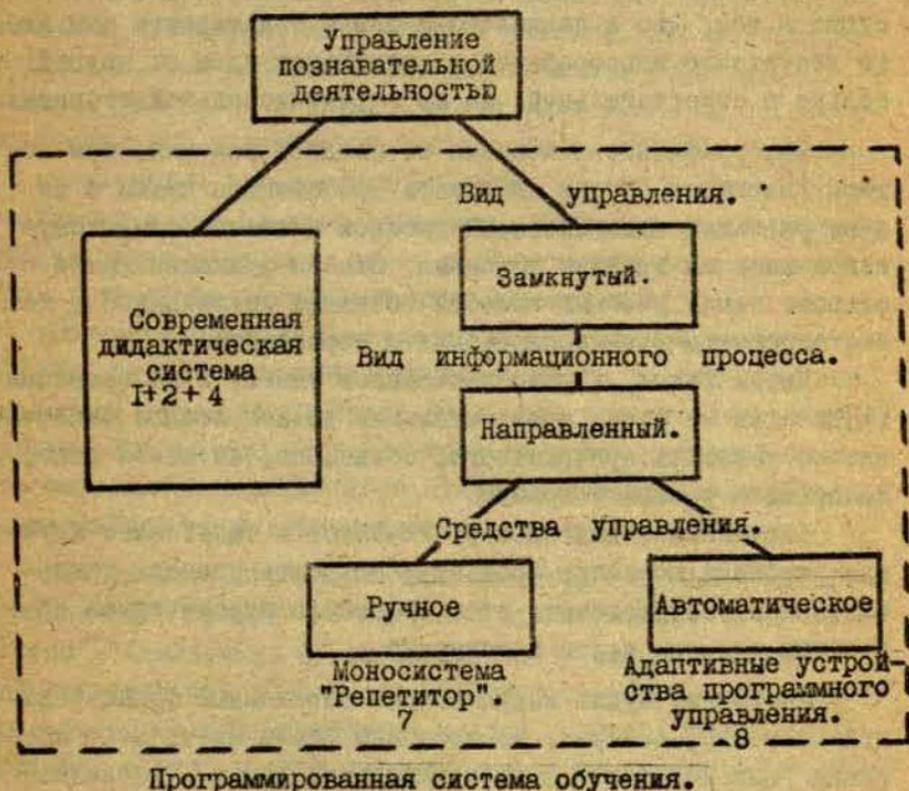


Рис. 4.

Адаптивные устройства программного управления представляют собой в системе "АБИТУРИЕНТ" комплекс учебных



пособий с полной определенностью задающих учебную процедуру, необходимую для достижения заданной учебной деятельности / в нашем случае для формирования 2 → 3 уровней усвоения/. В этот учебный комплекс кроме обычных /опорных/ школьных учебников должны входить программированные учебные пособия и сборники тестов соответствующих уровней. Недостаточность обычных учебников /пособий для поступающих в ВУЗы/, независимо от квалификации автора, состоит в том, что в подавляющем своем большинстве эти книги достаточно монографичны и отличаются одна от другой только с содержательной, но не с функциональной стороны.

Монографичность пособия не создает условий, при которых школьник обязан следовать требованиям книги и не дает указаний к собственной учебной деятельности, ведущей к высоким уровням усвоения. Слабая функциональная сторона таких учебных пособий обедняет заключенные в тексте алгоритмы функционирования и управления.

Читая такие, хорошо написанные книги, и не встречая трудностей на своем пути, школьник делает ложное заключение об усвоении прочитанного, оставаясь, на самом деле, на прежнем уровне усвоения.

Безусловно, длительное, глубокое и тщательное изучение учебника позволит школьнику повысить уровень усвоения, однако осуществить этот процесс в ограниченном промежутке времени часто невозможно.

Школьнику нужна книга с ярко выраженной функциональной стороной, которая, не добавляя объем изучаемого материала /или делая это в незначительных дозах/, увеличивала бы полноту понимания изучаемого материала, научила бы школьника пользоваться этим материалом на более высоком уровне усвоения, т.е. явилась бы для него своеобразным тренажером новых умений и навыков.

Такой книгой может стать программированное учебное пособие.

Программированное пособие и учебник, работающие в единстве, образуют своеобразный учебный "тандем".

Учебник сообщает школьнику необходимую информацию: историю развития идей, теоретические принципы, экспериментальные факты, формулировки правил и законов, формулы, зависимости и т.д. Учебник стройно и логично излагает школьнику материал в полном объеме программы.

Программированное пособие не ведет систематическое изложение материала, не дублирует учебник. Оно подчеркивает условия, при которых справедливы те или иные законы, правила, уравнения и случаи, когда применение их невозможно; показывает характерные, стандартные, ошибки, допускаемые школьниками в различных разделах курса. Указывает, какие навыки и как следует развивать. Формулирует алгоритмы решения задач различных типов и на многообразных примерах ведет тренинг по применению этих алгоритмов.

Основной принцип программированного пособия: не дать возможности школьнику продвинуться вперед до тех пор, пока учебный материал не будет им твердо усвоен на соответствующем уровне /естественно при этом, что, работая с книгой, школьник проявляет абсолютную внутреннюю честность и не отходит от программы действий, задаваемой книгой/.

Внедрение программированных пособий в средней школе, не увеличивая времени на изучение предмета, делает учебный процесс - замкнутым, а информационный - направленным. Преподаватель при этом имеет возможность непрерывно диагностировать степень овладения каждым учеником учебным материалом, а это, в свою очередь, ведет к высоким (2 - 3) уровням усвоения.

Второй компонентой адаптивных устройств программного управления, как было отмечено выше, являются учебные тесты.

Тесты, по нашему представлению, должны играть двойную роль: с одной стороны, это средства непрерывного дос-

тижения и тренинга новых умений и навыков в процессе поэтапного формирования деятельности, с другой - с помощью тестов школьник может самостоятельно достаточно надежно определить достигнутый уровень усвоения. Тесты могут быть широко использованы, как в учебном процессе в средней школе, так и при самостоятельной подготовке школьника к вступительным экзаменам.

Под тестированием / *test* - проба, испытание/ понимают операцию, состоящую из учебного задания и эталона. Эталон представляет собой полный и правильный ответ с указанием всех операций теста. Тест, не имеющий эталона, "превращается в обычное контрольное задание, решение о выполнении которого подвержено иллюзиям глазомера и субъективного суждения" [1]. С системных позиций тесты являются тем аппаратом, который позволяет осуществить количественную оценку достигнутых уровней усвоения.

К тестам вообще, и к учебным тестам в частности, предъявляются требования адекватности /функциональной валидности/, простоты, наглядности, однозначности и надежности.

Под адекватностью теста понимают точное соответствие содержания задаваемой тестом пробы, смыслу и содержанию выявляемого признака, т.е. если тестируется II уровень деятельности, то задания, предлагаемые в тесте, должны быть разрешены только в ходе деятельности II уровня и не разрешимы путем использования деятельности более низкого уровня.

Под содержательной стороной теста /валидность/ - понимают соответствие теста содержанию опыта, усвоенного учащимся, т.е. задания, предлагаемые в тесте должны быть безусловно разрешаемы учащимся на основе опыта предыдущего обучения.

Простота и наглядность теста состоят в том, что тест должен быть предельно четко сформулирован, не иметь двояких толкований. Понятие "простоты" неадекватно понятию "легкости

выполнения". Простой тест - задание которого ограничивается одной задачей данного уровня. В противном случае тест может быть комбинированным и сложным.

Однозначность теста означает, что в оценке качества выполнения теста не может быть противоречий. Отсюда следует, что тщательно должен формулироваться не только текст задания, но и текст эталона.

Однозначность теста не нарушается, если в эталоне существует несколько правильных вариантов. Последнее условие заставляет обучающегося просмотреть все предложенные варианты решений до конца или продумать возможные варианты правильных решений.

Параметром, по которому можно судить о качестве выполненной учащимися деятельности, является существенная операция теста.

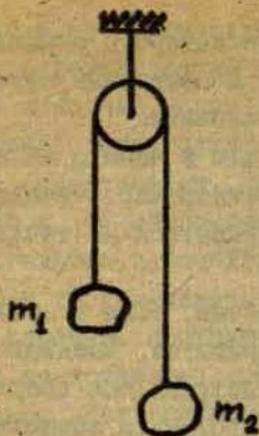
Под операцией теста понимают одно или несколько взаимосвязанных действий, которые испытуемый должен применить к условию теста, чтобы разрешить его.

Под существенной операцией теста понимается только та операция, которая отражает цель проверочной процедуры.

Надежность теста состоит в устойчивости последовательности результатов тестирования одного и того же испытуемого [1].

Использование тестов в учебном процессе начинается с формирования $I^{Г0}$ уровня усвоения. Чаще всего здесь используются избирательные тесты, представляющие собой задание в словесной или графической форме с набором ответов. Сопутствующий правильному ответу набор неверных вариантов преследует не количественную, а качественную сторону. Все ответы должны быть правдоподобны, содержать характерные неточности и стандартные ошибки, сознательно создавать "помеху" при решении теста.

Типичным тестом $I^{Г0}$ уровня может быть следующий избирательный тест /рис. 5/:



$m_1 > m_2$, трением и массой блока пренебречь, нить нерастяжима.

Сила натяжения нити:

а/ слева $m_1 g$, справа $m_2 g$

б/ слева и справа одинакова и равна $m_1 g + m_2 g$.

с/ слева и справа одинакова и равна $\frac{m_1 g + m_2 g}{2}$

д/ слева $m_1 (g - a)$, справа $m_2 (g + a)$

Рис. 5.

Реализация существенной операции теста возможна, если предшествующим тестированием у школьника сформированы представления о силе тяжести, весе, зависимости веса от ускорения, влиянии на предлагаемую модель /рис.5/ трения, массы блока, нерастяжимости нити.

Тесты второго уровня усвоения могут быть выполнены в виде тестов-подстановок, в тексте которых пропущено слово, фраза, формула или другой элемент теста.

Например: Уравнение работы $A = F S \cos \alpha$ справедливо при а/ ... ($F = const$)... б/ ($\alpha = const$)... или в виде конструктивных тестов вида:

"Невесомость - это /формулируйте сами/". Предложенный тест /рис. 5/ для выявления II уровня усвоения может быть сформулирован в виде:

"Пользуясь понятием веса, напишите уравнения для сил, с которыми массы m_1 и m_2 растягивают нить".

В качестве тестов этого уровня могут также быть предложены тщательно отобранные преподавателем достаточно сложные, но типовые задачи, решение которых можно вести по стандартным алгоритмам.

В качестве тестов 3 уровня можно использовать либо конструктивные тесты, требующие анализа и обобщений, либо нестандартные задачи, решение которых требует трансформации усвоенного на втором уровне алгоритма решения типовых задач [6].

Тесты каждого уровня пишутся по всем разделам изучаемого курса и в виде сборников тестов или картотеки диалогов должны быть доступны каждому учащемуся.

Давать рекомендации о количестве тестов трудно, т.к. это зависит от объема курса и степени его детализации. Отметим только, чем подробнее тестирован курс, чем лучше продуман порядок усложнения тестов, тем выше результат обучения. По рекомендациям Тализиной Н.Ф. каждый элемент курса должен тестироваться 5 - 6 раз и только после этого может считаться твердо усвоенным [7].

Системный подход диктует тестам наглядную, модельную форму.

Тест должен быть представлен школьнику в виде образно поставленной маленькой проблемы, при постановке которой используются ограничения и условности, отличающие модель от реальной ситуации.

Ценность модели, формализующей сложную ситуацию, в выделении главного, основного, определяющего признака, в освобождении ее от шелухи помех, влияющих на тонкости, нюансы явления, но в данной ситуации мешающих исследованию.

"Модель не полна, т.е. не воспроизводит жизнь полностью, а отражает лишь ее наиболее важные, существенные стороны. Модель ущербна, свернута по сравнению с оригиналом, но именно это делает ее наглядной и удобной для использования, т.е. проигрывания действительных событий

жизни; модель динамична и гибка" [8].

Модельный характер тестов развивает у учащихся пространственное воображение, навыки построения рисунков, графического изображения ситуации по словесному условию задачи, что по нашему мнению, является одним из кардинальных навыков, необходимых школьнику, т.к. при этом он не только более наглядно представляет ситуацию, но и достигает большего: по мгновенному снимку динамического явления, каким является рисунок, ясно представляет ситуацию в целом.

Главная трудность при использовании метода тестирования заключается в том, что суждение о проделанной работе может быть составлено только по конечному результату в виде правильно или неправильно найденного ответа.

Эта трудность преодолевается тщательным подбором тестовых заданий по отработке стандартных алгоритмов и применению их в тестах высоких уровней.

Тесты оживляют учебный процесс, придают ему яркий, эмоциональный, игровой характер. Однако, предлагаемые игровые ситуации требуют для своего решения определенных знаний, умения, навыков, т.е. владения "правилами игры", а кроме этого, упорства, внимания, настойчивости и собранности. Школьникам постоянно следует объяснять, что нельзя переходить к более сложным тестам, не выполнив простых, что уровень притязаний должен соответствовать уровню достижений. Учащийся не может решить задачу или тест, если он не овладел алгоритмами решений и принимается за них только исходя из высокой престижности и желания решить.

В заключение следует отметить, что работа с тестами резко усиливает интенсивность работы школьников, т.к. в каждом случае время на решение теста строго ограничивается, развивает у школьников инициативу, сообразительность, активность мышления.

Достигнутый в результате тестового тренинга уровень

усвоения оценивается по параметру усвоения

$$K_{\alpha} = \frac{a}{p},$$

где α - индекс уровня усвоения,
 a - число правильно решенных тестов,
 p - общее число предложенных тестов.

При самостоятельной подготовке к вступительным экзаменам можно считать первый уровень усвоения достигнутым, если школьник правильно решает 90% предложенных тестов I уровня ($K_I = 0,9$). В этом случае он переходит к тестам 2 уровня, и при достижении $K_{II} = 0,9$ переходит к тестам 3 уровня, где процедура повторяется.

При внедрении тестов в учебный процесс в средней школе можно пользоваться обычной пятибалльной шкалой измерений /таблица I/, которая в этом случае становится достаточно детерминированной и более гибкой для суждения об успеваемости по каждому уровню.

Таблица I

	0,9-1	0,8-0,9	0,7-0,8	менее 0,7	Примечание
K_{α}	Оценка по пятибалльной шкале /в скобках оценка по девятибалльной шкале/				
K_I	5 (3)	4 (2)	3 (1)	2 (0)	При $K_I < 0,7$ считают, что I уровень находится в процессе формирования.
K_{II}	5 (6)	4 (5)	3 (4)	2 (0)	При $K_{II} < 0,7$ учащийся вновь подвергается тестовым пробам I ^{го} уровня
K_{III}	5 (9)	4 (8)	3 (7)	2 (0)	При $K_{III} < 0,7$ учащийся вновь подвергается тестовым пробам II ^{го} уровня

Недостатком используемой шкалы оценок является то, что одним и тем же оценочным баллом преподаватель вынужден оценивать деятельность учащегося и на первом и на третьем уровнях усвоения.

Более универсальной является девятибалльная шкала, принцип которой ясен из таблицы I и которая с успехом может применяться преподавателем как рабочая шкала оценок, но, к сожалению, не трансформируется в пятибалльную шкалу.

Важную роль в системе "АБИТУРИЕНТ", как во всякой системе управления, играет обратная связь /рис. I/, предназначенная для ликвидации помех, образующихся в системе, и, главным образом, для адаптации системы к изменяющимся условиям приема в ВУЗ.

Обратная связь предполагает передачу сведений о требованиях данного ВУЗа, особенностях приемных экзаменов; стандартных ошибках, допускаемых поступающими и пр.

Изложенная система подготовки применялась в течение ряда лет в ЛГУ им. П.Стучки при работе с выпускниками средних школ, готовившихся к сдаче вступительных экзаменов по физике.

Для реализации системы "АБИТУРИЕНТ" автором были написаны сборники тестов и программированное пособие по физике [9].

Литература

1. Беспалько В.П. Некоторые вопросы педагогики высшего образования. Рига, 1972.
2. Левич А.М. и Левич Е.М. Об основных понятиях системного анализа. - "Сборник рефератов ВИМИ", 1973. вып.9.
3. Гальперин П.Я. Курс лекций по общей психологии, прочитанный на философском факультете МГУ 1969/70 уч.г. Изд-во МГУ, 1970.

4. Леонтьев А.Н. О формировании способностей. - "Вопросы психологии", 1960, № 1.
5. Талызина Н.Ф. Познавательная деятельность как объект управления. - В кн.: Теория поэтапного формирования умственных действий и управление процессом учения. (докл. науч. конф.) М., 1967.
6. Гольдфарб Н.И. Сборник вопросов и задач по физике. М., "Высшая школа", 1974.
7. Талызина Н.Ф. Теоретические проблемы программированного обучения. Изд-во МГУ, 1969.
8. Штофф В.А. Гносеологические функции модели. - "Вопросы философии", 1961, № 12.
9. Реженц А.С. Физика /Механика/. Программированное пособие. Изд-во ЛГУ им. П.Стучки, 1974.

23

РОЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ В СИСТЕМЕ ШКОЛА - ВУЗ

Л.К.Бейзитер, И.К. Витол, У.К.Гринфельд

Вопросы правильной профессиональной ориентации в условиях широко развитой системы народного образования имеют очень большое народно хозяйственное значение. Успешная работа любого высшего учебного заведения в большой мере зависит от состава первого курса. Однако, как показывают некоторые данные, более 30% поступивших в высшие учебные заведения неправильно выбрали свою будущую специальность. В результате этого происходит значительный отсев по неуспеваемости и другим обстоятельствам, скрытой причиной которого во многих случаях является неправильный выбор специальности, т.е. несоответствие данной специальности способностям и интересам студента. Это приводит к нерациональным затратам материальных средств и нервной энергии.

Отмечая большое значение хорошо поставленной системы профессиональной ориентации, следует, однако, признать, что в настоящее время эта система является несовершенной, часто профессиональная ориентация проводится децентрализованно, силами только отдельных высших учебных заведений (кратковременные визиты преподавателей в школы) и нередко превращается в вербовку, когда на первый план выдвигаются малозначительные факторы (наличие хорошей спортивной базы у вуза, заграничная практика во время обучения, и т.д.).

Хотя по вопросам профессиональной ориентации написано много книг, брошюр и плакатов, эти материалы при выборе специальности мало помогают, так как в своем большинстве являются справочниками пассивного типа, содержащими лишь перечень возможных профессий и общие фразы о полезности каждой из них. Многолетняя работа со школьниками, проведенная преподавателями физико-математического фа-

культета, убедительно показывает, что мероприятия по профессиональной ориентации должны опираться на активные формы работы с молодежью. После участия в различных мероприятиях профессиональной ориентации школьник должен получить уверенность в правильности выбора вуза, факультета и специальности.

Система мероприятий профессиональной ориентации, реализуемая в настоящее время физико-математическим факультетом, состоит из следующих звеньев с активной формой работы.

1. Заочная математическая школа (ЗМШ) и заочная физическая школа (ЗФШ). Каждый год в работе этих школ участвуют 700 - 800 учеников 9 - II классов.
2. Трехступенчатые олимпиады по математике и по физике, в которых принимают участие около 1200 учеников ежегодно.
3. Секция физико-математических наук при республиканском школьном научном обществе.
4. Семинары профессиональной ориентации для учеников выпускных классов (400-500 участников ежегодно).

Первые три формы работы являются традиционными и практикуются многими высшими учебными заведениями. Поэтому подробнее остановимся только на организации семинаров для выпускных классов.

При отборе желающих поступить в ВУЗ на первый план выступают такие качества личности, как способности, интересы, работоспособность и знания. Поэтому в любой системе мероприятий, которая ставит своей целью определение приспособленности рефлектантов (учеников) к освоению некоторой специальности, основными являются следующие четыре составляющие:

- а) определение способностей рефлектанта,
- б) определение интереса рефлектанта к данному предмету (специальности),
- в) определение работоспособности,
- г) проверка уровня предварительных знаний, необходимых для успешного овладения избранной специальностью.

Сначала коротко остановимся на последней составляющей. По проверке уровня предварительных фактических знаний существует хорошо отлаженная система вступительных экзаменов. Однако, необходимо отметить два момента.

Во-первых, на вступительных экзаменах за очень короткий отрезок времени (по существующим нормам на каждого рефлектанта на устном экзамене отводится 1/4 часа) можно с трудом более или менее точно установить только меру знания и понимания основных разделов школьного курса.

Во-вторых, для успешной учебы в ВУЗе часто не столь важным оказывается объём начальных знаний, а способность быстро ориентироваться в интенсивном потоке новой информации, распознать и освоить главное. Другими словами, важна быстрота (скорость), с которой рефлектант разбирается в большом потоке информации. На вступительных экзаменах это качество выявить невозможно.

Способности - это индивидуальные свойства человека, которые помогают ему быстрее и легче овладеть знаниями, приобретать те или иные навыки и умения. Способности всегда бывают к определенной деятельности: к познанию, к применению его на практике, к технике, к математике, к музыке и т.д. Очень часто говорят также об одаренности человека. При этом имеют в виду сочетание различных способностей человека. Важно отметить, что свои способности человек может в течение жизни развивать, расширять.

Интерес - это познавательная направленность на пред-

меты и явления окружающего мира. Следует отметить, что интересы у каждой личности имеют определенные сознательные мотивы, индивидуальную эмоциональную окраску. Особо надо подчеркнуть активность и волевой компонент в составе того или иного интереса. Если степень активности невелика, то интерес имеет преимущественно созерцательный характер, если же активность значительна, то интерес побуждает человека к действию в направлении познания, овладения предметом интереса и становится склонностью. Разным личностям присущи интересы, разные по широте и устойчивости. При этом широта интересов обязательно предполагает выделение одного из них как основного и ведущего. Это придает человеку устойчивость в жизни, концентрирует его волю и помогает при достижении определенных успехов в его деятельности.

Умственная работоспособность является важнейшим свойством и вместе с тем условием интеллектуальной деятельности человека. Умственная работоспособность — это показатель силы нервной системы человека. Умственная работоспособность может быть и должна быть развита в течение жизни и деятельности человека; развитие умственной работоспособности одна из важнейших задач высшего образования.

Очень важным компонентом умственной работоспособности является усидчивость — навык самостоятельного выполнения быть может не всегда очень интересной умственной работы. Отметим, что это качество не поддается точному определению за короткое время встреч преподавателей ВУЗов с учениками. Поэтому в оценке работоспособности, усидчивости рефлектант должен положиться на мнение школы, родителей.

Если говорить о первых двух составляющих, т.е. о способностях по некоторому предмету (например, по математике или по физике) и интересе к этому же предмету, то их взаимосвязь и роль при выборе специальности, а также задачи профессиональной ориентации, можно пояснить сле-

дующим графическим способом.

Предположим, что для способностей по некоторому предмету и для интереса к этому же предмету установлены шкалы измерений, градуированные от нуля (полное отсутствие способностей и интереса) до единицы ("максимальные" в данной группе людей способности и интерес).



Рассмотрим декартову систему координат на плоскости, где на одной оси отложена мера способности, а на другой мера интереса.

Тогда каждому человеку ставится в соответствие точка в единичном квадрате, координаты которой характеризуют способность и интерес этого человека к определенному предмету или деятельности.

Если рассмотреть некоторую группу людей (например, совокупность учеников какого-то класса), то, очевидно, отвечающие им точки будут распределены по этому квадрату неравномерно: большинство точек будут находиться ближе к центру квадрата, в окрестностях сторон квадрата точки будут расположены значительно реже (способности и интерес в большой группе людей подчиняются нормальному закону распределения). Ясно, что ученики, имеющие одновременно большие способности и значительный интерес к данному предмету (им отвечающие точки находятся в окрестностях вершины А) являются наиболее подходящими для овладения этим предметом как будущей своей специальностью. Однако, отсутствие блестящих (очень больших) способностей может компенсироваться очень большим интересом и наоборот. Таким образом, наиболее подходящими для овладения данным

предметом являются те ученики, которым отвечают точки, лежащие в заштрихованной области.

Отсюда вытекают основные задачи хорошо поставленной системы профессиональной ориентации для ВУЗов:

- а) разработка эффективных процедур для определения способностей и интереса к данному предмету;
- б) определение места линии срез, т.е. определение соотношения между минимальными интересами и способностями к данному предмету, при которых рефлектант может успешно изучать этот предмет в высшей школе;
- в) разработка и проведение действенных мероприятий по развитию и увеличению способностей и интереса учащихся к данной специальности.

Если говорить о первой задаче - об измерении способностей, то в первую очередь следует отметить, что, очевидно, не существует абсолютной меры способностей. Говорить о способностях какого-либо человека можно лишь по сравнению со способностями других людей. Ученик, считающийся в своем классе способным по математике, в более сильном коллективе может оказаться в ранге "менее" способного. Поэтому чрезвычайно важно предусмотреть для учеников возможность проверить свои способности в различного рода олимпиадах, летних школах и т.п. с сильным составом участников. По своим успехам в таких мероприятиях ученик может уже более объективно судить о "мере" своих способностей. При решении задач повышенной трудности часто одновременно происходит также развитие способностей и установление стабильного интереса.

Что касается чистого интереса к различным профессиям, то здесь очень важно учитывать искажающее влияние престижа этих профессий в обществе. Часто ученики имеют "минимый" интерес к профессиям, у которых высокий престиж

(например, к профессии геолога, летчика испытателя и т.д.) Поэтому очень важно снять искажающее влияние престижа и установить область истинных интересов учащихся.

Престиж профессий является сложным социальным явлением, которое формируется путем взаимодействия социально-экономических, технологических, психологических и других факторов. Исследования, проведенные в средних школах г. Риги в 1965 и в 1975 годах, показывают весьма интересную динамику изменения престижа различных профессий в течение 10 лет. В частности, существенно снизился престиж профессий, связанных с радиоэлектроникой, а престиж профессий, опирающихся на прикладную математику, имеет тенденцию возрастать. При проведении мероприятий профессиональной ориентации, эти тенденции изменения престижа профессий, связанных с профилем факультета (или вуза), обязательно должны быть учтены.

Вторая задача - определение линии среза, т.е. определение "области" наиболее подходящих по сочетанию способностей и интересов к данной специальности, может быть решена только путем обработки данных о большом количестве студентов, у которых перед поступлением замерены способности и интерес.

Для частичного решения вышеперечисленных задач силами физико-математического факультета последние два года проводятся трехдневные семинары с учениками выпускных классов. На семинары приглашаются ученики, интересующиеся физико-математическими науками, причем охватываются практически все школы республики (семинары организуются по зонам). Программа семинара содержит следующие основные пункты:

- 1) Анкетирование. Выполнение тестов.
- 2) Модель одного дня вуза. Проверка знаний.
- 3) Дискуссия о способностях и интересах.

- 5) Беседы с учениками в малых группах по узким специальностям.
- 6) Правила приема в высшие учебные заведения. Требования на вступительных экзаменах.
- 7) Анализ задач, предлагаемых на вступительных экзаменах по физике и по математике.

Особое место занимает пункт 2. Участникам семинара предлагается прослушать 3 лекции по физике и математике по вопросам, которые в школьном курсе не рассматриваются. Лекции читаются в обычном "вузовском" темпе и содержат много новой для учеников информации. После лекций слушатели получают для самостоятельной проработки сравнительно легкий материал. На следующий день с помощью тестов первого уровня производится проверка знаний слушателей с целью хотя бы частично выявить быстроту усвоения материала.

Остальные пункты программы реализуются в основном в форме очень коротких докладов с последующим обсуждением и дискуссией. В семинаре принимают участие 15-20 преподавателей разных кафедр, работников проблемных лабораторий и ВЦ. Все материалы (анкеты, тесты, контрольные работы) сохраняются и потом сравниваются с результатами вступительных экзаменов и экзаменационных сессий.

Если говорить о профессиональной ориентации для вузов, то самым совершенным надо признать такой вариант, когда профессиональная ориентация существует не как отдельная система, а органически вплетается в работу школы и проводится на всем отрезке времени обучения в школе. В идеале каждый ученик вместе с аттестатом зрелости и характеристикой должен был бы получить "карту" распределения способностей и интересов. Однако, пока такой ситуации нет и вузы должны своими силами решать проблемы отбора талантливой молодежи.

СТУПЕНИ АБСТРАКЦИИ И СТАНДАРТНЫЕ ОШИБКИ

А.С.Режепп, В.И.Флёров

При системном подходе к проблеме "Абитуриент" одним из авторов [Режепп А.С. Системный подход к проблеме "Абитуриент" см. настоящий сборник стр. 3-27] настоящей статьи в качестве входной характеристики системы были выбраны уровни усвоения, которые могут быть формализованы и измерены. Однако для полного описания деятельности учащегося необходимо еще учитывать его способность ориентироваться в ситуациях различной степени сложности и нестандартности, т.е. способность к трансформации ранее приобретенного опыта деятельности в новых ситуациях. Например, характеризующий эту способность, в психологии называется "обобщенностью действия".

Указанная способность обусловлена не только параметром усвоения, достигнутым на заданном уровне, но также неким параметром, характеризующим "степень абстракции", которой овладел учащийся в процессе обучения.

В настоящей статье сделана попытка показать, что деятельность учащегося на высоких уровнях усвоения возможна при условии достижения им заданной степени абстракции и что только рассмотрение этих двух параметров в единстве может достаточно полно характеризовать его деятельность. Это, в частности, дает возможность понять природу некоторых стандартных ошибок, допускаемых школьниками в различных разделах учебных курсов.

В.П.Беспалько [1] предложил условно различать четыре способа описания действительности, представляющих собой объективные ступени в развитии науки: ступень А - внешнее, описательное, феноменологическое изложение явлений, каталогизация объектов, констатация их свойств и качеств; ступень Б - элементарное объяснение природы и свойств объектов и закономерностей течения явлений, часто качественное или полуквантитативное; ступень В - объяснение явлений в данной области с созданием их коди-

чественной теории, моделированием основных процессов, аналитическим представлением их законов и свойств; ступень Г — объяснение явлений с использованием высокой степени абстракции на базе сложного математического или логического формализма, обладающего большой общностью описания, как по ширине охвата материала, так и по глубине проникновения в его сущность.

Перечисленные ступени развития науки можно рассматривать как некоторую инвариантную систему ступеней абстракции, характеризующих последовательность и меру овладения опытом, а, следовательно, и меру овладения содержанием обучения.

Диагностика ступеней абстракции, обладающих качествами меры, может быть использована при формировании критериев успешности обучения. Саму же диагностику возможно реализовать путем создания соответствующих тестов, выполняющих функции обучения, тренинга и контроля.

При изучении того или иного курса восхождение учащегося по уровням усвоения (для достижения заданного) носит систематический, последовательный характер, в то время как заданная ступень абстракции должна реализовываться с первых этапов обучения. Однако и здесь всегда существует период адаптации учащегося к заданной ступени абстракции. Природа этой адаптации адекватна восхождению от одной ступени абстракции к другой, переносу навыков, достигнутых на одной ступени, к использованию их на другой, более высокой. Естественно, чем выше ступень абстракции, тем более общим методом овладевает учащийся и тем свободнее он усваивает деятельность на более высоком уровне усвоения.

Диагностика формализованных ступеней абстракции позволяет понять причину многих стандартных ошибок, которые допускают учащиеся, в частности, на вступительных экзаменах в вузе.

Дело, как нам кажется, в том, что не всегда оправ-

дана та ступень абстракции, к которой адаптируются учащиеся в процессе обучения. С одной стороны, обучение на низкой ступени абстракции не формирует навыки и умения, ведущие к их переносу на ситуации, заданные на более высокой ступени абстракции. С другой стороны, низкая ступень абстракции излагаемого материала (при условии, что существует более высокая, понятная учащемуся) ведет к рассмотрению многочисленных частных случаев, загромождению подробностями, необходимостью запоминать границы применения тех или иных частных определений, правил, уравнений, что перегружает и без того напряженный учебный процесс.

Кроме того, учащийся, усвоивший информацию на высокой ступени абстракции и низком уровне усвоения, сравнительно легко осуществляет перенос навыков на более низкую ступень абстракции и высокий уровень усвоения [1].

Высказанные выше соображения мы хотели бы проиллюстрировать на примере проводимых в ЛГУ им. П. Стучки семинаров учеников выпускных классов средних школ. На семинар приглашаются только те учащиеся, которые в той или иной степени проявляют интерес к точным наукам. Ежегодно в работе семинара принимают участие 100-120 учащихся рижских школ.

Основная цель семинара состоит в том, чтобы помочь учащимся в выборе профессии. Не останавливаясь на всех вопросах, включенных в программу семинара, что само по себе могло бы представить определенный интерес и служить предметом обсуждения, рассмотрим только результаты тестовой проверки по физике, позволяющей выявить ступени абстракции, сформированные у учащихся в процессе обучения.

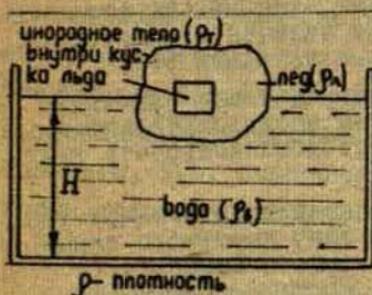
Мы полагаем, что для успешного формирования будущего специалиста от абитуриента при поступлении в вуз требуется овладение ступенями абстракции между Б и В, ближе к В (Б→В).

Для диагностики указанных ступеней абстракции учащимся был предложен набор тестовых заданий (15 тестов),

рассчитанных на 2,5 часа и составленных с учетом стандартных ошибок, допускаемых ими на вступительных экзаменах в вузы. Особенность предложенных тестов заключалась еще и в том, что в эталоне некоторых тестов содержалось несколько правильных ответов наряду с "аргументированными" неправильными. Это затрудняло реализацию существенной операции теста, уменьшало вероятность случайного угадывания и требовало анализа всех предложенных вариантов ответа, т.е. повышало надежность теста по диагностике ступеней абстракции. Однозначность теста при этом не нарушалась.

Рассмотрим результаты решений некоторых тестов, которые, по нашему мнению, позволяли диагностировать ступень абстракции Б→В.

Тест на закон Архимеда.



После расплавления льда в сосуде, изображенном на рисунке, уровень воды:

1. Не изменится, если $\rho_{\tau} = \rho_{\lambda}$.
2. Понизится, если $\rho_{\tau} > \rho_{\lambda}$.
3. Не изменится, если $\rho_{\tau} = \rho_{\lambda}$.
4. Повысится, если $\rho_{\tau} < \rho_{\lambda}$.
5. Не знаю.

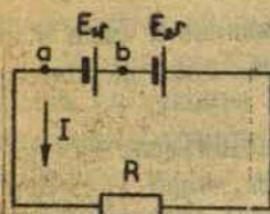
Не трудно убедиться, что первые три ответа правильные. Все правильные ответы на тест указали только 2,5%, один или два правильных ответа - 65% тестируемых (в основном указали очевидный третий ответ). Это свидетельствует о недостаточно высокой степени абстракции в понимании закона Архимеда, так как небольшое усложнение ситуации поставило учащихся в затруднительное положение.

Интересно привести рассуждения одного из участников семинара, высказанные им при обсуждении результатов тестов. Рассматриваемая ситуация эквивалентна тому, что к куску льда, плавающему в воде, подвешено на невесомой

нити инородное тело. Если плотность этого тела равна плотности воды, то уровень в сосуде не изменится, так как можно считать, что плавает чистый лед. Если плотность тела больше плотности воды, то лед погружается в воду в большей степени, чем без тела, поэтому уровень уменьшится. Если же плотность тела меньше плотности льда, то их можно рассматривать плавающими отдельно, следовательно после расплавления льда ничего не изменится. Прекрасный пример высокой ступени абстракции.

Тест на понятие "ток короткого замыкания" источника напряжения.

Может ли напряжение между точками a и b быть равным 0?



1. Не может, так как на этом участке включен элемент, ЭДС которого не равна 0.
2. Не может, так как элементы включены последовательно и не могут компенсировать друг друга.
3. Может, если в цепи течет ток, равный току короткого замыкания первого элемента.
4. Не знаю.

К понятию "ток короткого замыкания" можно подойти двойным образом,

1) ЭДС источника из закона Ома для полной цепи равна:

$$E = IR_H + Ir.$$

Если $R_H = 0$, то $E = Ir$ и ток короткого замыкания

$$I_{кз} = \frac{E}{r}.$$

2) Напряжение на зажимах источника по закону Ома для полной цепи равно:

$$U = E - Ir.$$

Если напряжение на зажимах источника отсутствует, $U = 0$, то через источник течет ток короткого замыкания

$$I_{к.з.} = \frac{E}{r};$$

Может показаться, что принципиальной разницы между этими определениями нет. Однако в первом случае рассматривается конкретный изолированный источник и понятие тока короткого замыкания связывается только с отсутствием сопротивления нагрузки во внешней цепи. В этом случае учащемуся трудно представить электрическую цепь, состоящую из последовательно включенных источников ЭДС и сопротивления нагрузки, отличными от нуля, в которой напряжение на зажимах одного из источников равно нулю (см. тест).

Во втором случае понятие тока короткого замыкания является более общим (задано на более высокой ступени абстракции), и поэтому снимается не только недоумение по поводу отсутствия напряжения на зажимах одного из последовательно включенных источников, но и более того, учащийся получает алгоритм, т.е. способ выхода из нестандартной ситуации, когда источник может быть включен в сложную электрическую цепь.

Результаты ответов на данный тест свидетельствуют, что понятие о токе короткого замыкания, очевидно, связывалось только с отсутствием сопротивления нагрузки во внешней цепи. Действительно, 43 % тестируемых считали, что напряжение не может быть равным нулю, так как источники включены последовательно и не могут компенсировать друг друга (1). 28 % выбрали первый ответ и только 29 % указали правильный.

Тест на объединенный газовый закон (см. на след.стр.).

Нестандартность ситуации заключается в том, что идеальному газу приписывается закон изменения давления в зависимости от изменения объема, отличающийся от частных законов идеального газа, усвоенных учащимися в процессе обучения.

Результаты теста: 40 % считали правильными первый ответ, 35% - третий (!) и лишь 15% указали правильный ответ. Идеальный газ расширяется по закону $P = \beta V^{-n}$, где $n < 1$, $\beta = \text{const}$ при этом температура газа:

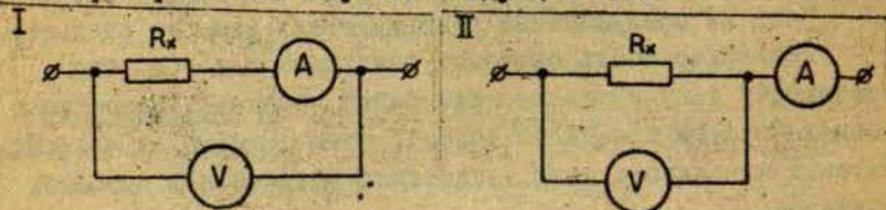
1. Понижается, так как расширение идеального газа всегда происходит за счет уменьшения кинетической энергии его молекул.
2. Повышается, так как $T \sim \frac{1}{V^{n-1}}$, где $n < 1$.
3. Не изменяется, так как в идеальном газе молекулы между собой не взаимодействуют и поэтому не могут изменить свою кинетическую энергию при расширении газа.
4. Не знаю.

Очевидно, при выводе объединенного газового закона индуктивным методом формируется ложный вывод, что из объединенного закона можно получить только те частные законы, на основании которых он был выведен, и невозможно получить нестандартные, т.е. отличные от них законы изменения состояния идеального газа. Характерный пример занижения степени абстракции.

Таким образом, результаты тестирования позволяют сделать вывод, что изложение курса физики в средней школе не всегда ведется на достаточно высокой степени абстракции, а это, в свою очередь, снижает функционирование дидактической системы, и, как следствие, ведет к появлению стандартных ошибок.

Кстати, причиной стандартных ошибок может быть и необоснованно высокая степень "лиабстракции" при изложении отдельных вопросов курса.

Примером может служить следующий тест.



Для более точного измерения сопротивления R_x с помощью амперметра и вольтметра следует применить:

1. Схему I, так как сопротивление амперметра практически можно считать равным 0.
2. Все равно какую схему, так как точность измерений не зависит от выбора схемы, а только от точности применяемых приборов.
3. Схему I, если $\frac{R_x}{R_x + R_V} > \frac{R_A}{R_x}$, и схему II, если $\frac{R_x}{R_x + R_V} < \frac{R_A}{R_x}$.
4. Схему I, если $R_x \gg R_A$, и схему II, если $R_x \ll R_V$.
5. Не знаю.

Результаты теста: 65% выбрали неправильные ответы, характерно, что 10% наряду с правильным ответом указали один из неправильных.

Очевидно, общепринятое рассмотрение амперметра, как прибора с бесконечно малым внутренним сопротивлением, а вольтметра, наоборот, с бесконечно большим, формирует у учащихся общее искаженное представление, что любой прибор, включенный в какую-либо электрическую цепь, не изменяет параметров этой цепи, т.е. не влияет на результаты измерений. К сожалению, слепое абстрагирование от влияния приборов на параметры цепи сохраняется и у студентов первых, а иногда и старших курсов вуза.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что задавая ту степень абстракции, которая должна быть сформирована при изучении курса в целом, следует установить ступени абстракции в изложении отдельных разделов (или даже частных вопросов) курса. Эти ступени могут отличаться от конечной заданной, но в итоге способствуют ее формированию.

Литература

1. Беспалько В.П. Некоторые вопросы педагогического образования. Рига, 1972. 152 с.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ И ФОРМЫ КУРСОВ
МАТЕМАТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
"ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА"

А. Я. Яунземс

В связи с возрастающим значением применения математических методов в экономике, для студентов специальности экономическая кибернетика учебным планом предусмотрено основательное изучение различных математических дисциплин, например, математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры, дискретной математики и др.

Известно, что окончившему полный университетский курс обучения по специальности экономическая кибернетика присваивается квалификация "экономист-математик". Отсюда вытекает особая задача основных курсов математики, читаемых для этой специальности. Учащимся необходимо дать, с одной стороны, знания математических фактов необходимые в приложениях экономического характера, а с другой стороны, им необходимо развить то, что принято называть математической культурой. Настоящая статья посвящена принципиальному определению содержания и формы математических курсов для наилучшего достижения вышепоставленных целей. При этом более детально рассмотрены факторы, влияющие на развитие математической культуры. Автор основывается на опыте преподавания курсов математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры студентам специальности экономическая кибернетика в течение ряда лет на экономическом факультете ЛГУ им. П. Стучки.

При изучении любого учебного предмета целью всегда является получение учащимся некоторого набора, суммы знаний, а также определенных умений. Умение решать разные задачи - это один из видов умений. Конечно, умение решать задачу по определенному изученному алгоритму является, по сути, непосредственным использованием суммы знаний.

Умение сформулировать проблему экономического характера математически и подобрать математические методы исследования - это умение более высокого ранга. При формировании таких умений исключительную роль играет овладение математической культурой.

Владеть математической культурой, по нашему мнению, означает то же самое, что, обладая количественно достаточно объёмной суммой знаний математических фактов, знать, как строится математическая наука, т.е. ясно, в подробностях и по существу осознавать предмет и метод математической науки; например, знать глубокие взаимосвязи в математике, знать, как отличить подлинное доказательство от хитроумных псевдодоказательств, знать и понять, что использование символических обозначений в математике не самоцель, а способ, облегчающий /и, может быть, вообще делающий возможным/ многие математические доказательства, и т.д. Таким образом, математическую культуру мы отождествляем с некоторым видом знаний, а именно, с теми качественно новыми знаниями и пониманиями, которые вызваны учащегося количественным возрастанием знания математических фактов, и, конечно, качеством усвоенных фактов. Здесь мы имеем дело с одним из проявлений закона диалектики о переходе количественных изменений в качественные изменения [I]. Используя классификацию уровней усвоения В.П.Беспалько [10], можно было бы сказать, что обладание математической культурой соответствует III и IV уровням усвоения.

Умения генерируются интеллектом в процессе размышлений над задачей на основании суммы знаний. И в этом процессе очень важны, как количественная сторона суммы знаний, так и ее качественный уровень, т.е. соразмерность знаний математических фактов и владения математической культурой.

Важно отметить, что сумма знаний с обеими отмеченными аспектами определяется не только тем, что читается в

пределах курса, т.е. содержанием курса, но и его формой. Другими словами, получаемая сумма знаний зависит как от отбора материала, так и от логического упорядочения материала, наличия доказательств, трактовок, используемого формализма, уровня абстракции и других характеристик формы курса математики. Основные курсы математики, читаемые студентам специальности экономическая кибернетика, должны дать учащемуся в первую очередь знания фактов и умения, необходимые в приложениях. Под приложениями мы имеем в виду непосредственное использование математических методов в практических численных расчетах и при изучении тех или иных процессов, использование математики в теоретических рассуждениях в других науках, например, в математическом программировании, в математической экономике, а также в научной работе. Получаемый студентом набор фактов в основном определяется выбором материала, т.е. содержанием курса. Таким образом, планируемый набор фактов в большей степени определяет содержание курса, чем его форму. В свою очередь набор фактов, которые следовало бы сообщить студентам, определяется планируемыми приложениями и умениями. Вопрос определения содержания различных конкретных курсов математики в согласии с планируемыми приложениями чрезвычайно важен, но выходит за пределы настоящей статьи.

Может быть, рассмотрение вопросов содержания курса было бы почти достаточно при преподавании высшей математики в технических, нематематических факультетах. Однако, как уже отмечалось выше, по отношению к студентам специальности экономическая кибернетика, мы имеем задачу развить и утвердить у обучающихся некоторую математическую культуру.

Планируемая математическая культура определяется планируемыми приложениями непосредственно и посредством планируемых умений. С возрастанием в приложениях доли научной работы и с применением в других учебных предметах,

напр., в математической экономике, все более глубоких математических результатов, возрастает роль математической культуры учащегося.

Достаточно ознакомиться с книгами [6] , [7] [8] , [9] , чтобы осознать растущее значение или просто необходимость обладания математической культурой экономистами-кибернетиками. Таким образом, значение этого второго аспекта суммы знаний математической культуры представляется нам чрезвычайно важным в данное время и имеет тенденцию роста в будущем.

Выше уже отмечалось, что математическая культура по существу является тем качественно новым видом знаний, в которые переходят достигшие некоторого количества знания фактов. Но важно то, что этот переход количества в качество ускоряется или замедляется, а также само качество меняется в зависимости от качества усваиваемых в процессе обучения фактов. Именно развитию планируемой математической культуры при наличии достаточно обильного количественного набора фактов можно способствовать главным образом выбором соответствующей формы курса.

Конечно, выделенные два результата усвоения знания фактов, необходимых для приложений, и развитие математической культуры, не могут быть четко разграничены. Ведь любые знания материала, используемого в приложениях, развивают математическую культуру и, наоборот, развитая математическая культура разрешает более успешно использовать знания фактов в приложениях. Точно также, в своей сущности то, что читается в курсе, взаимно связано с тем, как строится курс. Изменение содержания влечет за собой изменение формы и наоборот то, как читается курс, влияет на его содержание. Здесь мы встречаемся с одним из конкретных проявлений абстрактных категорий философии диалектического материализма - содержания и формы [1] .

Изменения, улучшения и дальнейшее согласование со-

держания и формы курса необходимо производить постепенно, учитывая конкретные условия. Практический опыт преподавания является необходимым условием квалификации лица, вносящего коррекции и улучшения в содержание и форму курса математики.

В пределах этой статьи мы главным образом и обсудим влияние курса математики на развитие у студента математической культуры. Как уже отмечалось, этим в большей степени определяется форма курса, чем его содержание.

Из философии диалектического материализма известно, что форма менее подвижна, чем содержание. При заданной, обусловленной форме курса математики, без качественных ее изменений в курс можно вместить разнообразный материал. Поэтому целесообразно анализ формы и содержания курса математики начинать именно с формы, учитывая при этом хотя бы традиционное содержание курса. Если, исходя из планируемой суммы знаний, мы в некоторой степени определим форму курса, то априори можем предполагать, что эта форма разрешит вместить в курс нужное нам содержание. Конечно, все время нужно иметь ввиду тесную связь используемых понятий и их нечеткое разграничение. Мы призываем также читателя не терять из виду эту связь.

Следуя Н.Бурбаки [2], предметом математики являются множества, оснащенные математическими структурами, одной или несколькими, взаимодействующими. Например, рассматривая уже в начале курса математического анализа множество вещественных чисел \mathbb{R} и канонически биективную ему числовую ось, а также Декартовы степени множества \mathbb{R} и их геометрические аналоги, необходимо четко отметить введение в рассмотрение этих множеств и дальнейшее оснащение их математическими структурами порядка, алгебраической и топологической. Конечно, существование в множестве \mathbb{R} всевозможных взаимодействующих математических структур, присущих этому множеству, как бы естественно,

затрудняет получение четкого представления о множестве с определенной на нем математической структурой. Но понятия метрического пространства, линейного пространства, а затем и линейного нормированного пространства с многообразными частными примерами и глубоким оправданием введения этих понятий, полностью покажет студенту становление основ математических дисциплин - топологии /пусть только метрической/, линейной алгебры и, наконец, линейного анализа. Здесь отметим, отступив от основной темы нашего разговора, что до настоящего времени курс математики, занимающийся в основном предметами линейного анализа, по традиции называется линейной алгеброй. По-нашему, это достаточно убедительно свидетельствует о том, что даже специалисты-математики еще совсем недавно имели недостаточно четкое представление об архитектуре математики.

Методом математики на уровне обучения студентов специальности экономическая кибернетика считаем четкие и ясные определения, детализированные, использующие символические обозначения, полностью лишенные логических пробелов и основания на интуицию, рассуждения. Основные понятия и законы логики студентам должны быть сообщены. По крайней мере в начале основных курсов должны быть продемонстрированы максимально детализированные доказательства теорем, которые целиком состояли бы из последовательного применения основных законов логики. В дальнейшем изложении курса, с целью увеличения объема получаемого набора фактов, необходимых для приложений, допускается сообщение некоторых теорем и пользование обоснованием и иллюстрацией их справедливости в каких-то частных, например, соответствующих определенному геометрическому чертежу, случаях. Такой подход иногда даже дает возможность, не вникая в необозримые дебри технических трудностей, получить хорошее, используемое во всяком смысле, представление о сущности теоремы.

Таким образом с методической точки зрения подобное частное обоснование теоремы иногда полностью оправдано. Однако категорически требуется упомянутое объяснение теоремы, так сказать "на пальцах", не называть доказательством, что, к сожалению, в ущерб логике, не всегда соблюдается.

Уровень абстрактности в значительной степени определяется желаемым содержанием рассматриваемой теории или ее главы. И наоборот, выбирая некоторый уровень абстрактности, тем самым определяются необходимые для этого понятия, т.е., содержание теории. Мы считаем, что систематически должен использоваться дедуктивный метод построения курса, т.е. от общего к более частному, как соответствующий идее абстрагирования в процессе познания вообще. Поэтому основные понятия и основная часть теорем должны формулироваться и доказываться с наиболее высокой степенью абстрактности, возможной в курсе. Например, в математическом анализе целесообразно рассмотреть понятия предела, непрерывности, полноты, компактности и связанные с ними теоремы на уровне метрических пространств, понятие ограниченного множества, ограниченной функции, бесконечно малой величины, линейные свойства предела и др. - на уровне линейных нормированных пространств. В курсе линейной алгебры по возможности больше фактов желательно получить в произвольных векторных пространствах, не требуя их конечномерности.

Отступление от дедуктивного метода допускается в случаях, когда изложение вопросов индуктивно, т.е. от частного к общему, существенно необходимо для лучшего понимания и усвоения материала. Так, например, мы не отказываемся от традиционного рассмотрения векторной алгебры и основанной на ней координатной аналитической геометрии в одно-, двух- и трехмерном случаях, притом для лучшего понимания /не доказательств/ прибегаем еще к представлениям о векторах, полученных от школьного курса элемен-

гарной физики. И действительно, поразительное сходство аналитической теории /особенно в векторной форме/ в двух- и трехмерных случаях совершенно естественно приводит к идее рассмотрения n - мерных пространств. При этом мы получаем также содержательную интерпретацию аксиом векторного пространства.

Другой пример, где индуктивность менее обоснована. В анализе согласно традиции сначала вводится понятие частных производных и лишь затем производная в произвольном направлении, хотя можно было бы поступать и наоборот. Таких примеров не очень обоснованной индуктивности можно указать много. Конечно, возможны и желательны перестройки курсов математики, несмотря на их традиционные сильно укрепившиеся привычные построения. Если только переход к дедуктивному построению курса вместо использованного ранее индуктивного метода не нанесет существенный ущерб пониманию материала со стороны слушателей, мы ратуем за его осуществление. В то же время, не следует терять из виду диалектическое единство дедукции и индукции, синтеза и анализа [1]. И, наконец, "если целью и является четкая дедуктивная форма, то движущая сила математики - это интуиция и конструкция" [3], стр. 21.

Математической науке присуще использование символов. При помощи удачно подобранных обозначений математические формулировки записываются коротко и обозримо. Но важно не только это, формульная запись взаимосвязей и преобразования формул является мощным методом познания в математике. "Предшественники Лейбница, конечно, также проявляют интерес к символике в математике, и Декарт, например, рекомендует заменять целые фигуры "очень короткими знаками", но до Лейбница никто с такой силой не настаивал на универсальном значении этого принципа" [2] стр. 15.

Конкретно, говоря о преподавании математических

предметов студентам специальности экономическая кибернетика, целесообразно активное использование всех необходимых обозначений приведенных, например, в книгах [4] и [5]. Кроме того желательно уже с самого начала договориться о пользовании сокращениями таких чрезвычайно часто встречающихся слов, как "такое, что", "точка", "функция", "пространство", "доказательство", "теорема" и др. Причем идеально было бы, если все преподаватели пользовались бы одними и теми же обозначениями и сокращениями.

Итак, предметом математической науки являются множества, оснащенные математическими структурами при помощи аксиом, и методом построения - логические, детализированные, использующие символические обозначения, рассуждения на различных уровнях абстракции. Курс строится дедуктивно, но в диалектическом единстве с индукцией. "Рациональные трактовки и выявление глубоких взаимосвязей в учебном материале - все это содействует более основательному, прочному и быстрому его усвоению" [10], стр.7.

В итоге, осознавая несовершенство такого подхода, все же изобразим обсуждавшиеся /и необсуждавшиеся/ предметы, направление и долю их влияния в следующей схеме.

Пояснения к схеме

(1) Планируемые приложения умений и суммы знаний. Они довольно условно /"размыто"/ могут быть разделены на три вида приложений: на непосредственные приложения в некоторых, скажем, числовых расчетах, научную работу и на использование в теоретических рассуждениях в других учебных курсах.

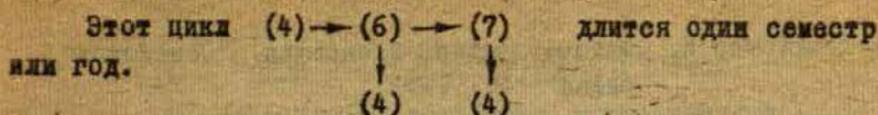
Планируемые приложения (1) обуславливают планируемую сумму знаний (3) с одной стороны непосредственно, с другой стороны посредством планируемых умений (2). Планируемые умения можно подразделить /опять "размыто"/ на умения работать с выученными, известными алгоритмами и на умения творчески создавать новые математические поло-

жения. Влияние планируемых учений на планируемую сумму знаний нами не обсуждалось, хотя вопрос заслуживает всестороннего изучения.

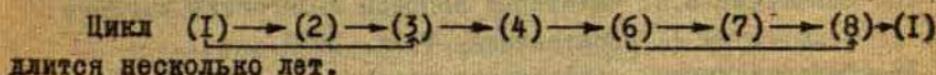
Планируемую сумму знаний (3) условно можно разделить на знание набора фактов и качественно более высокий уровень знаний — математическую культуру. Планируемый набор фактов своей большей долей определяет содержание курса математики (4), меньшей долей — форму курса. Планируемая математическая культура, наоборот, большей долей влияет на форму курса, меньшей — на содержание. Курс математики (4) определяется также общими принципами математической науки (5), которые условно можно разделить на два вида — касающихся предмета математической науки и метода математической науки. Предмет математической науки большей своей долей определяет содержание, меньшей — форму, метод математической науки — наоборот.

Курс математики (4) дает студентам некоторую действительно полученную сумму знаний (6). Конечно, связь (4) → (6) сложна и зависит от многих факторов разной природы. Но все же мы можем утверждать, что содержание курса математики больше влияет на действительно полученный набор фактов, чем на математическую культуру, а форма курса — наоборот.

На основании полученной суммы знаний (6) интеллектом генерируются те или иные умения (7). Как отмечалось выше, умения могут быть подразделены на умения применять выученный известный алгоритм и на умения более высокого ранга — умения творчески создавать новые математические положения, в том числе алгоритмы решения задач. Полученная сумма знаний (6) сопоставляется планируемой сумме знаний (3), и делаются коррекции в курсе математики (4). Соответственно, полученные умения (7) сопоставляются планируемым умением (2) и снова корректируется курс (4).



Полученная сумма знаний (6) непосредственно, а также посредством полученных умений (7), применяется в фактических приложениях (8). После этого, в соответствии с реальностью, вносятся коррекции в планируемых приложениях (I).



В заключение хочется искренне поблагодарить доцента Е.М.Левича за постоянное и настойчивое обращение внимания преподавателей математики, читающих студентам специальности экономическая кибернетика, на необходимость исследования принципов наилучшего построения основных курсов математики согласно требованиям сегодняшнего дня.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Энгельс Ф. Диалектика природы. М., Госполитиздат, 1949.
2. Бурбаки Н. Элементы математики. Очерки по истории математики. М., Издат. иностр. лит., 1967.
3. Курант Р. и Роббинс Г. Что такое математика? М., "Просвещение" 1967.
4. Шварц Л. Анализ. Том I. М., "Мир", 1972.
5. Иoffee А.Д., В.М.Тихомиров. Теория экстремальных задач. М., "Наука", 1974.
6. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. М., "Мир", 1972.

7. Ланкастер К. Математическая экономика. "Советское радио", М., 1972.
8. Акоф Р., Саскени М. Основы исследования операций. М., "Мир", 1971.
9. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. М., "Мир", 1964.
10. Беспалько В.П. Некоторые вопросы педагогики высшего образования. Рига, 1972.
11. Онтодидактика - актуальное направление исследований /предисловие А.А. Ляпунова; статья Д.И.Соколовского/,- "Вестник высшей школы", 1973, № 8.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОБУЧЕНИЯ В КУРСЕ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ "ФИЗИКА"

1к:
У.К.Гринфельд

В последнее время все чаще обсуждается необходимость проведения онтодидактических исследований по базисным наукам, на которых основываются остальные учебные дисциплины данной специальности / I /. Твердое овладение понятиями и методами этих базисных наук является ключом к успешной реализации всего учебного плана и, следовательно, является необходимым условием для подготовки высококвалифицированных специалистов. Поэтому совершенствование базисных наук имеет очень большое практическое значение.

В настоящей статье рассматриваются вопросы построения курса математического анализа для специальности 2016 "физика". Совершенно ясно, что именно математический анализ является основным, стержневым предметом в цикле математических дисциплин. От успешного овладения методами и понятиями математического анализа прямо зависят результаты обучения по другим предметам математического цикла (дифференциальным уравнениям, уравнениям математической физики, векторному и тензорному анализу), математический анализ дает также основную массу понятий и алгоритмов, непосредственно используемых в физике. Также ясно, что твердое усвоение основных понятий анализа (предел, непрерывность, производная, интеграл) в первом и втором семестре обучения, является решающим фактором для успешного овладения более сложными математическими понятиями и методами, как в самом анализе, так и в других предметах математики и физики. Поэтому основное внимание сосредоточим на вопросах преподавания математического анализа на первом курсе.

Прежде чем перейти к рассмотрению основных целей и задач обучения по математическому анализу, которые должны составлять основу любых онтодидактических и методических исследований, рассмотрим ряд факторов, влияющих на выбор методики и учебного материала. Всюду в дальнейшем имеется в виду курс математического анализа (МА) для физиков.

1. Критерии оптимизации. Каждый педагог высшей школы обучения решает некоторую задачу оптимизации, которую в общем виде, можно сформулировать следующим образом:

построить обучение так, чтобы при заданном начальном уровне знаний α , заданном времени обучения T и заданном объеме учебной информации J , достигнуть по возможности более высокого уровня знаний β и обеспечить при этом достаточную прочность знаний и навыков использования основных понятий и алгоритмов.

Рассмотрим более подробно отдельные элементы этой задачи оптимизации (в условиях физико-математического факультета ЛГУ им. П. Стучки).

а) Начальный уровень знаний α в последние годы стабилизировался и меняется мало. Для большинства студентов к началу занятий на факультете это второй уровень знаний. Конечно некоторая часть первокурсников, окончивших классы с математическим уклоном, имеют знания близкие к третьему уровню, у некоторых студентов знания несколько ниже второго уровня, но в основном педагог должен рассчитывать на второй уровень начальных знаний, т.е. на способность правильного воспроизведения (репродукции) основных положений школьного курса математики и на достаточное владение техникой элементарных математических преобразований.

Отметим, что начальный уровень знаний школьного курса математики имеет тенденцию в процессе обучения снижаться, так как не все положения элементарной математики ис-

пользуются, что вызывает сожаление. Однако, в течение первого и второго семестра обучения α можно считать постоянным.

б) Время обучения T регламентируется учебным планом и, как правило, изменить это время педагог, отдельная кафедра и даже факультет, не имеют возможности.

в) Объем учебной информации J определяется программой МА, но в известных пределах может быть изменен преподавателем или кафедрой путем надлежащего выбора учебных объектов и учебных элементов и рациональной последовательности их изложения. Именно в этом направлении и должны быть направлены онтодидактические и методические исследования кафедр.

г) Окончательный уровень знаний β , как правило, четко не определен. На практике β зависит от многих факторов, среди которых немаловажное значение имеют требовательность преподавателя, его педагогическая и научная квалификация, опыт педагогической работы, организация управления познавательной деятельностью студентов, частота и ритмичность контроля знаний и т.д. В некоторых случаях на β может повлиять ряд совершенно случайных факторов. Но так как учебная работа на первом курсе проводится в больших группах по традиционной дидактической системе, то, как правило, β находится между первым и вторым уровнем, ближе ко второму. Об этом свидетельствуют результаты экзаменационных сессий и сведения, поступающие от преподавателей, ведущих занятия на старших курсах. Увеличение β в первых двух семестрах обучения очень важно еще по той причине, что именно в начальный период происходит формирование основных понятий, которые являются ключевыми для понимания и освоения других предметов.

Таким образом, при решении выше сформулированной задачи оптимизации два параметра (α и T) являются жестко зафиксированными, параметр J в известных пределах можно менять.

Оптимизация должна заключаться в том, чтобы тщательным отбором действительно нужного учебного материала, правильным управлением учебного процесса и надежной системой контроля добиться максимального увеличения параметра β .

2. Объём учебного материала. Интуиция.

Цели и задачи обучения по каждому предмету, темп прохождения курса, в большой мере зависят от места этого предмета в учебном плане. Математический анализ на первом курсе для физиков по учебному плану подчиняется двум предметам - курсу общей физики (начинается с первого семестра) и курсу дифференциальных уравнений (начинается с⁰ второго семестра). Для раздела "механика" курса общей физики уже в самом начале нужны понятия производной и интеграла с соответствующей техникой применения, простейшие дифференциальные уравнения, понятия криволинейных интегралов первого и второго типа. Для кинематической характеристики механического движения, строго говоря, сразу нужен математический аппарат отображений $R \rightarrow R^3$. Курс дифференциальных уравнений должен быть обеспечен (опять же в первом семестре) теорией интегрирования, дифференциальным исчислением функций многих аргументов, теорией неявных функций.

Этот перечень требований показывает, что курс математического анализа в первом семестре является сильно перегруженным. Если считать абсолютно недопустимым применение сложного математического аппарата в физике и в других предметах до того, как этот аппарат рассмотрен в курсе математики, то в первом семестре на студентов обрушивается интенсивный поток новых и сложных понятий. Часть студентов с более слабой предварительной подготовкой по математике просто не успевают осмыслить и усвоить эти понятия.

Конечно, можно идти по пути уменьшения строгости изложения, понятия вводить интуитивно, доказательства заменять наглядными иллюстрациями и "правдоподобными" рассуждениями, как это иногда делается в курсах высшей математики для технических вузов. Такая позиция довольно четко изложена в книге А.Д.Мышкиса "Лекции по высшей математике" / 2 /. В предисловии к этой книге автор пишет:

"...мы старались, максимально используя интуицию показать смысл основных математических понятий, убедительно объяснить причину основных математических фактов". Если интуицию понимать как обобщение сознанием ряда мелких, порознь трудно учитываемых фактов, делающееся на основе большого опыта в данной области, то сразу возникает вопрос - о каком опыте первокурсника можно говорить, например, при изучении понятия предела последовательности или функции? Совершенно ясно, что те несколько примеров последовательностей, с которыми студент первого курса имел дело в средней школе, не дают практически никакой почвы для образования интуиции. Создается впечатление, что сторонники "интуитивного" подхода иногда путают интуицию студента с интуицией педагога. Это примерно то же самое, что сравнить интуицию гроссмейстера с интуицией начинающего шахматиста, который только что узнал правила передвижения шахматных фигур.

Конечно, интуиция сильное оружие познания, но педагог не должен забывать, что интуиция развивается только в процессе приобретения знаний. Что касается обучения математическому анализу на первом курсе, то, на наш взгляд, правильнее ставить вопрос иначе: обучение должно иметь своей целью максимальное развитие математической интуиции у студентов.

Таким образом, одна из задач обучения физиков по математике можно сформулировать так:

построение учебного процесса, выбор методики, отбор материала должны максимально развивать интуитивное мышление.

Практическая реализация этой задачи связана с приобретением достаточного запаса знаний и умений, доведением выполнения алгоритмов элементарных операций в некоторой степени до автоматизма.

3. Мотивация. Принцип допустимости.

При обучении физиков основам математики на первом курсе важно учесть также склонность студентов во всякой математической теории искать зерно приложений к изучению физических явлений и оценивать "нужность" математических построений именно с такой точки зрения. В этом смысле традиционное изложение основ математического анализа имеет один существенный недостаток. Романтическое в некотором смысле настроение студентов (стал студентом отделения физики, значит сразу должны раскрыться тайны окружающего мира) в начальный период обучения получает весьма чувствительный удар, так как анализ традиционно начинается со "скудной" теории действительных чисел, которая в глазах многих студентов лишена почти всякой практической ценности, коэффициент "нужности" освоения этой теории близок к нулю. Этой чисто психологической стороной вопроса нельзя пренебрегать. Поэтому очень важно, чтобы мотивация необходимости изучения той или другой математической теории была хорошо продумана. Активный интерес студентов в начальный период обучения должен всячески поощряться. Этого можно добиться путем установления разумной границы строгости изложения.

Отметим, что излишняя строгость изложения, с множеством оговорок, может на первых порах обучения быть причиной чрезмерной боязни ошибок, в результате которой сту-

денты начинают вообще бояться решать трудные задачи. Здесь уместно вспомнить о том, что боязнь допустить ошибки хуже самих ошибок.

При преподавании математики для физиков должен строго соблюдаться принцип доступности - обучение должно быть доступным и отвечать уровню опоспособностей и начальным знаниям, т.е. отвечать возможностям студентов. Принцип доступности требует опоры только на известные операции, а также некоторого ограничения объема учебной информации соответственно возможностям переработки этой информации в знания и умения.

Что касается упомянутой выше теории действительных чисел, то она не вносит в анализ нового содержания и новых методов, а существует только для логического обоснования методов анализа. Студентам трудно увидеть и понять необходимость этой теории. Даже в хорошем изложении теории действительных чисел часто для многих студентов остается за пределами доступности и усваивается чисто формально, так как студенты первого курса еще не умеют различать построение теории от ее формально-логического обоснования. Опыт показывает, что рассмотрение совокупности действительных чисел, как множества элементов, для которых определены некоторые действия и отношения, удовлетворяющие аксиомам, которые обобщают свойства известные из курса средней школы, воспринимается студентами гораздо лучше. Кроме того такой подход дает возможность значительно сэкономить время.

4. Избыточность учебной информации.

Длинный и извилистый исторический путь развития математики накопил огромный объем сведений, часть которого с точки зрения учебной информации, является излишним и ненужным. Однако многие учебники МА страдают от этого

недостатка. Это хорошо видно на примере теории бесконечно малых величин. Традиционное изложение теории пределов ведется обычно по следующей схеме: определение предела функции (последовательности) → понятие бесконечно малых величин → теорема: $A = \lim_{x \rightarrow x_0} f(x)$ тогда и только тогда, если бесконечно малая величина $f(x) \rightarrow A$, свойства бесконечно малых величин → теоремы о пределе суммы, разности, произведения и частного, при доказательстве которых используется выше упомянутое необходимое и достаточное условие. Как видно из этой схемы, вместо непосредственного доказательства последних четырех теорем (с использованием определения предела), вводится новое понятие бесконечно малых величин, доказываются эквивалентность двух определений предела, затем, по сути дела, те же самые теоремы доказываются для специального случая (бесконечно малых) и только после этого на основании эквивалентности двух определений получаем желаемый результат. Таким образом, получается, что вместо четырех легко доказываемых теорем надо доказать 8 теорем отнюдь не более простых. Здесь можно возразить, что понятие бесконечно малых величин успешно используется в дальнейшем курсе. Конечно, это так, но с таким же успехом можно без них обойтись. При традиционном изложении МА можно найти много аналогичных ситуаций, когда вводятся "обслуживающие" понятия, для которых развивается весьма широкая теория (если понятие введено, как тут удержаться и не доказать его свойства), которая в конце концов при более внимательном рассмотрении оказывается лишним балластом в учебной информации.

5. Построение математических моделей физических явлений.

При обучении физиков основам математического анализа всегда трудным является вопрос о применении математи-

ческих теорий к вопросам физики. Даже хорошие студенты часто теряются, когда им предлагаются задачи на применение методов классического анализа в физике. Существующая схема обучения, когда сначала вводится математическое понятие, изучаются его свойства, а затем рассматривается применение этого понятия в физике, не развивают в студентах навыков построения математических моделей физических процессов и явлений. По возможности эта схема на первых порах должна быть заменена другой, в которой необходимость введения математических понятий вытекает из рассмотрения конкретных физических задач.

Многолетний опыт работы со студентами отделения физики показывает, что в начальный период обучения по математическому анализу, главными являются следующие задачи:

- 1) Освоение современного языка математики, его терминология, символика;
- 2) Развитие математического мышления и интуиции;
- 3) Обеспечение быстрой ориентировки в математическом аппарате, применяемом в своей специальности;
- 4) Выработка навыков составления математических моделей для простейших физических явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ляпунов А.А., Соколовский В.И. Онтодидактика - "Вестник высшей школы", 1973, 3.
2. Миллис А.Д., Лекции по высшей математике. М., "Наука", 1964.

ОСВОЕНИЕ НАВЫКОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
НА МЛАДШИХ КУРСАХ

32

У.К.Гринфельд, Э.П.Шилгер

Существующая традиционная система обучения на первых курсах высших учебных заведений имеет ряд недостатков. Основная трудность заключается в том, что эта система в настоящее время не обеспечивает надежного освоения основных понятий, ввиду слабой подготовки рефлектантов к достаточно интенсивной самостоятельной работе. Средняя школа в целом обеспечивает необходимый минимум фактических знаний, но недостаточно готовит учеников к самостоятельной работе. Всепрощающая атмосфера школы, тенденция "вытянуть" всех, приводит к заметному снижению требовательности и к падению интенсивности самостоятельной работы, вследствие чего даже у хороших учеников возникают симптомы "педагогической запущенности" и уверенность в том, что и в вузе для усвоения знаний не требуется усердной и систематической работы.

Рассмотрим особенности учебной работы на первых курсах.

В традиционной системе обучения, по которой работает большинство учебных заведений, обучение студентов проводится по схеме I, из которой можно сделать следующие выводы.

I) Основными, определяющими следует, очевидно, признать элементы II, III и IV. Не умаляя значения лекций, все же надо признать, что на них студентам отведена пассивная роль. В глазах студентов лекции остаются только источником информации, из которого каждый студент берет ровно столько, сколько он может или хочет взять. Прослушивание лекций обеспечивает только начальную ориентировку в учебном материале, не подкрепленная самостоятельной

Запаздывающая (слабая) обратная связь.

Оперативная обратная связь

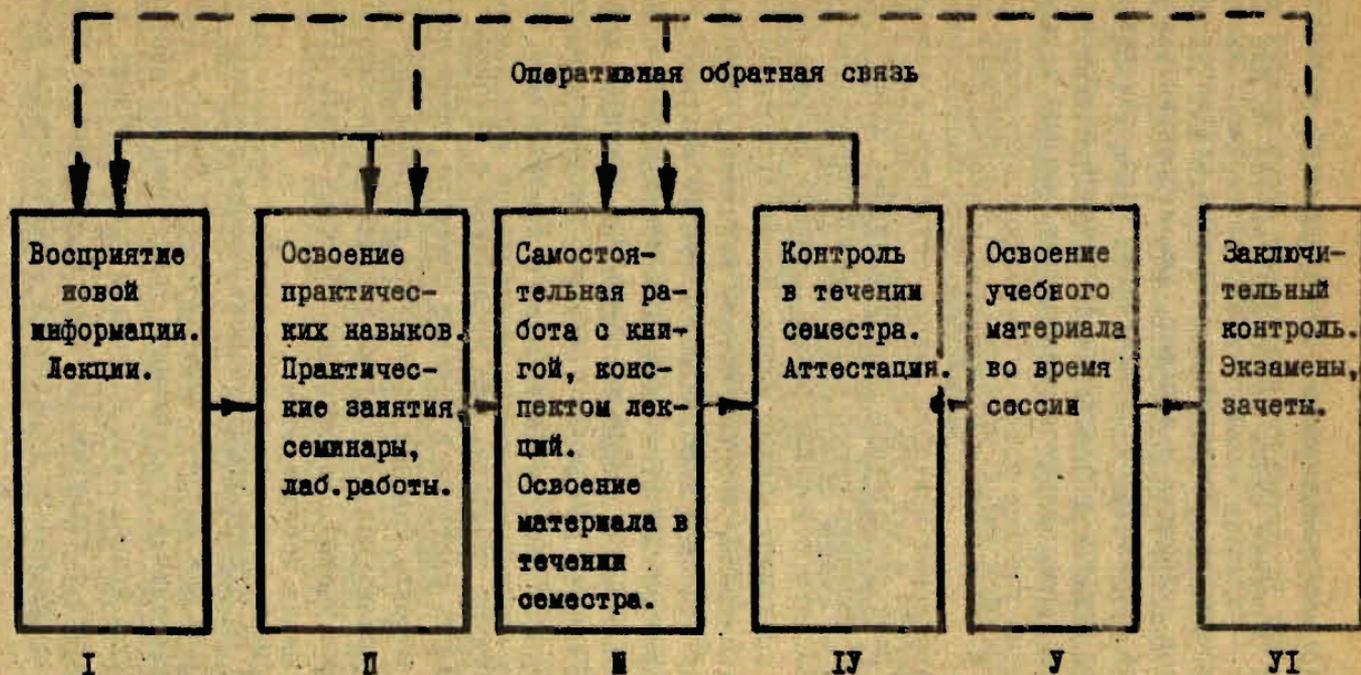


Схема I.

работой, эта ориентировка быстро теряется.

2) Обратная связь четко разделяется на два вида.

Информация, полученная о знаниях студентов на заключительных экзаменах и зачетах, для корректировки учебного процесса используется сравнительно мало, так как эта информация сильно запаздывает. Управление на основе этой обратной связи является разомкнутым, весьма напряженным и насыщенным учебные планы и предметные программы редко позволяют в новом семестре вернуться к пройденному материалу.

Регулярный контроль знаний студентов в течение семестра дает оперативную обратную связь. Однако, этот оперативный контроль часто слабо функционирует. Это объясняется тем, что в учебных планах, нормах расчета нагрузки, да и в традициях высшей школы, не предусмотрено место для такого контроля. Многие учебные заведения, кафедры, преподаватели осознали необходимость такого контроля, однако, часто организация этого контроля проводится в порядке самодельности, каждый преподаватель, каждая кафедра проводит контроль по своему "уставу". По сути дела, продуманной и единой системы оперативного контроля нет.

Следует отметить, что правильная в основном тенденция усилить контроль в течение семестра, дает слабый суммарный эффект, так как результаты контроля нередко используются только как показатель текущей успеваемости (контроль для учета). Оперативная обратная связь существует, но она слабо используется.

3) По существующим учебным планам обучение на младших курсах как правило производится в больших группах по мало эффективной традиционной дидактической системе, обеспечивающей знания лишь на первом уровне (ближе к второму). Работа с большими группами и потоками не может обеспечить эффективного управления познавательной деятельностью

тью студента. Индивидуальный подход начинается только на старших курсах после разделения студентов на узкие специализации. Получается парадоксальная ситуация - на младших курсах, где студенты больше всего нуждаются в индивидуальном подходе, занятия проводятся в больших группах, а на старших курсах, когда студенты уже "окрепли", преобладают индивидуальные формы работы. При такой системе естественно ожидать большой отсев, что и наблюдается.

4) Элементы I и UI в настоящее время надо признать достаточно хорошо функционирующими.

Из приведенного анализа видно, что в системе "Младшие курсы" требуется провести перестройку учебного процесса. Направление этой перестройки должно идти по пути индивидуализации учебного процесса.

Некоторые шаги в этом направлении сделаны в новом учебном плане специальности 2013 "математика". В данном плане по математическому анализу - самому трудному, насыщенному сложными понятиями предмету введены лабораторные работы, предусматривающие разделение академических групп на подгруппы по 8-10 студентов. Тем самым появляется возможность использовать более эффективную дидактическую систему малых групп, обеспечивающую управление познавательной деятельностью каждого студента. У преподавателя появляется реальная возможность уже на занятиях работать в режиме консультанта. Безусловно, это требует перестройки методики проведения занятий.

Анализ учебной работы на младших курсах физико-математического факультета ЛГУ им. П.Стучки позволяет сделать вывод, что целесообразно перейти на дидактическую систему малых групп по всем основным предметам (практическим занятиям) первого и частично второго года обучения, с одновременным незначительным сокращением учебного материала. При этом должны быть поставлены следующие цели и

задачи обучения

- а) твердое усвоение основных понятий математики и физики (создание необходимого запаса твердых знаний и умений),
- б) развитие достаточных навыков самостоятельной работы, обеспечивающих нормальную учебную работу на старших курсах.

Для практической реализации этого перехода кафедрой разработана соответствующая методика проведения занятий, предусматривающая четкую систему текущего контроля знаний. Никакой перестройки существующих учебных планов не требуется.

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА
ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЯХ

M

М.Э. Гинтерс

В связи с интенсивным развитием науки и техники XXIII съезд КПСС выдвинул задачу коренного развития среднего и высшего образования для обеспечения подготовки современных специалистов, имеющих широкий теоретический и идейный кругозор. С тех пор проведена большая организационная и практическая работа по переходу на новые учебные программы и качественному росту уровня восьмилетнего и среднего образования во всех его звеньях.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 1966 года "О мерах по улучшению подготовки специалистов и совершенствованию руководства высшим и средним специальным образованием в стране" говорится, что на современном этапе необходимо коренным образом улучшить подготовку молодых специалистов, глубоко и тщательно проанализировать возможности повышения эффективности учебного процесса на учебных занятиях не только в общеобразовательной школе, но и в вузе.

Если сравнительно недавно в своих лекционных занятиях преподаватели пытались интуитивно, основываясь на собственном опыте, внедрять в учебный процесс различные принципы дидактики, то в настоящее время этого недостаточно.

Широкое использование достижений науки и техники во всех областях жизни, развитие научных исследований на стыке различных наук, математические методы прогнозирования и другие причины вызывают рост потока информации.

Передача максимального потока информации студентам и перевод этой информации из мгновенно-оперативной в постоянную память требуют глубокого анализа всей учебной работы высшей школы, научно обоснованного внедрения при-

ципов дидактики во все виды учебного процесса.

Это особенно относится к применению таких принципов дидактики, как наглядность, доступность, систематичность, сознательность и активность восприятия.

Эффективность и целесообразность указанных принципов можно оценивать применением определенного вида обратной связи в обучающей системе лектор — студент.

Путем анализа традиционных форм проведения лекционных занятий и обобщая опыт многих вузов страны по повышению эффективности этих занятий, можно констатировать, что в настоящее время применяются три формы обратной связи:

1. Запаздывающая обратная связь.
2. Случайная обратная связь.
3. Оперативная обратная связь.

В случае запаздывающей обратной связи преподаватель направляет поток информации к слушателю дозами "Д" дважды по 45 минут. Особенно это относится к таким формам занятий, в которых информация к учащемуся поступает в виде устной речи преподавателя, либо через систему телевидения или кино.

Такая форма лекционных занятий характеризуется тем, что студенты пассивно, автоматически без самостоятельной осмысленной обработки стараются фиксировать по возможности большее количество информации. В этом случае не обеспечен перевод полученной информации из мгновенно-оперативной в постоянную память и данные о качестве усвоения большого количества доз преподаватель получает (I) только во время итогового контроля на зачете или экзамене (Рис. I)



Рис. 1.

Указанная особенность позволяет менять методику изложения курса только при повторном чтении и практически не дает возможности управлять учебным процессом с учетом состояния конкретной учебной группы.

В. П. Беспалько (2) отмечает, что возможности умственной деятельности студентов при такой лекционной форме обучения ограничиваются I уровнем усвоения (уровнем "знаний - знакомств") не формируют III уровня усвоения, то есть, способности ориентироваться в нестандартных задачах, необходимой для успешной сдачи зачетов и экзаменов и, как следствие, приводят к неудовлетворительным результатам в сессии.

Случайная обратная связь может быть реализована путем введения обязательных контрольных работ во время семестра, обобщением данных от руководителей практических и лабораторных занятий, а также в беседах со студентами на консультациях и семинарах. Глубина обратной связи в этом случае (Рис. 2) возрастает.



Рис. 2.

Однако недостаток этого вида обратной связи заключается в том, что осуществлять контроль и делать соответствующие выводы можно только на определенных этапах курса.

Случайная обратная связь позволяет несколько изменять методику выдачи последующих доз информации соответственно уровню предварительной подготовки и другим параметрам данной системы, обеспечивая, однако, только предпосылки для периодической самостоятельной работы слушателей.

Кроме того, организация учебного процесса по принципу упомянутых видов обратной связи не учитывает данные медико-психологических исследований, проведенных различными авторами.

Известно, что возбуждение в коре головного мозга должно сопровождаться возбуждением в другом участке коры, иначе возникает процесс торможения и сонливое состояние. По данным А.Г.Молибога (3) около 70%-80% людей имеют в качестве основной не слуховую, а зрительную память. Поэтому слово преподавателя - это ограниченный, однообразный, утомляющий возбудитель, и не достаточно нагруженный зрительный канал может быть занят посторонним возбуждением.

Представляет интерес кривая (Рис.3) забывания информации, приведенная А.М. Кряпским (4).

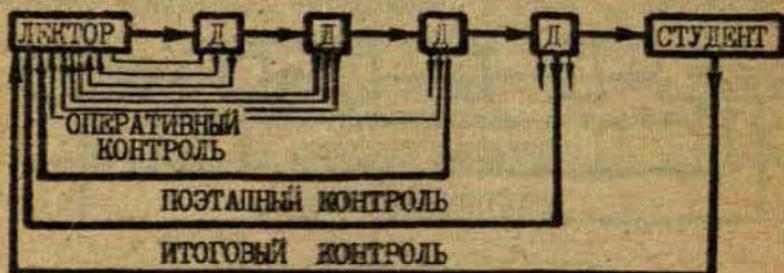


Рис. 3.

Следуя ей, процесс забывания описывают экспоненциальной кривой

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

где N_0 — количество исходной информации, а λ — некоторая постоянная забывания, зависящая от индивидуальных особенностей человека, числа повторений информации и внешних мешающих факторов.

А.С. Солнцев (5) в интерпретации этой кривой при использовании технических средств обучения на занятиях рекомендует выдавать информацию однообразного возбудителя периодами от 16 до 20 минут. При увеличении этого времени устойчивость восприятия и объём воспринимаемой информации резко падают.

Приведенные данные выявляют необходимость вариации способов выдачи информации путем использования технических средств обучения (ТСО), внедрением автоматизированных классов обучения, использованием программированного материала и разработкой систем фронтального контроля знаний и восприятия учебного материала во время лекционных занятий.

Указанные ТСО позволяют осуществить организацию так называемой оперативной обратной связи между преподавателем и студентом в течение каждого занятия, вплоть до контроля за усвоением отдельной дозы потока информации (Рис. 4).

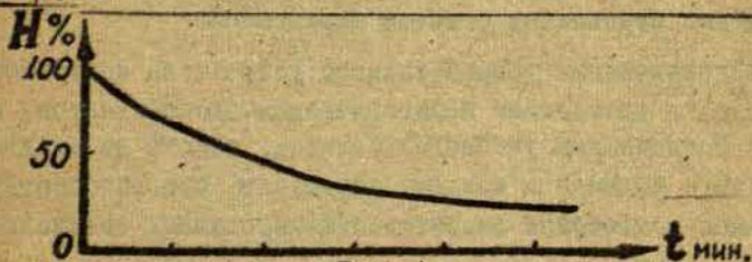


Рис. 4.

Оперативная обратная связь дает возможность разделить поток информации к слушателю на 15-20 минутные интервалы устойчивого восприятия с проведением после каждого интервала оперативного контроля длительностью от 3 до 5 минут. Контроль проводится с помощью заданий, контрольных вопросов или тестов I, II или III уровня умственных действий и позволяет сразу, по полученным результатам, направить дальнейший ход занятия соответственно требованиям данной группы слушателей.

Хотя дозы информации в этом случае более узкие, организация работы по этому принципу обратной связи заставляет студентов уже во время лекции совершать самостоятельные умственные действия, способствующие активному, целеустремленному восприятию материала.

Для создания оптимальных условий проведения лекционных занятий по принципу оперативной обратной связи и обеспечения быстрого контроля усвоения домашних заданий и лекционного материала, кафедрой общей физики Латвийского государственного университета разработаны проекты создания двух поточных аудиторий для чтения лекций по физике, в которых предусмотрено комплексное использование технических средств для выдачи информации и система оперативной обратной связи. На рабочих местах студентов размещены клавишные устройства для ввода ответов или вызова преподавателя, а пульт управления содержит блок пересчета и индикации правильных ответов слушателей.

Использование разработанного устройства позволяет организовать проведение педагогических экспериментов, изучение оптимизации учебного процесса, вплоть до индивидуального подхода к каждому слушателю, что способствует успешной подготовке высококвалифицированных специалистов.

Л и т е р а т у р а :

- 1) Шелешков К.К. Сравнительная оценка систем обучения. М., "Знание", 1971.
- 2) Беспалько В.П. Программированное обучение. М., "Высшая школа", 1970.
- 3) Молибог А.Г. Вопросы научной организации педагогического труда в высшей школе. М., "Высшая школа", 1971.
- 4) Крипский А.М. Процесс забывания как статистический процесс. Материалы конференции НТК. Минск, 1968.
- 5) Солицев А.С. Техническое оснащение учебного процесса в высших учебных заведениях. М., 1971.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕХОДА УЧЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЗНАНИЯ

ЖК

В.В.Нейланд, У.К.Гринфельд

Изучая вопрос об эффективности учебного процесса очень важно разработать методику определения объема (количества) учебной информации и максимальной скорости, с которой эта информация может быть усвоена в реальном учебном процессе. Только после решения этих двух задач можно дать определенный ответ на часто возникающий в преподавательской практике вопрос о возможности за отведенный срок обучения усвоить на заданном уровне усвоения заданный объем информации, который определяется предметными программами. Совершенно ясно, что невозможно учесть все факторы (состав группы обучаемых, материальное обеспечение учебного процесса, ритмичность учебного процесса, частоту контроля и т.д.), влияющие на скорость усвоения в реальном процессе. Поэтому авторы поставили перед собой задачу получить приближенные оценки, в которых учитываются только основные факторы и которые являются достаточно простыми для практического использования. В настоящей работе рассмотрена методика определения количества учебной информации по математике и проведен анализ соотношения между базисными и приобретенными за время обучения знаниями. Для получения данных была использована начальная стадия обучения по математике (седьмые классы 7 ср. школы г. Риги, 1974/75 уч.г.), где наиболее четко можно проследить за структурой учебной информации и процессом формирования знаний. Однако, предлагаемую методику с небольшими поправками можно применять также в высших учебных заведениях.

Переход учебной информации в знания, очевидно, можно количественно представить в виде:

$$J = \kappa J_0 \quad (1)$$

где J_0 - объём преподаваемой учебной информации, J - объём той части учебной информации, которая превращается в знания, а коэффициент κ характеризует качество учебного процесса и удовлетворяет неравенствам $0 < \kappa < 1$.

Сначала отметим, что измерение учебной информации по математике в битах не учитывает качественной неоднородности этой информации. Поэтому для приближенной оценки будем пользоваться формулой

$$J_0 = u_1 D + u_2 T + u_3 K + u_4 F \quad (2)$$

где D, T, K, F - соответственно число определений, теорем, правил и формул, содержащих в учебной информации, u_1, u_2, u_3, u_4 - весовые коэффициенты, которые в первом приближении будем считать равными 1. Соотношение (2) приближенно отражает структуру учебной информации по математике.

Так как коэффициент κ в сильной мере зависит от предполагаемого уровня α усвоения учебного материала, то окончательно получаем следующее выражение для J :

$$J = \kappa(\alpha) J_0 = \kappa(\alpha) (D + T + K + F) \quad (3)$$

где α принимает дискретные значения 1, 2, 3. В учебной общеобразовательной школе можно считать, что $\kappa(\alpha)$ является постоянной величиной, так как в традиционной дидактической системе реально можно достигнуть только второй уровень усвоения.

Для анализа учебного процесса важную роль играют также начальные или базисные знания обучаемых по данному предмету. Эти знания будем характеризовать параметром $J_{усв.}$ (уровень усвоения), который определяется по формуле:

$$J_{y_{св}} = \frac{1}{n} \left[\sum_{K_i \in \Pi} K_i + \sum_{K_i \in H} K_i (1 - \delta_i) \right] \quad (4)$$

где i - номер контрольного вопроса, n - количество контрольных вопросов, Π - множество вопросов, на которые получены правильные ответы, H - множество вопросов, на которых получены неправильные ответы, δ_i - мера ошибки. При вычислении $J_{y_{св}}$ предполагается, что для определений (D) $K_i = 1$, для теорем (T) $K_i = 0,8$ и для формул (F) и правил (K) $K_i = 0,5$. Мера ошибки δ_i носит субъективный характер. Все величины K_i и δ_i определяются экспертным путем.

Рассмотрим количественные данные, полученные в результате проведения экспериментов в трех параллельных классах 7^а, 7^б, 7^в.

В начале учебного года были составлены контрольные задания по алгебре и геометрии, охватывающие курс математики 6-го класса. Эти задания содержали в среднем около 25 вопросов. После обработки данных получены следующие значения параметра $J_{y_{св}}$ для начальных знаний (таблица I).

Таблица I.

Базисные знания

Класс	Число учащихся	$J_{y_{св}}$	
		Алгебра	Геометрия
7 ^а	42	0,17	0,32
7 ^б	30	0,20	0,37
7 ^в	24	0,23	0,41

Из данных, приведенных в таблице I, можно сделать следующие выводы:

1) Значение $J_{усв.}$ по геометрии значительно превышает соответствующее значение $J_{усв.}$ по алгебре. Очевидно это связано с тем, что геометрия носит более наглядный характер и содержит меньше правил.

2) Некоторое влияние на $J_{усв.}$ оказывает количество учащихся в классе. Снижение $J_{усв.}$ с увеличением числа учащихся в классе является вполне закономерным.

3) Дальнейшая работа показала, что при значении $J_{усв.}$ по алгебре меньше 0,20, практически невозможно рассчитывать на второй уровень усвоения учебного материала в последующем учебном процессе.

Для исследования динамики учебного процесса необходимо определить $J_{усв.}$ в начале и в конце каждого раздела материала. Эти данные приведены в таблице 2. Перед прохождением нового материала были определены \mathcal{D}, T, K, F , на которые нужно опираться (J_0'), проведено повторение и составлены контрольные вопросы для определения $J_{усв.}$. При получении низкого значения $J_{усв.}$, на повторение отводилось дополнительное время. Преподавание нового материала было рассчитано на второй уровень усвоения. При значении $J_{усв.} = 0,50$ и выше оказалось возможным перейти к третьему уровню усвоения.

Таблица 2.

Раздел учебного материала	γ_0'	Время повторения (в часах)	γ_0	Время обучения (в часах)	$\gamma_{\text{УСВ}}$					
					γ_0'			γ_0		
					γ^a	γ^b	γ^B	γ^a	γ^b	γ^B
1. Квадратные корни	$2D + 11K$	1,5	$6D + 4T + 62K + 2F$	12,5	0,50	0,54	0,60	0,50	0,53	0,56
2. Неравенства	$D + 15K + 7F$	2,5	$7D + 8T + 67K$	23,5	0,41	0,43	0,45	0,41	0,44	0,47
3. Дроби	$2D + 15K + 10F$	1,5	$9D + 5T + 84K + 5F$	21	0,38	0,44	0,54	0,39	0,42	0,46
4. Квадратные уравнения	$18K + 7F$	1,0	$3D + 3T + 36K$	10	0,42	0,46	0,49	0,42	0,42	0,45

Аналогичные результаты получены и по геометрии.

В заключение отметим, что разработанная методика дает возможность экспериментально определять критические значения $T_{ув}$ для начальных занятий, при которых возможен переход на более высокий уровень усвоения. Это позволяет рационально планировать объем повторения пройденного материала и распределение уроков по отдельным темам.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕЖЕПН А.С.	Системный подход к проблеме "Абитуриент"	3
БЕЙЗИТЕР Л.К., ГРИНФЕЛЬД У.К.	ВИТОЛ И.К., Роль и задачи профессиональной ориентации в системе Школа - ВУЗ	28
РЕЖЕПН А.С., ФЛЁРОВ В.И.	Ступени абстракции и стандартные ошибки.	36
ЯУНЗЕМС А.Я.	Об определении содержания и формы курсов математики для студентов специальности "экономическая кибернетика"	44

ГРИНФЕЛЬД У.К.	Цели и задачи обучения в курсе математического анализа для сту- дентов специальности "физика"	57
ГРИНФЕЛЬД У.К., ШИЛТЕР Э.П.	Освоение навыков самостоятель- ной работы на младших курсах	66
ГИНТЕРС М.Э.	Принципы организации обратной связи на лекционных занятиях	71
НЕЙЛАНД В.В., ГРИНФЕЛЬД У.К.	Количественная характеристика перехода учебной информации в знания	78

ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Выпуск I

Сборник научно-методических работ

Редакторы: Э.Шилтер, Р.Довгополова
Технический редактор Д.Дамберга
Корректор Д.Дамберга

Латвийский государственный университет им. П.Стучки
Рига 1976

Подписано к печати 30.12.1975. ЯТ 04357. Зак. № 76.
Ф/с 60x84/16. Бумага №3. Физ.п.л. 5,5. Уч.-и.л. 4,0
Тираж 400 экз. Цена 40 к.

Отпечатано на ротационте, Рига-50, ул.Вейденбаума,5
Латвийский государственный университет им. П.Стучки