

Михалев А.С., доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированных информационных систем Минского института управления

ОБУЧЕНИЕ В ПАРАХ СМЕННОГО СОСТАВА: ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Docendo discimus!

(лат. «Обучая обучаешься сам»)

Введение в проблему. Мировая образовательная система, обслуживая насущные проблемы глобального общественного и научно-технического прогресса (НТП), в свою очередь для самосовершенствования использует достижения гуманитарных, естественных и технических наук. Развивая подход, предложенный в [1], в эволюции образовательных технологий можно выделить следующие характерные этапы и организационные формы:

– *«индивидуальный» способ обучения (ИСО)*, суть которого состоит в том, что более опытный («Учитель», «Мастер») путем показа или диалога передает свои профессиональные знания и умения менее опытному («Ученику») в темпе познавательных способностей последнего. Этот способ был единственным в *эпоху ручного труда*, он господствовал в течение многих тысячелетий, существует и в настоящее время в виде индивидуальных консультаций, репетиторства, экзаменов;

– *«групповой» способ обучения (ГСО)*, сущность которого состоит в том, что один («Учитель») говорит, а остальные («Группа учеников») слушают (естественно, молча – диалог здесь уже невозможен). Этот способ появился как реакция мировой образовательной системы на потребности НТП ещё в средние века. Для его реализации были «изобретены» университеты, аудитории, профессора, доценты, ассистенты, лекции, семинары, практикумы, сессии, экзамены и все остальные атрибуты современной высшей школы. Увеличение доли интеллектуального труда *в эпоху механизации* производств привело к тому, что уже к началу XIX века ГСО стал господствующим, поскольку только он мог обеспечить все возрастающие потребности НТП в массовой подготовке специалистов. Вся мощь педагогической науки, психологии, технических средств обучения с тех пор были направлены на совершенствование ГСО. Тем не менее с середины XX века, с началом *эпохи автоматизации* в мировой образовательной системе происходят серьезные кризисные процессы [1,2].

Ниже предпринята попытка системного анализа ограничений и противоречий ГСО, оценки и экспериментальной проверки тех инновационных образовательных технологий, которые в той или иной мере позволяют их преодолеть.

Противоречия и ограничения ГСО. Выделяя из общей структуры вуза [3] систему «Преподаватель – Студенты», будем рассматривать её с позиций теории информации, теории вероятностей и теории решения изобретательских задач. Введем в рассмотрение хорошо известный в педагогике параметр «темп (скорость V) усвоения знаний» студентами (ТУЗ) и симметричный ему «темп (скорость W) подачи учебной информации» преподавателем. ТУЗ каждого конкретного студента является случайной величиной, он зависит от большого числа факторов – психологических, генетических, физиологических, организационных и других, ни один из которых не является доминирующим. Как известно из теории вероятностей, в таких ситуациях хорошо «работает» т.н. нормальный (гауссовский) закон распределения вероятностей случайных величин. Согласно этому закону существует некая среднестатистическая скорость m_v , характеризующая ТУЗ группы

студентов (её математическое ожидание) и параметр её рассеивания σ_v (среднеквадратическое отклонение) вокруг m_v , связанные соотношением:

$$f(V) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(V-m_v)^2}{2\sigma_v^2}} \quad (1)$$

Графическое представление нормального закона (1) показано на рис. 1 в виде симметричной колоколообразной кривой плотности вероятностей $f(V)$ с осью симметрии:

$$V = m_v \quad (2)$$

и максимальным значением при $V = m_v$:

$$f_m(V) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} \quad (3)$$

Отметим, что площадь, ограниченная кривой $f(v)$ и горизонтальной осью v , равна единице и, следовательно, при уменьшении σ_v возрастает $f_m(v)$, а изменение m_v вызывают соответствующие смещения кривой вдоль оси V .

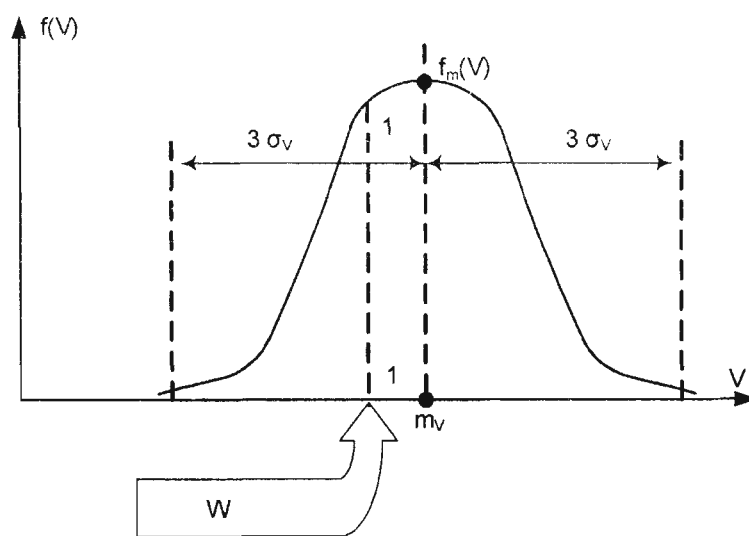


Рис. 1. Нормальный (гауссовский) закон распределения скорости усвоения знаний (ТУЗ) студентов

Используя (1) можно показать, что с вероятностью $P = 0,997$ отклонение V от m_v не выходит за пределы $\pm 3\sigma_v$ (правило трех сигм).

Преподаватель, являясь на занятиях в ГСО единственным источником учебной информации, естественно, может задать лишь вполне определенный темп её подачи W . При этом он может придерживаться следующих ориентаций:

- на «среднего» студента когда $W = m_v$;
- на «слабого» студента, при $W < m_v$;

– на «сильного» студента, при $W > m_v$;

На рис. 1 стрелка W делит площадь, ограниченную кривой $f(V)$ на две части. Студенты, у которых $V > W$ (их число пропорционально площади, ограниченной кривой $f(v)$ справа от линии 1-1 на рис. 1), хорошо, без напряжений понимают преподавателя, но их потенциальные познавательные способности недоиспользуются, причем в тем большей степени, чем выше их ТУЗ по сравнению с W . Для особо одаренных студентов,

когда $V \gg W$ ГСО является настолько неэффективным, что современная высшая школа предоставляет им право свободного посещения занятий (обычно лекций).

При $V < W$ (слева от линии 1-1 на рис. 1) студенты, напротив, недопонимают преподавателя, испытывают психологические перенапряжения, дискомфорт, причем тем больший, чем меньше их ТУЗ в сравнении с W . Сильно отстающие при $V \ll W$ студенты вынуждены прибегать к репетиторству, усиленным самостоятельным занятиям, дополнительным консультациям.

Учитывая изложенное и следуя идеям теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [4], сформулируем выявленное характерное для ГСО первое противоречие (ПР-1) следующим образом: *случайный характер значений скорости V усвоения знаний в группе обучающихся противоречит детерминированному характеру скорости W подачи учебной информации преподавателем и, поэтому при любом значении последней принципиально нельзя одновременно достичь полного усвоения учебной информации при полном использовании познавательных способностей каждого студента.*

Сделаем, далее, также следуя рекомендациям ТРИЗ, следующий шаг и сформулируем идеальный конечный результат (ИКР), т.е. то идеальное (практически недостижимое) состояние системы, которое снимало бы выявленное противоречие (ПР-1). Итак, *идеальным состоянием системы «Преподаватель–Студенты» в ГСО, очевидно, является такое, при котором все студенты в группе (лекционном потоке) имеют совершенно одинаковый ТУЗ, т.е. ИКР-1 это:*

$$V = \text{const} = m_v = W, \quad \sigma_v = 0 \quad \text{и} \quad f_m(V) = \infty.$$

В этом случае V перестает быть случайной величиной, а $f(V)$ по форме становится функцией Дирака, т.к. $\int_{-\infty}^{+\infty} f(V) dV = 1$, что, естественно, нереально. Вместе с тем очевидно, что мировая образовательная система использует немало мероприятий, направленных на достижение ИКР-1, а именно:

– унификацию (тестирование и т.п. формы контроля знаний) требований к абитуриентам на вступительных экзаменах и к студентам на

рубежных формах контроля знаний, которая, очевидно, уменьшает σ_v ;

– ужесточение требований к знаниям абитуриентов и студентов, что приводит к увеличению m_v и уменьшению σ_v ;

– введение дополнительных форм контроля знаний (промежуточные аттестации, контрольные работы и т.п.), контролируемой самостоятельной работы, что также уменьшает σ_v ;

– создание специализированных (профильных) средних школ с отбором в них обучающихся, генетически и психологически одаренных и предрасположенных к изучению либо гуманитарных, либо естественных, либо технических наук, что, естественно, увеличивает m_v и уменьшает σ_v .

Здесь важно подчеркнуть, что все перечисленные традиционные мероприятия мировой образовательной системы направлены на адаптацию подсистемы «Студенты» (её случайного параметра V) к детерминированному параметру W подсистемы «Преподаватель».

Однако более полное преодоление ПР-1 в ГСО возможно на пути адаптации подсистемы «Преподаватель» к подсистеме «Студенты» за счет более радикального изменения самого группового способа обучения.

Такие инновационные образовательные технологии также хорошо известны и привлекают в настоящее время все более пристальное внимание. Базируются они на идее программированного обучения, суть которого состоит в том, что с помощью компьютерных программ учебная информация по индивидуальным запросам, то есть в соответствии с ТУЗ каждого из студентов, выдается последним в виде небольших фрагментов. После изучения очередного из них происходит компьютерный контроль степени его усвоения и только после успешного тестирования студент переходит к следующему фрагменту. В Минском институте управления впечатляющие результаты в разработке и внедрении таких технологий достигнуты В.В. Гедранович и её коллегами в ходе образовательного проекта «Открытая книга» [5].

Появление и развитие таких компьютерных технологий хорошо согласуется с действием известного в ТРИЗ закона перехода от

«макросистем» к «микросистемам». *Суть этого закона состоит в том, что если некоторая система, развиваясь на макроуровне, достигает предела своего совершенства, то дальнейшее развитие может продолжаться путем её перехода на микроуровень («дробления» на микросистемы).* Действительно, макросистема «ГСО», уже достигнув некоего предела развития, в компьютерных технологиях типа «Открытая книга» переходит на микроуровень путем «дробления» на N микросистем «студент-компьютер» (по числу N студентов). Компьютерная программа в таких технологиях становится множеством (N) «учителей», каждый из которых обучает отдельного (своего) «ученика» в темпе его ТУЗ, что и позволяет преодолеть ПР-I. Таким образом, в компьютерных технологиях удастся объединить преимущества ИСО (индивидуальный подход к каждому обучающемуся) и ГСО (массовость обучения).

Сейчас уже нет сомнений в том, что таким технологиям принадлежит будущее, и они будут интенсивно развиваться.

Возвращаясь, однако, к анализу ГСО, отметим ещё один его серьезный недостаток, в ещё большей степени присущий и компьютерным технологиям. Суть его состоит в том, что ни ГСО, ни компьютерные технологии совершенно не способствуют развитию у обучающихся межличностных коммуникативных способностей – ведь они слушают преподавателя (или работают с компьютером)... **МОЛЧА** (!). По данным некоторых исследователей [6], школьник в течение учебного дня говорит (в среднем) лишь 1,5 – 2 минуты, студент в вузе, по-видимому, не больше. Между тем в ходе последующей профессиональной деятельности выпускник вуза непрерывно, ежедневно и даже ежечасно должен «мыслить», «говорить» и «слушать», вступая в производственные, деловые и творческие контакты с коллегами, партнерами и конкурентами

С началом *эпохи автоматизации* неуклонно и стремительно возрастает степень сложности технических систем, товаров и услуг. Разработка, производство и продвижение на рынок таких предложений теперь возможны только благодаря интегрированным усилиям все большего числа все более

«узких» специалистов. Таким образом, умения «слушать» и «говорить», эффективно работать как в малой группе, так и в большом коллективе, являются все более весомыми компонентами качества профессиональной подготовки. Более того, педагоги и психологи подчеркивают, что познавательная деятельность существенно активизируется благодаря полиморфизму общения и единству мыслительной и речевой деятельности [7].

Исходя из сказанного сформулируем ещё одно, второе противоречие (ПР-II), *суть которого состоит в том, что технология группового обучения, базирующаяся на принципе «Один говорит – остальные слушают», так же, как и компьютерные технологии, не позволяет обеспечить ни полиморфизма общения ни единства «мыслеречевой» деятельности обучающихся.*

В связи с этим рассмотрим способ обучения в парах сменного состава, позволяющий преодолеть оба сформулированных противоречия ГСО.

Обучение в парах сменного состава (ОПСС): сущность и эксперимент. Первооткрывателем метода самообучения в парах сменного состава является русский педагог А.Г. Ривин (1878 – 1944 гг.). В работах В.К. Дьяченко [7], А.С. Соколова [6] и других авторов ОПСС получило дальнейшее развитие.

Сущность ОПСС состоит в том, что группа из N обучающихся (студентов) разбивается произвольно попарно на $N/2$ пары. Каждая из них получает предварительно сформулированный преподавателем фрагмент учебного материала и приступает к его изучению. После его усвоения состав пар меняется, и каждой новой паре выдается новое задание. При этом:

– каждая пара «работает» в «своем» темпе, в соответствии со своим ТУЗ;

– поощряются дискуссии внутри каждой пары, что обеспечивает единство «мыслеречевой» деятельности;

– смена состава пар обеспечивает полиморфизм общения, т.к. при каждой смене каждый студент получает возможность общения с новым партнером.

Обращает на себя внимание поразительная аналогия между принципами ОПСС и

идеями компьютерных технологий: в обоих подходах отчетливо прослеживается реализация упомянутого закона «дробления» ГСО. Вместе с тем ОПСС оставляет в микросистемах (обучающихся парах) возможность общения в ходе познавательной деятельности, обеспечивая максимальные объемы полиморфизма и мысле-речевой деятельности. По мнению автора этих строк, ОПСС наиболее перспективно для такой формы учебного процесса, как практические занятия. По этой причине для экспериментальной проверки эффективности ОПСС в Минском институте управления были выбраны практические занятия по читаемому автором курсу «Автоматизация производств на предприятиях», а конкретнее – по теме «Устойчивость автоматических систем». Было сформулировано по 25 задач на использование каждого из критериев устойчивости систем (Гурвица, Рауса, Михайлова, Найквиста) и на использование логарифмических амплитудно-фазовых частотных характеристик (А.Ф.Ч.Х.). В формулировках задач на бумажных носителях указывался критерий, по которому следовало исследовать устойчивость замкнутой системы и её передаточную функцию $W_p(S)$ в разомкнутом состоянии в виде:

$$W_p(S) = \frac{k \prod_{j=1}^m (T_j S + 1)}{S^v \prod_{i=1}^n (T_i S + 1)},$$

где: k – числовое значение коэффициента передачи системы;

T_j, T_i – постоянные времени, также в числовом виде;

v – порядок астатизма (0 или 1);

S – переменная Лапласа;

По этим заданиям парам следовало:

– найти передаточную функцию замкнутой системы (при использовании критериев Гурвица, Рауса, Михайлова) и её характеристическое уравнение; построить определитель Гурвица и вычислить его главные диагональные миноры;

– составить и заполнить таблицу Рауса, вычислив соответствующие коэффициенты;

– построить на комплексной плоскости по точкам или годограф Михайлова или $W_p(j\omega)$ (по Найквисту);

– построить Л.А.Ф.Ч.Х. для разомкнутой системы.

С целью уравнивания трудоемкости вычислений порядок $W_p(S)$ по разным критериям устойчивости задавался различным – от третьего до шестого.

В эксперименте участвовали студенты дневной (4 курс – 63 человека) и заочной (5 курс – 48 человек) форм обучения факультета Экономики (специальность «Экономика и управление на предприятии»).

Для анализа результатов эксперимента была разработана анкета, индивидуальные экземпляры которой на условиях анонимности заполнил каждый студент. Результаты эксперимента сведены отдельно для очной и заочной форм обучения на основе указанной анкеты и приведены ниже.

Анализируя распределение полученных ответов, прежде всего отметим, что:

– заметная часть студентов (43,5% у очников и 46% у заочников) отметили дискомфорт, связанный с необходимостью смены партнеров в методе ОПСС (этого результата, видимо, следовало ожидать в силу психологической неготовности студентов вести активный деловой диалог друг с другом при произвольном формировании пар);

– некоторая часть (17,7% и 15%) студентов отметили дискомфорт, связанный с отсутствием или неполнотой собственных конспектов лекций, что также было вполне ожидаемо;

– необходимость состязаться друг с другом по количеству решённых задач (22,6% и 8%) студентов отметили как фактор дискомфорта, но (14,5% и 21%) расценили её позитивно;

– возможность получать помощь от партнера по паре в виде консультации, конспекта лекций, калькулятора и т.п. высоко оценена студентами (51,2% и 25%) так же, как и возможность проявить индивидуальные способности (29% и 20%);

– достаточно близкими у очников (4,1 балла и 8,47 балла) и заочников (3,5 балла и 8,96 балла) оказались оценки студентами в десятибалльной системе традиционной методики проведения практических занятий и метода ОПСС;

Эффективность ОПСС, по нашему мнению, следует оценивать по следующим направлениям.

1. В каждой паре один из студентов неизбежно окажется более (ведущий) другой менее (ведомый) подготовленными, т.ч. в целом группа берет на себя функции коллективного «учителя» и коллективного «ученика»; при смене состава пары персоналии ведущего и ведомого могут изменяться, так что каждый студент в группе в течение всего занятия приобретает уникальную практику «мыслеречевой» познавательной деятельности и полиморфизма общения, выступает в различных ролях (учителя и ученика).

2. Функции источника учебной информации преподаватель выполняет на лекции (с обязательным рассмотрением в общем виде примеров – в нашем случае на использование всех упомянутых критериев устойчивости систем). На практических занятиях по методу ОПСС преподаватель выполняет функции организатора познавательной деятельности студентов, стимуляции самостоятельности, осуществляет контроль правильности решений задач и учет их количества у каждого студента и т.п.

Анкета участника педагогического эксперимента и распределение ответов на её вопросы

Вопросы анкеты и варианты ответов	Распределение полученных ответов в %	
	Дневная форма (63 студента)	Заочная форма (48 студентов)
1. Степень усвоения методики ОПСС из вводной беседы преподавателя:		
а) хорошая	88	75
б) недостаточная	12	25
2. Что в методике о ПСС вызвало у Вас дискомфорт?		
а) необходимость смены партнера	43,5	46
б) необходимость работать самостоятельно, выполняя функцию лидера в паре	8	4
в) отсутствие своего полного конспекта лекций, справочной литературы	17,7	15
г) необходимость состязаться друг с другом в группе по количеству решенных задач	22,6	8
3. Что в методике о ППС Вам понравилось?		
а) возможность общения с новым партнером при решении каждой новой задачи	16	2
б) возможность получить помощь от партнера в виде консультации, конспекта, калькулятора и т.д.	51,2	25
в) ярко выраженная самостоятельность за количество правильно решенных задач	14,5	21
г) спокойная и деловая обстановка на занятиях	43,5	14
д) отсутствие критических замечаний в ходе решения задач со стороны преподавателя	50	18
е) возможность проявления индивидуальных способностей	29	20
4. Какая функция в ходе занятий Вам понравилась больше?		
а) ведущего	76	67
б) ведомого	34	33
5. Какова Ваша общая оценка в десятибалльной системе методик проведения практических занятий?		
а) традиционной, когда один из студентов работает у доски...	4,1	3,5
б) по методу ПСС...	8,47	8,96

3. Результативность ОПСС следует оценивать по среднему количеству правильно решенных задач каждым участником эксперимента. Так, за три занятия по методу ОПСС студенты дневной формы обучения решили в среднем по 3,91 задачи, заочники – по 6,16 задачи. При использовании традиционной методики проведения практических занятий по опыту прошлых лет в аналогичных группах за занятие удавалось решить не более одной задачи той же сложности.

Таким образом, результативность ОПСС (по сравнению с традиционной методикой) оказалась выше в 1,3 раза у очников и в 2,05 раза у – заочников. Здесь, однако, следует учесть то важное обстоятельство, что при ОПСС каждый студент вынужден был самостоятельно (лишь с помощью партнера по паре) решать каждую задачу, тогда как в традиционной методике все студенты (за исключением одного – у доски) имеют возможность пассивно (!) списывать решение задачи с доски.

Особое внимание в эксперименте заслуживает тот факт, что студенты-заочники в среднем решили заметно больше (в 1,8 раза) задач, чем студенты очной формы обучения. Тема «Устойчивость автоматических систем»

излагалась заочникам в «свернутом» (из-за дефицита времени) виде, они априорно обладают меньшим значением m_v и большим значением σ_v , чем студенты-очники и, тем не менее, заметно превосходили последних при равных условиях в эксперименте.

По мнению автора, причина этого состоит в существенно различном распределении учебных занятий во времени. Лекции у студентов-очников были равномерно распределены по семестру, читали их по одной в неделю, практические занятия по теме «Устойчивость автоматических систем» оказались на 3 ÷ 5 (!) недель «оторванными» от соответствующих лекций.

У студентов-заочников лекции читались почти ежедневно, практикум по указанной теме выполнялся либо непосредственно после соответствующей лекции, либо с разрывом в 1–2 дня.

Таким образом, в ходе описанного эксперимента достаточно убедительное подтверждение получила эффективность идеи т.н. «дисциплинарно-модульного принципа» управления познавательной деятельностью, изложенного в [8] и развиваемого в Минском институте управления в рамках инновационного образовательного проекта «Импульс».

ЛИТЕРАТУРА

1. Михалев А.С. Кризис мировой образовательной системы. Инновационные образовательные технологии. 2005. №1. С. 7–14.
2. Кумбе Ф.Г. Кризис образования в современном мире: системный анализ. М.: Прогресс, 1970. С. 293.
3. Михалев А.С. Системный анализ учебного процесса в частном вузе // Экономика. Управление. Право. 2004. №1. С. 23–28.
4. Альтшуллер Г.С. Найти идею: введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск: Наука, 1991. С. 221.
5. Гедранович В.В. Квалиметрический инструментарий в управлении учебно-познавательной деятельностью студентов // Инновационные образовательные технологии. 2005. №1. С. 58–65.
6. Соколов А.С. Заметки об идее коллективного способа обучения ТРИЗ. М., 1998.
7. Дьяченко В.К. Организационная структура учебного процесса и её развитие. М.: Педагогика, 1989.
8. Михалев А.С. Дисциплинарно-модулярный принцип управления познавательной деятельностью как психологическая основа совершенствования образовательных систем // Белорусский психологический журнал. 2004. №3. С. 23–29.

РЕЗЮМЕ

В мировой образовательной системе к настоящему времени широко распространился групповой способ обучения поскольку именно он обеспечивает массовую подготовку специалистов. В статье сформулированы основные противоречия этого способа, первое из которых состоит в том, что детерминированная скорость подачи учебной информации не соответствует случайному характеру распределения скорости её усвоения обучающимися. Второе противоречие состоит в том, что как групповой способ, так и компьютерные технологии не обеспечивают единства «мысле-речевой» деятельности и полиморфизма общения в образовательном процессе.

Показано и экспериментально подтверждено на достаточно представительных группах студентов, что оба указанных противоречия преодолеваются путем использования на практических занятиях метода обучения в парах сменного состава.

SUMMARY

A group method of teaching is widely spread at the moment in the world educational system as this is the method that provides mass specialists' training. The main contradictions of this method are formulated in the article. The first contradiction is that the speed appointed for delivering educational information does not correspond with an accidental character of distributing the speed of its learning by students. The second contradiction is that both group method and computer technologies do not ensure the unity of «thought-speech» activity and the polymorphism of communication in educational process.

It is shown and proved experimentally on rather representative groups of students that both contradictions indicated can be overcome by using the method of teaching in pairs with interchanging membership during practical studies.