

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

ЗАКОН «ДРОБЛЕНИЯ» ДИДАКТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Лучшие законы
рождаются из обычаев.*

Ж. Жубер (1754–1824)
французский писатель

Введение в проблему. Национальные образовательные системы, развиваемые в течение многих веков, усилиями народов многих стран на разных континентах, тем не менее имеют к настоящему времени существенно больше сходных черт, чем отличий. Уже один этот факт убедительно свидетельствует о том, что в целом Мировая образовательная система развивается в соответствии с некоторыми наднациональными законами. В работе [1, с.5–13] в качестве научной основы для изучения указанных законов и инновационного совершенствования учреждений образования предложено использовать функционально-стоимостный анализ (ФСА) и теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ). В этой работе с использованием идей ФСА и ТРИЗ введены такие важные, по нашему мнению, понятия, как «степень идеальности ВУЗа» и его «инновационная чувствительность», даны их количественные оценки, выявлены основные классы инноваций в образовательных учреждениях. На основе данного подхода и системного анализа ВУЗа в работе [2, с.13–29] выявлены и количественно оценены противоречия и ограничения группового способа обучения (ГСО), господствующего в Мировой образовательной системе, а также описаны некоторые инновации для их преодоления. В работе [3, с.33–39] сформулирован закон объединения альтернативных дидактических систем, аналогичный известному в ТРИЗ закону объединения альтернативных технических систем (ТС), и показано, что на его основе появились такие, например, известные «бисистемы», как «обучение в парах сменного состава» и «программированное обучение». Поскольку последние оказались также альтернативными в смысле [4], то следует ожидать их дальнейшего объединения в дидактическую «квadro-систему», которая в [3] описана и названа «программированным обучением в парах сменного состава».

Таким образом, даже указанные результаты делают вполне оправданными дальнейшие усилия по адаптации известных в ТРИЗ законов развития технических систем (ТС) применительно к совершенствованию образовательных учреждений и дидактических систем. В связи с изложенным ниже сделана попытка обосновать применимость закона «дробления» технических систем,

сформулированного в ТРИЗ, для выявления и анализа инновационных процессов совершенствования дидактических систем. Чтобы воспользоваться при этом принципом аналогии, рассмотрим вначале действие закона «дробления» на простейших примерах совершенствования технических систем и дадим ему более расширенную формулировку.

Закон «дробления» в развитии технических систем

Пример 1. Формирование листового стекла. При изготовлении листового стекла одной из основных технологических операций является формирование (выравнивание) листа в еще раскаленном и потому пластичном состоянии на роликах конвейера, как это показано на рис. 1а.

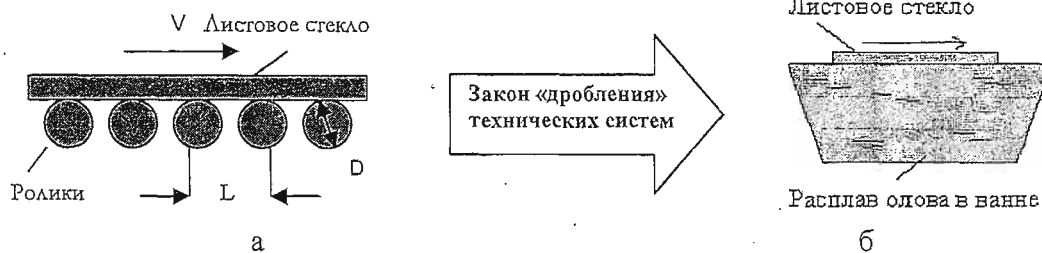


Рис. 1. Формирование листового стекла на роликах (а) и его совершенствование до формирования на расплаве олова (б) на основе закона «дробления» ТС

Как следует из этого рисунка, прокатываемый со скоростью V по роликам, еще пластичный лист раскаленного стекла выравнивается, постепенно охлаждаясь. Вполне очевидно, что чем меньше расстояние L между роликами, тем ровнее лист, т.е. выше качество получающегося стекла, но число роликов при этом увеличивается, а их диаметр D уменьшается, что усложняет систему управления ими и удорожает ТС в целом. Приходилось удовлетворяться некоторым компромиссом между «качеством» стекла и «сложностью ТС». Стекло при этом получалось «волнообразным», его приходилось дошлифовывать, доводя качество до кондиции.

Справа на рис.1.б. показан способ формирования листового стекла на поверхности расплавленного металла (олова) в ванне, который можно представить как предельный переход от роликов конвейера (от макроуровня) до атомов олова в ванне (т.е. до микроуровня). Нетрудно видеть, что «дробление» роликов исходной ТС до величины атомов расплава олова обеспечивает идеально ровную поверхность стекла и одновременно упрощает управление системой. Этот способ придуман Г.С. Альтшуллером в связи с предложением сотрудников научно-исследовательского института стекла «оптимизировать»

соотношение между L и D в традиционной роликовой системе и поначалу не был понят последними [4]. Однако через 7 лет он был запатентован одной из английских фирм и получил достойное распространение.

Обобщение огромного количества изобретений, базирующихся на использовании обобщаемого закона, позволило Г.С. Альтшуллеру сформулировать его в следующей редакции: «*Технические системы, развиваясь на «макроуровне» и достигая некоторого предела своего совершенства, закономерно переходят на «микроуровень» путем «дробления» на микросистемы и продолжают свое дальнейшее развитие на этом уровне»* [4].

По нашему мнению, данный закон в определенной степени отражает диалектическое единство и противоположность таких философских категорий, как «непрерывность» и «прерывность», характеризующих как структуру материи, так и процесс ее развития. Цитируя [5, с.433], отметим, что «прерывность» означает «зернистость», дискретность пространственно-временного строения и состояния материи, составляющих ее элементов, видов и форм существования, процесса движения, развития... Непрерывность же, напротив, выражает единство и взаимообусловленность элементов, составляющих ту или иную систему».

Как следует из этих определений, указанные категории характеризуют не только пространственные (геометрические) параметры той или иной системы или ее компонентов, но и взаимодействие между последними во времени.

Между тем приведенная выше формулировка закона «дробления» отражает лишь закономерные изменения геометрических характеристик в ходе совершенствования систем и поэтому, на наш взгляд, нуждается в расширении. Рассмотрим в этой связи еще

один пример совершенствования технических систем за счет «дробления» процесса управления во времени.

Пример 2. Совершенствование систем управления электродвигателем путем перехода от непрерывного (аналогового) способа управления к прерывному (дискретному). На рис.2.а представлен принцип одной из многочисленных разновидностей дискретного (широтно-импульсного) управления в данном случае двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.

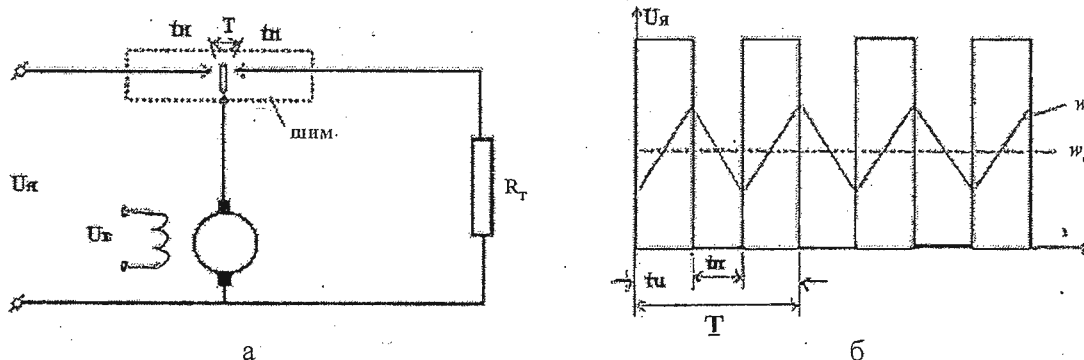


Рис. 2. Дискретное (широтно-импульсное) управление электродвигателем:
а – принципиальная схема; б – временные диаграммы

Суть способа состоит в том, что желаемое изменение средней скорости ω_{cp} двигателя достигается за счет изменения средней продолжительности периодических подключений с помощью ключа на рис. 2а (на интервалах импульсов $t_{и}$) якоря двигателя к питающему напряжению $U_{я}$ (скорость ω при этом увеличивается) и последующих переключений якоря на сопротивление торможения $R_{т}$ на интервалах пауз $t_{п}$ (скорость ω при этом уменьшается) при периоде $T = t_{и} + t_{п} = \text{const}$. С помощью широтно-импульсного модулятора (ШИМ) пропорционально управляющему сигналу $U_{у}$ изменяется относительная (средняя) длительность импульсов напряжения на якоре $U_{я} \equiv t_{и} / T \equiv U_{у}$, чем и достигается управление средней скоростью двигателя, т.е. $\omega_{cp} \equiv U_{у}$. Можно показать, что «дробление» процесса управления двигателем позволяет многократно уменьшить габариты системы управления и улучшить ее энергетические показатели по сравнению с непрерывными способами управления.

К настоящему времени в мире запатентованы многие десятки способов дискретного

управления и многие тысячи различных устройств для их реализации, каждое из которых в конечном итоге можно представить как «дробление» процесса управления во времени. Особенно эффективными оказались способы цифрового управления, в которых дискретизация осуществляется одновременно и по величине цифровых управляющих сигналов, и по времени с некоторой тактовой частотой.

С учетом изложенного возьмем на себя смелость расширить формулировку закона «дробления» технических систем следующим образом:

Технические системы, исчерпав возможности своего развития на некотором (макро-) уровне своей пространственно-временной организации, закономерно переходят на следующий (микро-) уровень путем «дробления» тех или иных своих компонентов и (или) процессов взаимодействия между ними и продолжают свое развитие на этом уровне, пока не будут исчерпаны и его возможности.

В соответствии с поставленной выше задачей сделаем ниже попытку адаптировать

сформулированный закон «дробления» к процессам совершенствования дидактических систем.

Закон «дробления» дидактических систем

Дидактические системы и реализующие их учреждения образования с полным основанием относят к так называемым «большим» системам и рассматривают их с кибернетических позиций «системного анализа» или «системного подхода». Попытка осмыслить внутривузовские процессы в терминах кибернетики, предпринятая в [6], привела нас к сложной, многомерной, многоконтурной, дискретно-непрерывной структуре ВУЗа, содержащей значительное

число элементов различной физической природы и ключей с разными периодами, замыкающими связи между ними. Более углубленное рассмотрение системы «Преподаватели» – «Студенты», проведенное в [2], выявило восемь (!) весьма серьезных противоречий, присущих групповому способу обучения (ГСО). В силу этого в качестве одного из важнейших параметров дидактических систем будем считать N – число одновременно обучающихся. Вторым параметром выберем интервал времени T_k между акциями контроля знаний обучающихся.

На рис. 3 представлены проявления закона «дробления» дидактических систем по параметру N .

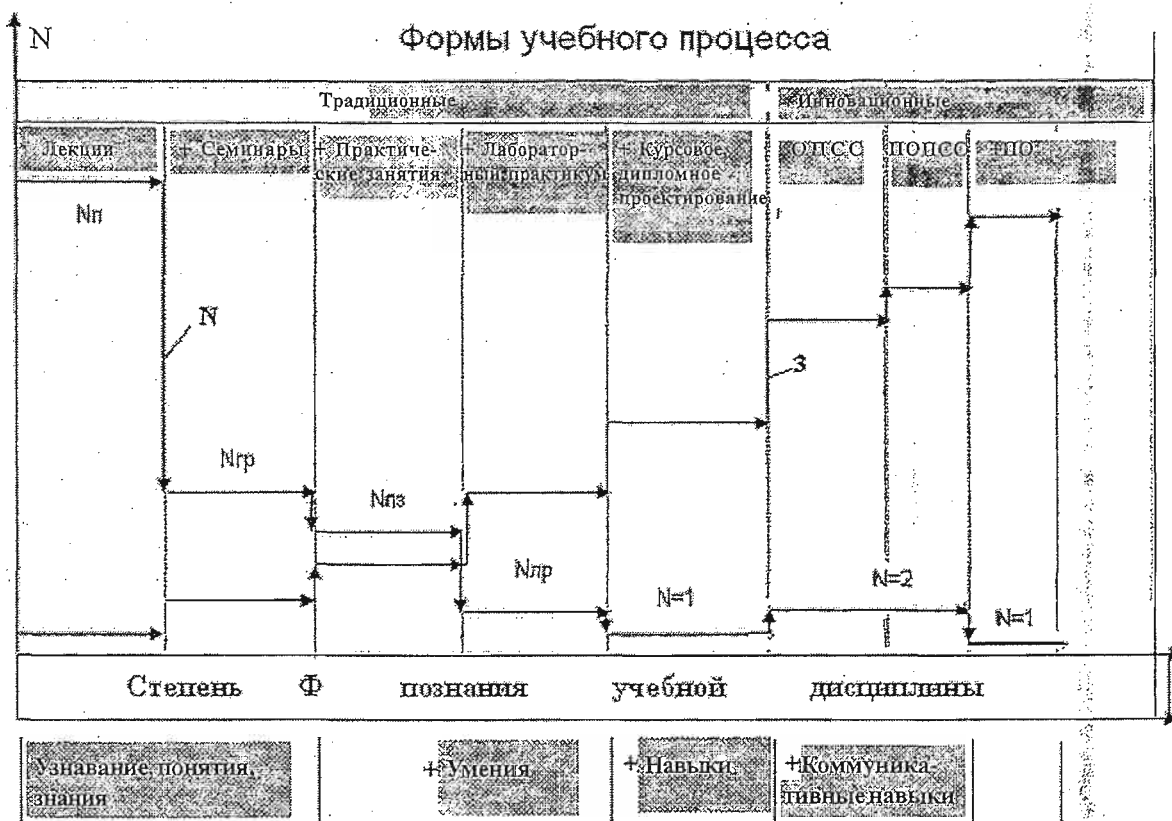


Рис. 3. Проявления закона «дробления» дидактических систем по числу N одновременно обучающихся

На этом рисунке по горизонтальной оси условно отложена степень Φ познания той или иной учебной дисциплины, по вертикальной оси слева: N – число одновременно обучающихся, а справа – параметр Z – расходы на обучение одного обучающегося.

Хронологически первой формой учебного процесса, появившейся еще в средневековых университетах, были лекции, они не накладывали каких-либо дидактических ограничений на число N_n студентов в лекционном потоке. Поэтому расходы на обучение одного студента

оказывались минимальными. Впрочем, степень познания на лекциях учебной дисциплины также ограничивалась начальными уровнями «узнавания», «понятий» и «знаний». По-видимому, первое проявление закона «дробления» дидактических систем состояло в появлении дополнительной формы учебного процесса — семинаров, в которых число одновременно обучающихся уменьшалось до размеров одной группы $N_{гр}$. Следующее «дробление» заключалось в появлении практических занятий, когда число обучающихся сократилось до полугруппы $N_{пб}$.

С появлением инженерных специальностей появляются новые формы учебного процесса — лабораторный практикум, курсовое и дипломное проектирование — и происходят очередные «дробления» дидактических систем, показанные на рис. 3. При этом каждое «дробление» дидактической системы, реализующей ГСО, сопровождалось увеличением качества обучения Φ и соответствующим увеличением затрат, т.е. параметра Z , т.к. расширялся ассортимент учебных помещений, требовалось дорогостоящее лабораторное оборудование и т.д. Однако, уже на практических занятиях и в ходе лабораторного практикума стало возможно увеличение степени познания дисциплины до уровня «умений», а с помощью курсового и дипломного проектирования приобретались некоторые «навыки».

В дополнение к традиционным формам учебного процесса на рис.3 представлены следующие инновационные формы:

- обучение в парах сменного состава (ОПСС);
- программированное обучение (ПО);
- программированное обучение в парах сменного состава (ПОПСС).

Эти дидактические системы получены путем «дробления» ГСО не только по параметру N , но и по объему одноразово предъявляемого обучающимся учебного материала, и по интервалу времени между акциями контроля знаний. Это делает их по сути вполне аналогичными техническим системам с цифровым управлением.

Вполне исчерпывающее описание и анализ дидактических систем «ОПСС», «ПО», «ПОПСС» даны в работах [7, 3, 2]. Поэтому

подчеркнем здесь лишь весьма существенные преимущества систем «ОПСС» и «ПОПСС», состоящие в том, что они обеспечивают максимальные объемы «мысле-речевой деятельности» и «полиморфизма» общения, что не только интенсифицирует учебный процесс, но и развивает коммуникативные навыки обучающихся.

Таким образом, одной из магистральных линий развития дидактических систем является их «дробление» по числу одновременно обучающихся, которое позволяет в конечном итоге приблизить групповой способ обучения к индивидуальному, по возможности адаптироваться к индивидуальным познавательным способностям обучающихся, сохраняя при этом его главное преимущество — высокую производительность педагогического труда.

Рассмотрим далее проявления закона «дробления» дидактических систем по другому выбранному нами параметру T_k — интервалу времени между акциями контроля знаний обучающихся, представленные на рис. 4. На этом рисунке вдоль горизонтальной оси размещены различные традиционные и инновационные дидактические системы, а по вертикальной — характерные для них значения параметра T_k . Наибольшее значение этого параметра, естественно, заключается между вступительными и выпускными госэкзаменами, охватывающее весь период обучения.

Традиционные «дробления» учебного года заключаются в его разделении на учебные семестры, триместры и четверти с экзаменационными сессиями между ними. Однако, как показывают расчеты, выполненные в [8, 2], этого дробления оказывается явно недостаточно. Традиционное стремление к равномерному распределению занятий по семестру по каждой учебной дисциплине и увеличение числа последних до 10–12 в семестре приводит к т.н. противоречиям «дискретности», «ассортимента» и «асинхронности» [2].

Поэтому в последнее время появляются публикации, в которых предлагаются дальнейшие «дробления» учебного года на дисциплинарные модули, число которых в [9, с.40–48] составляет пять за учебный год, а в [8] — восемь. Такие «дробления» позволяют преодолеть



Рис. 4. Проявление закона «дробления» дидактических систем по параметру T_k — интервалу времени между акциями контроля знаний обучающихся

упомянутые выше противоречия «дискретности», «ассортимента» и «асинхронности».

Дальнейшие «дробления» инновационных дидактических систем по параметру T_k отчетливо проявляются в системах «ОПСС», «ПО» и «ПОПСС». Однако принципиальные отличия этих «дроблений» от предыдущих состоят в том, что интервалы времени между соседними акциями контроля знаний определяются самими обучающимися, их величина имеет случайный характер, т.е. здесь достигается полная адаптация процесса обучения к индивидуальным познавательным способностям студентов и преодолевается еще одно серьезное противоречие ГСП, которое в [2] названа противоречием «усвоения-подачи».

Таким образом, другой важной, по нашему мнению, линией развития дидактических систем является закономерное уменьшение (дробление) интервалов времени между акциями контроля знаний обучающихся, что в полной мере согласуется с механизмами памяти, изучаемыми в «теории затухания следов» и «теории интерференции» [10, с. 60–61].

Все вышеизложенное позволяет нам сформулировать закон дробления дидактических систем в следующем виде:

Дидактические системы, исчерпав возможности развития на некотором (макро-) уровне своей системной организации, переходят на следующий (микро-) уровень путем «дробления» некоторых своих компонентов и (или) взаимодействия между последними во времени и продолжают свое развитие на этом уровне, пока не будут исчерпаны и его возможности.

Общеизвестно, что закономерности и законы развития систем выявляются не только и не столько с познавательной точки зрения, но и для дальнейшего инновационного их совершенствования. С учетом этого можно прогнозировать рост интереса педагогической общественности к таким инновационным системам, как «дисциплинарно-модульное обучение», «обучение в парах сменного состава», «программированное обучение» и «программирование обучения в парах сменного состава» и их различных сочетаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михалев А.С. Научные основы инновационного совершенствования частных ВУЗов // Инновационные образовательные технологии. 2006. №1.
2. Михалев А.С. Противоречия группового способа обучения и инновации для их преодоления // Инновационные образовательные технологии. 2007. №1.
3. Михалев А.С. Закон объединения альтернативных дидактических систем // Инновационные образовательные технологии. 2007. №2.
4. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск: Наука, 1991.
5. Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983.
6. Михалев А.С. Системный анализ учебного процесса в частном ВУЗе // Экономика, управление, право. 2004. №1(9).
7. Михалев А.С. Обучение в парах сменного состава: теория и эксперимент // Инновационные образовательные технологии. 2006. №2.
8. Михалев А.С. Дисциплинарно-модульный принцип управления познавательной деятельностью как психологическая основа совершенствования образовательных систем // Белорусский психологический журнал. 2004. №3.
9. Белова С.М. Основные требования к разработке рейтинговой системы ВУЗа (из опыта работы в КГУ) // Инновационные образовательные технологии. 2007. №3.

РЕЗЮМЕ

Сформулирован закон «дробления» дидактических систем, аналогичный известному в теории решения изобретательских задач закону «дробления» технических систем. Показано, что магистральными линиями развития дидактических систем являются «дробления» группового способа обучения по числу одновременно обучающихся студентов и интервалу времени между акциями контроля их знаний. Сделан вывод об особенной эффективности «дисциплинарно-модульного обучения», «обучения в парах сменного состава», «программированного обучения» и «программированного обучения в парах сменного состава», а также различных их сочетаний.

SUMMARY

The law of dividing didactic systems, which is similar to the law of dividing technical systems known in the theory of solving inventive problems is formed. It is shown that the main method of developing didactic systems is the division of a group method of education into separate methods based on either the number of students who are being taught at the same time or the time interval between the actions directed at controlling their knowledge. A conclusion regarding particular effectiveness of «disciplinary-modular education», «teaching in pairs of changing membership», «programmed teaching», «programmed teaching in pairs of changeable membership» as well as various combinations of these types of education is made.