

## О НЕКОТОРЫХ СПОСОБАХ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

В. М. РАЗИН, В. С. ШУВАРИКОВ

Современная эпоха развития общества характеризуется экспоненциальным ростом научных знаний. Наука все больше открывает закономерности природы, находит все новые и новые пути воздействия на нее. Открытые наукой закономерности могут использоваться только в том случае, если ими овладеют люди, непосредственно занятые в сфере материального производства. Эту задачу решает образование. Поэтому образование необходимо рассматривать как могучее средство связи науки и производства, как средство получения максимального количества продуктов в минимальное время и с минимальными затратами.

Быстрый рост научной информации все более превышает возможности усвоения ее производственными рабочими. Наличие все увеличивающегося разрыва во времени между научными открытиями и освоением их в сфере материального производства приводит к экономическим потерям от длительного неиспользования открывшихся возможностей. Поэтому стоит задача поисков путей совершенствования системы образования, которые бы приводили к максимальному сокращению этого разрыва. Современная научная техническая революция, когда профессии изменяются настолько быстро, что новые процессы и новая продукция делают достигнутое ранее мастерство устарелым, придает особую остроту и значимость постановке и решению этой задачи.

Специфика развития сферы образования заключается, во-первых, в экономической необходимости качественного улучшения и ускорения усвоения обучающимися определенной суммы ранее накопленных человечеством знаний, и, во-вторых, в экономической целесообразности усвоения определенной суммы новых открытых наукой знаний за лимитированное время обучения. Это создает большие трудности при организации и управлении учебным процессом. В современных условиях система образования попадает из области статики в область динамики. От нее требуется непрерывное регулирование содержания и методов обучения для обеспечения быстро изменяющихся условий производства и дальнейшего научно-технического прогресса. Все это настоятельно требует разработки методов научно-обоснованной организации и управления системы образования. В этом плане пока, как замечает академик А. И. Берг, из трех сфер человеческой деятельности: науки, образования и производства — самой консервативной сферой является образование<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> А. И. Берг. Предисловие к книге Молибога А. Г. «Программированное обучение». М., 1967.

В настоящее время все большее применение в различных областях находит кибернетика — наука об управлении, изучающая организацию и процессы восприятия, переработки, сохранения, воспроизведения и передачи информации в сложных системах различной природы и выявляющая общие свойства и закономерности этих процессов. С этой точки зрения образование как сложная функционирующая система является предметом исследования кибернетики.

Основным звеном системы образования является человек. В процессе своего развития человек воздействует на природу с целью получения продуктов потребления, необходимых для его существования. В процессе воздействия человек регистрирует, перерабатывает и сохраняет информацию о природе с целью более эффективного последующего воздействия на нее. Иными словами, в процессе воздействия на природу человек самообучается. Процесс самообучения представляет собой кибернетическую самоорганизующуюся систему.

Механизм этой системы представляет собой замкнутый контур последовательно соединенных звеньев: управляющего устройства (мозга), исполнительного устройства (комплекса функционирующих мышц), объекта управления (природы), устройства регистрации (комплекса органов зрения, слуха, осязания). Управляющее устройство взаимосвязано с устройством памяти (комплекса нейронов).

Функционирование системы осуществляется следующим образом. У. У. (управляющее устройство) формирует управляющую информацию (команды) и подает их на И. У. (исполнительное устройство). В зависимости от содержания команд И. У. воздействует на У. Р. (устройство регистрации), которое регистрирует свойства и явления О. У. (объекта управления). И. У. может также воздействовать на О. У. Тогда У. Р. регистрирует и результаты этого воздействия. Информация о регистрации подается в У. У., где она перерабатывается. Переработка информации происходит в результате циркуляции информации по контуру У. У. — У. П. Переработанная информация подается в У. П. (устройство памяти), где она хранится длительное время. Результатом переработки является сформированная У. У. следующая команда, которая снова подается в И. У. Дальнейшее функционирование системы аналогично.

В процессе функционирования системы человек производит продукты своего труда в виде материальных средств, которые являются результатом действий И. У., и знаний, которые являются результатом переработки информации и хранятся в У. П. Материальные средства и знания человек включает снова в работу системы с целью получения большего количества продуктов своего труда. Функции И. У. можно назвать физическим трудом, а функции У. Р. и У. У. — умственным трудом или процессом самообучения. Процесс функционирования человека в системе можно назвать самоорганизацией, а систему в целом — кибернетической самоорганизующейся системой.

В процессе функционирования системы У. У., перерабатывая информацию, постоянно оптимизирует формирующиеся при этом управляющие команды, тем самым оптимизирует функционирование системы в целом. Содержание оптимизации умственного труда заключается в стремлении зарегистрировать (воспринять) максимум необходимой информации о природе, переработать (осмыслить) максимальное количество зарегистрированной информации, сохранить (запомнить) максимальное количество переработанной информации, воспроизвести максимум сохраненной информации за минимальное время с минимальными затратами человеческой энергии.

Оптимизация восприятия заключается в создании благоприятных условий для одновременной работы всех регистрирующих органов.

Логическая последовательность регистрации и передачи информации в У. У. способствует более быстрой переработке ее управляющим устройством. Результаты переработки зарегистрированной информации управляющим устройством зависят также от количества сохраненной в У. П. ранее переработанной информации. Чем больше объем сохраненной информации, тем большее количество зарегистрированной информации У. У. может переработать. Поэтому оптимизация переработки информации заключается не только в создании благоприятных условий для работы мозга, не только в создании логической последовательности регистрации информации, но и в стремлении сохранить максимум ранее переработанной информации в У. П.

У. П. человека обладает свойством постоянной потери переданной ей на хранение информации. Ферстер в работе «Теория памяти, построенная на принципах квантовой механики» получил аналог памяти в предположении, что скорость изменения числа существующих в данный момент элементов переработанной и переданной информации пропорциональна сумме исчезающих элементов информации и коэффициенту обучения, представляющим собой обратную связь отрицательного забывания<sup>2)</sup>). Он получил математическую зависимость доли сохранения переданной после переработки зарегистрированной информации от времени в виде экспоненты, стремящейся в бесконечности к некоторой установившейся доли сохранения переданной информации. Крутизна и величина установившейся доли сохранения переданной информации характеризуется коэффициентами забывания и заучивания, являющимися постоянными величинами для отдельного устройства памяти в определенных условиях. Одним из условий получения меньшей крутизны и большей величины установившейся доли сохранения информации является резкая перемена содержания регистрирующей информации периодически через 30—50 минут. Это объясняется вступлением в процесс переработки информации новых нейронов<sup>3)</sup>.

Следует заметить, что установившаяся доля сохранения переданной информации, полученная теоретически Ферстером, практически будет также уменьшаться, если брать во внимание несравнимо большой интервал времени. Естественно предположить, что это уменьшение будет характеризоваться аналогичной экспоненциальной кривой, введенной Ферстером, но с несравнимо меньшей крутизной.

Эксперименты Вудвортса позволили сделать важный вывод о том, что при повторении регистрации, переработки и передачи потерянной информации в У. П. экспонента стремиться в бесконечности к повышенному значению доли сохранения переданной информации. При многократных повторениях значение доли сохранения информации стремиться к единице. Повторения целесообразно проводить через интервалы времени, равные 2—3 суткам. В этом случае повышение доли сохранения информации и уменьшение средств для повторений в зависимости от времени будет характеризоваться экспоненциальным законом. Причем, первые 3—4 повторения позволят получить значение доли сохранения переданной информации до 0,9, а время этих повторений будет примерно равно времени переработки информации при первой регистрации<sup>4)</sup>.

Отсюда следует вывод о необходимости периодических повторений регистраций, переработки и передачи в У. П. потерянной информации. Это позволит сохранить максимум впервые зарегистрированной инфор-

<sup>2)</sup> С. Бир. Кибернетика и управление производством. М., 1965.

<sup>3)</sup> А. Н. Лук. Память и кибернетика. М., 1966.

<sup>4)</sup> Р. Вудвортс. Экспериментальная психология. М.—Л., 1950.

мации, а следовательно, ускорить и увеличить объем переработки в будущем зарегистрированной информации.

Из изложенного также следует, что существующий метод оценки знаний в высшей школе необъективен, так как он не позволяет отличать установившиеся знания от временно существующих. Для объективной оценки необходимо учитывать количество и эффективность повторений регистрации, переработки и передачи потерянной информации.

Формирование и содержание управляющих команд зависит также от объема сохраненной в У. П. переработанной информации и способности У. У. воспроизвести ее. Существует три уровня воспроизведения информации из У. П.: воспроизводящий, когда сохраненная информация воспроизводится полностью без какой-либо помощи, опознающий, когда информация воспроизводится полностью только после того, как показан образ этой информации, облегчающий, когда информация воспроизводится полностью после короткого повторения ее<sup>5)</sup>.

В высшей школе знания оцениваются в основном по воспроизводящему уровню памяти. Сохранение переработанной информации на этом уровне значительно труднее и требует больше времени и средств от обучающегося. Вместе с тем учебный материал в высшей школе имеет и такие элементы информации, которые можно оценивать по опознающему и облегчающему уровню воспроизведения, так как на содержание и формирование управляющих команд эти элементы влияют очень редко. Это позволит получить резерв времени и средств для регистрации, переработки и сохранения дополнительного объема информации.

С целью повышения эффективности физического труда человек применяет различные машины, которые увеличивают силу и скорость действий его И. У. на природу.

Аналогичным усилителем, усилителем умственного труда обучающихся является учитель. Учитель представляет собой также сложную самоорганизующуюся систему, которая отличается от системы обучающегося большим объемом переработанной и сохраненной информации в У. П. Для учителя объектом управления является обучающийся, представляющий собой часть природы, на которую необходимо воздействовать с целью получения продуктов труда, а также регистрировать результаты воздействия с И. У. обучающегося с целью переработки, сохранения и формирования более эффективных управляющих команд. Для обучающегося О. У. является учитель, представляющий собой также часть природы с целенаправленно действующим И. У., результаты которого необходимо регистрировать обучающемуся с целью переработки, сохранения и формирования более эффективных управляющих команд. Если воздействие учителя на обучающегося характеризовать как прямую связь, то воздействие обучающегося на учителя — как обратную связь. Рассматривая два типа воздействия в единстве, получаем более сложную кибернетическую систему — систему обучения.

Действия И. У. учителя могут регистрировать одновременно несколько обучающихся, что говорит о возможности массового обучения. Действия И. У. каждого обучающегося возможно регистрировать с помощью специальных датчиков и автоматов контроля. С помощью вычислительной машины зарегистрированную информацию возможно быстро переработать и подать на У. Р. учителя. При этом время переработки, сохранения и формирования управляющих команд для учителя намного сократится и разгрузит У. П. учителя от запоминания необя-

<sup>5)</sup> А. Н. Лук. Память и кибернетика. М., 1966.

зательной информации, что решает вопрос о возможности массового эффективного обучения.

Учитывая необходимость повторений потерянной информации после первой регистрации, переработки и сохранения полезно организовать управление обучением таким образом, чтобы после первого усвоения обучающимися одной темы учебного материала запланировать время, необходимое для повторений, то есть осуществлять обучение пошагово.

Молибог в своей работе «Программированное обучение»<sup>6)</sup>, основываясь на опыте Белорусских вузов, заключает, что повторениями должны быть последовательно осуществляемые через некоторые интервалы времени обучающимися этапы самостоятельной работы, самоконтроля и консультации, практической работы. Первое восприятие (лекции) и этапы повторений в этом случае имитируют процесс движения информации в обучающемся, который заключается в регистрации, переработке, сохранении и воспроизведении информации.

Математическое описание процесса обучения, а его возможность показана в работе В. И. Петухова «Процессы регулирования в моделях обучаемости»<sup>7)</sup> и в вышеназванной работе Ферстера, позволит построить модель учебного процесса как для последовательного изучения учебных дисциплин, так и для параллельного и последовательно-параллельного изучения их. Входной величиной модели является скорость движения управляющей информации, создаваемой устройством, имитирующим действие учителя. Выходной величиной является качество воспроизведения информации, создаваемое устройством, имитирующим действие обучающегося. С помощью обратной связи осуществляется стабилизация качества воспроизведения за счет изменения входной величины — скорости движения информации.

В связи с постоянным ростом научно-технической информации процесс обучения будет эффективным только в том случае, если скорость движения информации, создаваемая учителем, будет непрерывно возрастать. Пределом возрастания скорости является величина роста научно-технической информации по изучаемой специальности.

Возрастание скорости пропорционально возрастанию качества воспроизведения информации обучающимся. Поэтому рост эффективности процесса обучения обуславливается повышением качества воспроизведения информации обучающимся, которое зависит от содержания управляющей информации учителя, эффективности регистрации, переработки и сохранения обучающимся, некоторые способы оптимизации которых были изложены выше.

С помощью модели процесса обучения можно получить графическую кривую накопления объема переработанной, сохраненной, способной к воспроизведению информации обучающегося за время учебы, например, в вузе. Эта кривая представляет собой часть экспоненциальной кривой, так как обучающийся имел до вуза некоторый объем информации и после окончания вуза накопленный объем информации будет увеличиваться. Процесс накопления информации идеально можно представить в виде прямой линии, наклоненной к оси абсцисс под некоторым углом, характеризующим максимальную возможную скорость движения управляющей информации, создаваемой учителем. При постоянной оптимизации процесса обучения часть экспоненциальной кривой будет приближаться к идеальной прямой, т. е. уменьшать свою кривизну.

<sup>6)</sup> А. Г. Молибог. Программированное обучение. М., 1967.

<sup>7)</sup> В. И. Петухов. Процессы регулирования в моделях обучаемости. Рязань, 1966.

Назовем условно произведение времени на объем информации, способный к воспроизведению, реальным усвоением, а произведение времени на объем информации, который мог бы стать способным к воспроизведению, возможным усвоением. Тогда площадь между экспоненциальной кривой и осью абсцисс характеризует реальное усвоение, а площадь между идеальной прямой и экспоненциальной кривой характеризует возможное усвоение. Площадь возможного усвоения образуется за счет необходимого времени для повторений, а также за счет результатов неполной переработки зарегистрированной информации. Пределом оптимизации будет являться такое положение, когда площадь, обусловленная неполной переработкой зарегистрированной информации, исчезнет. В этом случае экспоненциальная кривая будет делить всю площадь на площади реального усвоения и возможного усвоения, обусловленной только за счет необходимого времени для повторений.

В случае уменьшения необходимого времени для повторений, образуется площадь за счет результатов неполной переработки информации намного большая, чем площадь за счет уменьшения времени для повторений. Это объясняется тем, что неполная переработка однажды зарегистрированной информации влечет за собой неполную переработку каждой последующей логически связанной зарегистрированной информации. При этом неувоенный объем информации будет непрерывно расти, увеличивая площадь вероятного усвоения и уменьшая площадь реального усвоения, что крайне нежелательно.

Если представить темы всех учебных дисциплин, необходимых для изучения обучающимися, в виде операций с событиями начала и завершения, как это делается в сетевых графиках, и найти логическую последовательность изучения этих тем, то с помощью цифровой вычислительной машины можно построить множество сетевых планов последовательно-параллельного изучения тем всех дисциплин. С помощью модели процесса обучения можно в короткое время получить графические кривые накопления объема переработанной, сохраненной и способной к воспроизведению информации обучающимися. Оптимальным сетевым планом следует считать тот, графическая экспоненциальная кривая которого наиболее близко приближается к идеальной прямой накопления информации. С помощью модели можно быстро проверить влияние изменений в организации и управлении учебным процессом на величину усвоенного обучающимися учебного материала, а также получить сетевой план с учетом изменений, что особенно важно для учебных учреждений, где учебный процесс длится 3—6 лет.