

Введение Потребность в моделировании процесса обучения и накопления знаний учащимися возникает, как правило, тогда, когда нужно оптимизировать учебный процесс. Моделирование позволяет заменить длительный и трудоемкий процесс сбора фактического материала для последующего определения наилучших значений параметров процесса обучения на быстрое и эффективное генерирование данных с помощью компьютерной модели. Вопросам моделирования в образовании посвящен целый ряд научных работ и публикаций. В частности в работе [1] проведен анализ психолого-педагогических исследований по проблеме развития интеллекта инженера и выделен важный его элемент - эмоциональная компетентность. Разработана теоретическая модель развития эмоциональной компетентности на основе выполняемых эмоциями функций. Авторами работы раскрыты уровни развития межличностных и внутриличностных эмоциональных компетенций и социальных навыков. Представлен содержательный блок теоретической модели: мотивационный, социальный и биологический. В статье [2] рассматриваются компоненты модели совершенствования профессиональной подготовки студентов технических вузов. В работе [3] речь идет вновь о моделировании профессионального последипломного образования провизоров на основе анализа литературных источников по вопросам педагогического, а также психологического проектирования учебного процесса в системе ПДО. Компьютерное моделирование процесса обучения и накопления знаний может быть основано на применении различных подходов. В работе [4] рассматривается решение задачи моделирования с помощью детерминированной математической модели и ее аналитического решения. В результате моделирования авторы работы смогли определить влияние различных факторов на процесс обучения и усвоения учебного материала. Другой подход используется в работе [5]. В качестве средства решения задачи изучается возможность использования имитационной модели. Статья посвящена разработке мультиагентной имитационной модели учебного процесса вуза, отражающей состояние и динамику передачи и накопления знаний с анализом и прогнозированием качества образования. Описываются методы, алгоритмы и программная реализация агентно-ориентированной имитации взаимодействия обучаемого и преподавателя с учетом психофизиологического, эмоционального и когнитивного состояний интеллектуальных агентов в универсальной имитационной системе Simplex3. В работе [6] рассматриваются математические модели, описывающие взаимодействие субъектов учебного процесса в соответствии с правилами теории конечных автоматов. Теоретическим фундаментом модели является автоматная модель гибридного вида и ее свойства, а также некоторые модели и методы, созданные авторами или привлеченные из теории интеллектуальных систем. Экспериментальная часть В настоящей статье в качестве инструмента моделирования процесса накопления

знаний предлагается использовать детерминированную компьютерную модель, включающую элементы имитационного моделирования. В основу детерминированной составляющей положен алгоритм решения математической модели в форме дифференциального уравнения. Блок имитационного моделирования использует подпрограммы генерирования результатов контроля уровня накопленных знаний, в основу которых положены фактические данные и фактические законы распределения моделируемых параметров. Рассматривая суть вопроса, можно отметить следующее. Обучение и накопление знаний человеком можно представить как непрерывный процесс, что позволяет перейти к разработке аналоговой модели и использованию математического аппарата бесконечно малых величин. В процессе обучения объем знаний V непрерывно и монотонно изменяется – увеличивается с мгновенной скоростью dV/dt . Очевидно, что скорость накопления знаний пропорциональна кванту усвоенного учебного материала M_i в дискретной модели или функции $M(t)$ в аналоговой модели. Кроме того, на росте объема знаний отрицательно сказывается процесс их рассеивания (диссипации) в результате естественных психофизических человеческих особенностей, когда часть материала просто забывается. Свойство потери части накопленной информации свойственно всем людям, но количественный показатель у каждого индивидуален. Чтобы учесть потери знаний в результате рассеивания, используется коэффициент диссипации k . Пусть он имеет простой смысл и отражает долю рассеиваемой информации в общем ее объеме. Тогда общие потери знаний можно выразить произведением $k \cdot V$. Таким образом, учитывая общий баланс знаний, можно построить несложную математическую модель: $dv / dt = M(t) - k \cdot t$, где V – текущий объем знаний, t – время, $M(t)$ – усвоенный учебный материал, k – коэффициент рассеивания знаний. Функция усвоенного учебного материала включает две составляющие: материал, усвоенный во время аудиторных занятий и материал, усвоенный во время самостоятельного обучения (СРС). Очевидно, что степень усвоения материала у каждого человека индивидуальна. Чтобы учесть этот фактор, используются коэффициенты степени усвоения a и s , соответственно, учебного материала во время аудиторной и самостоятельной работы. Тогда функция усвоенного материала может быть вычислена по формуле: $M(t) = a \cdot m_a + s \cdot m_s$, где a – коэффициент усвоения учебного материала во время аудиторных занятий, m_a – учебный материал, преподносимый во время аудиторных занятий, s – коэффициент усвоения учебного материала во время самостоятельных занятий, m_s – учебный материал, изучаемый во время самостоятельного обучения. На основе математической модели может быть разработана компьютерная модель, которая позволяет провести численный эксперимент и визуализировать результаты с помощью графических средств. В данной работе в качестве инструмента реализации компьютерной модели была использована среда программирования Borland Delphi, которая позволяет эффективно

проектировать программное обеспечение, применяя RAD-технологии, и включает мощные библиотеки визуальных компонентов. При проведении численного эксперимента можно оценить влияние различных факторов на процесс обучения и накопления знаний. В частности, задавая значения уровня начальных знаний V_0 , которые формируются при изучении студентами предыдущих или смежных учебных дисциплин, величину коэффициентов усвоения учебного материала a и s , коэффициента рассеивания знаний k , можно прогнозировать результат обучения. На рис. 1 показан один из результатов моделирования, представленный в графической форме. Рис. 1 – Результаты численного моделирования роста объема знаний. Обозначения: ряд 1 – без учета рассеивания; ряд 2- с учетом рассеивания и восстановления; ряд 3 – без учета восстановления. Кривая 2 показывает динамику накопления знаний во времени с учетом их рассеивания при значениях $V_0 = 20$; $a = 0,8$; $s = 0,6$; $k = 0,4$; $m_a = 60$; $m_s = 40$. Кривая 1 показывает динамику роста знаний в идеальном случае без учета рассеивания. Кривая 3 моделирует обучение без применения повтора изученного материала. В модели используется безразмерное время. За единицу принято общее время, отведенное на изучение предмета. Соотношение изучаемого учебного материала в аудиторное время и самостоятельно задано как 60 к 40. Такое соотношение характерно для большинства дисциплин, изучаемых студентами очной формы обучения. Для очно-заочной формы обучения это соотношение равно 40 к 60, а для заочной - 10 к 90. Таким образом, при уровне начальных знаний 20 единиц из 100 возможных, уровне усвоения учебного материала во время учебных занятий 0,8 и 0,6 при самостоятельной работе, а также коэффициенте потерь - 0,4, можно достичь в процессе изучения предмета уровня знаний 72 единицы. Кривая 1 показывает результаты накопления знаний при условии отсутствия их рассеивания, т.е. при $k = 0$. При таких идеальных условиях можно достичь результата 92 единицы. Таким образом, потери знаний в результате забывания существенны. Кривая 3 отражает динамику роста знаний при отсутствии самостоятельной работы, т.е. при значении коэффициента $s = 0$. Хорошо видно, что самостоятельная работа сильно сказывается на конечном результате. При ее отсутствии даже эффективная работа во время аудиторных занятий не позволяет получить удовлетворительного результата - 60 единиц. Результаты такого моделирования могут быть полезны для получения некоторых качественных выводов. Однако, в большей степени представляет интерес моделирование с использованием реальных параметров учебного процесса. Так, например, использованный в расчетах начальный объем V_0 в 20 единиц, вероятно, несколько завышен. Естественно, учебный план построен таким образом, чтобы процесс обучения и получения знаний носил непрерывный и последовательный характер. Например, студент-механик начинает изучать «Сопротивление материалов» после завершения «Теоретической механики», «Материаловедения» и «Математики».

Он получает знания в области дифференциального и интегрального исчисления, свойств материалов, методов их испытаний и упрочнения, основ статики и динамики. Несмотря на это, реальные начальные знания при изучении «Сопrotivления материалов» его ниже 20 единиц. Значения основных коэффициентов модели индивидуальны для отдельных студентов и требуют измерений. Для проведения измерения значений удобно использовать компьютерные тесты. Нами тестировалось большое количество студентов и проводилась статистическая обработка результатов. Анализ большого объема данных показал, что значения коэффициентов можно рассматривать как нормально распределенные случайные величины. Результаты практических измерений уровня знаний студентов в процессе изучения дисциплины «Сопrotivление материалов» показаны на рис. 2. Анализ результатов измерения уровня знаний показывает, что почти 2/3 студентов показали уровень знаний, лежащий в диапазоне 55 – 75 баллов. Проверка установила, что распределение уровня знаний носит характер нормального закона с выборочным средним 65 баллов и среднеквадратичным отклонением 15 баллов. Рис. 2 – Результаты практических измерений уровня знаний студентов. Обозначения: ряд 1 – отличный уровень; ряд 2 – средний уровень; 3 – слабый уровень Кривая 1 показывает динамику роста знаний студентов, достигших в итоге отличных результатов (уровень выше 87 баллов). Аналогичная кривая 2 показывает динамику роста среднего уровня знаний студентов, которая к концу изучения предмета приближается к отметке 70 баллов. Уровень знаний выше 73 баллов оценивается как хороший. Кривая 3 представляет собой интерполяционную кривую в виде полинома шестой степени, построенную по результатам анализа процесса роста уровня знаний наиболее слабых студентов. Первая половина точек отображает реальные данные, полученные в результате тестирования студентов. Вторая часть точек представляет собой результаты тестирования тех же студентов с учетом корректирующего учебного воздействия. Динамика начального этапа показывает тренд, очевидно, недостаточный для успешного освоения дисциплины, получения уровня знаний в 60 баллов. Коррекция учебного процесса для слабых студентов позволяет исправить ситуацию. Последующие измерения показывают, что к завершению изучения дисциплины отстающим учащимся удастся достичь требуемого уровня знаний. Если первые две кривые легко описываются нашими моделями, то третья кривая имеет точку перегиба. Для ее описания приходится использовать регрессионную модель, интерполируя фактические данные полиномом шестого порядка. Кривые 1 и 2, показывающие динамику процесса накопления знаний позволяют вычислить все коэффициенты предложенной математической модели, а также определить статистические оценки, необходимые для имитационного моделирования. В блоке имитационного моделирования используются реальные значения в качестве исходных параметров модели, взятые из результатов тестирования.

Детерминированная модель дополняется стохастической, использующей нормальное и связанное с ним распределения случайной величины. Генераторы величин с требуемым законом распределения реализованы в этом же модуле в форме подпрограмм. Имитационная модель имеет большое практическое значение. В частности, выполняя моделирование, можно прогнозировать результаты обучения и результаты оценивания знаний с помощью рейтинговой системы. Как известно, нормативные документы вуза регламентируют только общие правила рейтингового контроля, а конкретные параметры рейтинговой системы для каждой дисциплины разрабатываются преподавателями и кафедрами. Используя компьютерную модель можно проверить все параметры разрабатываемой системы, оценить ее поведение, имитируя учебный процесс в течение учебного семестра. Таким образом, разработанная в ходе исследования компьютерная модель, включающая элементы имитационного моделирования, может послужить основой для моделирования процесса накопления знаний учащимися в ходе обучения. Вычислительный эксперимент, проведенный с помощью нее, позволит получить ряд интересных результатов, которые могут быть полезны, например, при решении задачи оптимизации процесса обучения. Кроме того, компьютерная модель может быть полезна при разработке автоматизированных обучающих комплексов. Она может быть внедрена в качестве подсистемы в такой комплекс, что позволит принимать в ходе автоматизированного обучения более эффективные решения.