

УДК 681.03.6

А.Л. ЛЯХОВ, С.А. ЗАХАРОВ

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка,  
Украина*

## ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИФИКАЦИЙ КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

*В последние десятилетия в системе образования большое внимание уделяется фундаментальному вопросу замены модели обучения в высшей школе – от массового обучения к обучению личности. При обучении на основе новой модели объем и интенсивность работы преподавателей и студентов неизбежно возрастает. Статья посвящена важному аспекту этой проблемы – интенсификации процесса обучения личности практической работе с материалом с помощью автоматизированных программных систем (ОП). Работа состоит из трех частей, которые предполагается публиковать последовательно одну за другой. В первой части формулируются исходные положения, на основе которых анализируются существующие обучающие программы и предлагается подход к разработке системных спецификаций автоматизированных программных систем обучения практической работе с материалом во время аудиторных, самостоятельных и индивидуальных занятий.*

**Ключевые слова:** компьютерные системы, программное обеспечение, автоматизация.

### Введение

В последние десятилетия в системе образования большое внимание уделяется фундаментальному вопросу замены модели обучения в высшей школе – от массового обучения к обучению личности.

Центр тяжести новой модели смещен на индивидуальную и самостоятельную работу.

В учебных планах подготовки специалистов на их долю выделяется до 2/3 общего числа кредитов. Система качества образования предполагает управление процессом обучения каждого отдельного индивидуума, а не академической группы, курса и т.п. как раньше.

Такое обучение требует больших трудовых и материальных затрат. При неизменных сроках обучения неизбежно должна возрастать интенсивность работы, совершенствоваться средства обучения, а также организация труда преподавателя и студента.

В настоящее время практически всеми специалистами признается, что одним из путей решения этой проблемы является широкое внедрение компьютерных систем, автоматизирующих выполнение трудоемких функций преподавателя и студента.

Вместе с тем, также хорошо известно, что ОП в современной повседневной практике высшей школы используются мало, несмотря на самое пристальное внимание разработчиков компьютерных систем и педагогов к этой проблеме на протяжении всей истории развития ЭВМ [3, 19, 20, 9].

В результате специально проведенных исследований к 1985 году лишь 5% обучающих программ было признано удовлетворительными [1]. Есть все основания считать, что за прошедшие 25 лет ситуация существенно не изменилась. Можно возразить, что с помощью компьютерных технологий осуществляется дистанционное обучение, получающее широкое распространение. Программное обеспечение дистанционного обучения следует делить на средства обучения и средства коммуникации [15, 21].

Основную массу средств дистанционного обучения составляют электронные учебники и программы для тренинга и проверки знаний путем тестирования. Эти ОП по сути ничем не отличаются от используемых при очном обучении.

Компьютерные средства коммуникации действительно достигли высокого уровня развития, что делает рентабельной систему дистанционного обучения, как альтернативу дорогостоящей и громоздкой системе заочного обучения.

Широкое внедрение дистанционного обучения вполне можно объяснить социально-экономическими факторами, а не качеством ОП.

Таким образом, остается открытым и актуальным вопрос о требованиях к обучающим программным системам для практической работы с материалом.

Цель данной работы заключается в разработке методологического подхода специфицирования таких систем.

## 1. Исходные положения

Обучение личности практическому владению материалом состоит в том, чтобы научить студента самостоятельно решать задачи.

Основные причины неудач при создании ОП установлены достаточно давно [4,13]:

– при обучении с использованием ОП устанавливаются отношения, психология которых не свойственна естественным отношениям между преподавателем и обучаемым.

Вместе с тем, до сих пор не существует единого

мнения, в чем же собственно состоит отличие этих отношений от естественных отношений.

Принимаем без доказательства

### Утверждение 1:

Всегда существует схема отношений, позволяющая решить задачу обучения личности практическому владению материалом.

Рассмотрим четыре конечных множества состояний каждого из объектов, соответственно, «преподаватель», «студент», «предмет обучения» и «средства обучения». На рис. 1 показаны условные обозначения, используемые ниже.



Рис. 1. Условные обозначения элементов множеств:

а – «преподаватель»; б – «студент»; в – «предмет обучения»; г – «средства обучения»

Естественные отношения в процессе обучения можно представить в виде некоторой схемы (такая система может ассоциироваться с понятиями «сеть», «автомат» и др.).

Для достижения цели данной статьи нет необходимости исследовать соответствие этим формализованным понятиям, чем и объясняется выбор

обобщенного термина «схема отношений» [29] над этими множествами.

Ориентированными связями в схеме будем изображать отношения между элементами множеств. На рис. 2 предлагается схема, отражающая представления авторов об естественных отношениях между субъектами в процессе обучения:

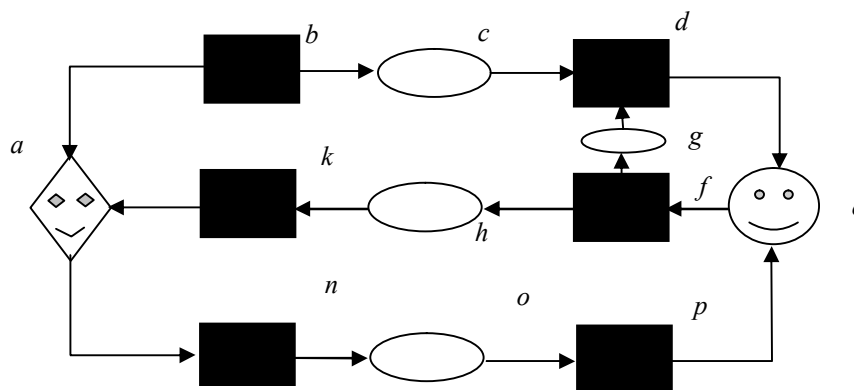


Рис. 2. Схема естественных отношений в процессе обучения личности

1. «Предмет обучения»  $b$  с помощью средств  $c$  предлагается студенту  $e$ . У студента формируется некоторое свое представление  $f$  об этом предмете.

2. Студент  $e$  сам выбирает средства  $g$  и, воздействуя на предмет обучения  $d$ , формирует свое представление  $f$  о нем (цикл  $e-f-g-d-e$ ).

3. Студент сравнивает предметы  $f$  и  $d$ .

4. Если результат его не удовлетворяет, то повторяется пункт 2.

5. Если удовлетворяет, результат  $f$  с помощью средств  $h$  в виде  $k$  передается преподавателю  $a$ .

6. Преподаватель, сравнивая предметы  $k$  и  $b$ , формирует представление, что усвоил студент.

7. Если предмет усвоен правильно, процесс обучения прекращается.

8. В противном случае преподаватель свои представления  $n$  о предмете обучения с помощью средств  $o$  передает студенту  $e$ .

9. У студента формуються нові представлення  $f$  о предметі навчання.

10. Ідти на пункт 5.

На основі запропонованої схеми можна формалізувати відносини в процесі навчання і визначити поняття, які зазвичай вважаються інтуїтивно ясними.

#### Правило 1:

В кожен момент часу «предмет навчання» знаходиться в певному стані. В процесі навчання інші елементи можуть змінювати його стан на еквівалентний або не еквівалентний.

Еквівалентність розуміється нами в абстрактному, математичному сенсі в відповідності з метою даної роботи. Конкретний зміст цього відношення буде набувати в подальшому при розробці функціональних специфікацій підсистем.

#### Правило 2:

«Середства навчання» завжди переводять «предмет» в еквівалентний стан.

#### Правило 3:

«Студент» може змінювати стан «предмета» як на еквівалентний, так і на не еквівалентний, що заздалегідь не відомо.

#### Правило 4:

«Преподаватель» розпізнає, еквівалентні чи стан предмета  $k$  і предмета  $b$  (рис. 2). Якщо ні, «предмет»  $b$  переводиться в стан  $n$ . Якщо так, процес навчання закінчений.

Задачу навчання особистості в утвердженні 1, наприклад, можна формалізувати так:

**Визначення 1:** «Задача навчання особистості» (далі просто задача навчання) складається в досягненні такого стану елемента  $e$ , щоб елементи  $b$  і  $f$  були еквівалентні.

**Визначення 2:** Цикл  $e-f-g-d-e$  будемо називати самостійною роботою.

**Визначення 3:** Цикли  $a-n-o-p-e-f-h-k-a$  будемо називати роботою під керівництвом ментора [22].

Із правил 1–4, пп. 1–10 і визначень 1–3 слідує:

**Утвердження 2:** Для рішення задачі навчання необхідна самостійна робота.

**Утвердження 3:** Для рішення задачі навчання достатньо працювати під керівництвом ментора.

## 2. Аналіз відносин в процесі навчання з використанням ОП

Застосування програмних засобів в процесі навчання почалося в 60-і роки минулого століття з'явилася з появою у ЕВМ зовнішніх пристроїв, ма-

ло-маленьких пристроїв для цієї мети [1, 20, 19]. В даний час в процесі навчання використовуються ОП різних типів [2, 20, 12, 15].

### 2.1. Тестируючі навчальні програми

Низький рівень розвитку комп'ютерної техніки тих років, зокрема інтерфейсу користувача, обумовило виникнення в якості перших ОП тестуючих програм. В даний час розроблено надзвичайно багато подібних програм. Достатньо повне описання і аналіз їх функціональних можливостей можна знайти в [20]. Типові сучасні розробки наведені в [9].

Схема відносин в процесі навчання, установлення ОП такого типу, наступна:

- студенту пропонується текст, описуючий певну проблемну ситуацію (задача, питання і т.п.) і варіанти відповіді  $d$ , які, по суті, є примітивним кодом предмета  $b$  навчання;
- студент дозволяє цю ситуацію на основі своїх представлень  $f$  о предметі навчання;
- він заміняє свої представлення о предметі навчання також простим кодом  $k$  (зазвичай варіантом з невеликого числа запропонованих), які повертаються програмі;
- програма  $a$  порівнює код  $k$  з кодом  $d$  правильного відповіді і повертає результат опитування студента («знаєш – не знаєш» і т.п.).

В прийнятій вище точці зору відносини в такому процесі навчання можна представити схемою на рис. 3. Недостаток зв'язей, порівняно зі схемою на рис. 2, можна розглядати як підтвердження невідповідності установлення відносин природним відносинам в процесі навчання.

В межах використовуваного формалізму можна утвердити, що при таких відносинах (рис. 3) виконується необхідне і достатнє умови рішення задачі навчання. Схема на рис. 3 не передбачає будь-якого роду засобів навчання (п. 10). Порівнявши цю схему з зображеною на рис. 2 можна зробити висновок, що використання будь-яких засобів, зокрема і ОП, установлення яких в процесі навчання подібну схему, не дозволить вирішити задачу навчання.

Дійсно, в 80-і роки, завдяки широкому поширенню алгоритмічних мов, було розроблено багато програм, навчальних, зокрема, для рішення задач стандартними для даної предметної області чисельними методами [9, 11].

Аналіз показує, що, незважаючи на зовнішню схожість, ці програми установлення тієї ж схеми відносин, показаної на рис. 3.

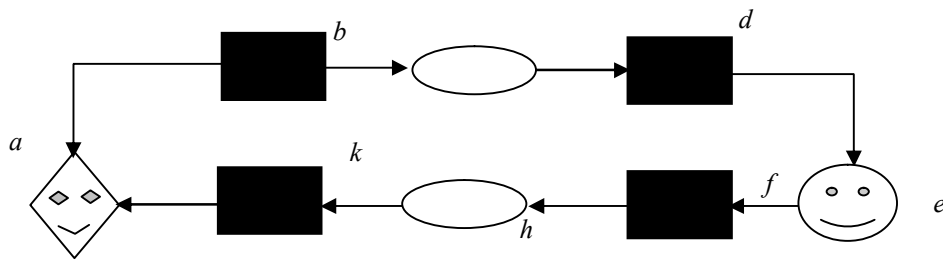


Рис. 3. Схема отношений при использовании тестирующих ОП

## 2.2. Тренажеры

В начале 90-х стали появляться ОП, предназначенные для тренировки в решении задач [8, 10, 11] по целым дисциплинам (в основном, фундаментальным).

В качестве типичного примера приведем тренажер ALGEBRA CD по элементарной математике, ориентированный на среднюю школу и подготовительные отделения вузов.

Работа с программой заключается в следующем.

Программа не содержит заготовленных вопросов, а генерирует их по мере необходимости, практически не повторяясь. Это достоинство программы,

поскольку множество возможных заданий во многом адекватно предмету обучения.

Пользователь (обучаемый) решает (на листке) пример, вводит результат и получает в случае правильного результата сообщение “Good job!” и т.п.

В случае неправильного решения ему показывается правильный ответ. При желании может быть выведен листинг, содержащий пошаговое решение этого примера.

На рис. 4 показана копия экрана при обучению наработке навыков приведения подобных членов в выражениях. На рис. 4 правильный результат, полученный обучаемым (Your answer:), признан не правильным. Правильный для программы результат выведен после слов «The answer is».

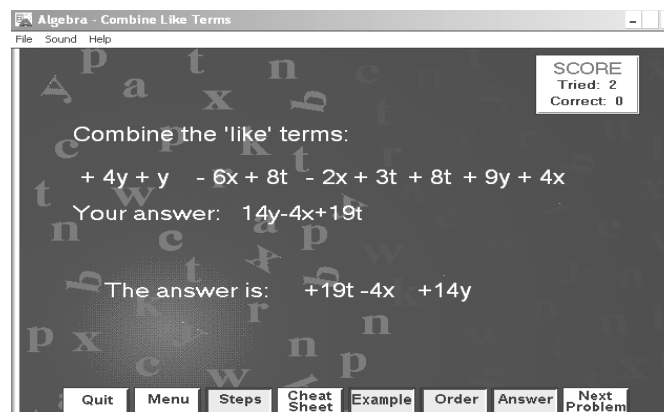


Рис. 4. Вид экрана пакета Algebra CD при неправильном ответе

Данное выше описание процесса работы с программой, а также пример на рис. 4 позволяют сделать вывод об отсутствии у данной программы функций ментора.

Анализ результата работы обучаемого сводится к простому сравнению. Программа может продемонстрировать правильный процесс решения, однако, опять же таки, не делает анализа процесса решения примера обучаемым.

Таким образом, схема отношений имеет вид, показанный на рис. 5.

Подобной программой является Компьютерный ментор [23], название которого не соответствует, с точки зрения предложенного формализма, фактическому предназначению.

Также заслуживает внимания программа UMSolver (Универсальный Математический Решатель) [24].

Подобные ПО безусловно полезны в качестве средств, поддерживающих самостоятельную работу с целью отработки навыков решения различных задач.

элемент процесса обучения, будут относиться лишь к синтаксису входного языка системы.

Представление об ОП в среде профессиональ-

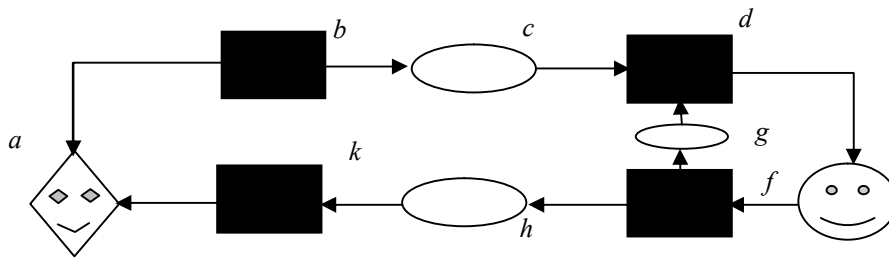


Рис. 5. Схема отношений в процессе обучения личности

### 3.3. Обучающие программы на основе профессиональных систем

В 90-е годы появились профессиональные пакеты поддержки деятельности в самых различных предметных областях (экономика, физика, химия, математика и др.), входные языки которых внешне мало чем отличались от естественных языков. Это породило особый энтузиазм, т.к. появлялись новые возможности для автоматизации процесса обучения и использования привычного языка для общения.

В частности в математике серьезные надежды возлагались на системы, пригодные для численных и аналитических преобразований MathCAD, REDUCE и, особенно, MATHEMATICA и MAPLE и др. [5, 7, 10]. Однако минувшие два десятилетия показали, что широкого применения ОП, разработанные в среде этих пакетов так и не получили.

Одной из причин является то, что эти профессиональные пакеты требуют высокой квалификации пользователя не только в проблемной области, но и в программировании, чего основная масса преподавателей иметь не обязана.

Желание приспособить эти пакеты к учебным целям привело к появлению «усеченных» версий [6]. Однако их использование также требует специальных навыков в программировании. Эти версии нашли свою нишу – как инструмент для самостоятельной работы, однако на более высоком проблемном уровне – студентов-старшекурсников.

Такие ОП не предоставляют свободы действий ни преподавателю, при разработке разнообразных методических приемов, ни студенту при обучении. Преподаватель и студент находятся под постоянным алгоритмическим прессингом, а процесс обучения сводится к поиску необходимых процедур.

Студент превращается в оператора, действующего по заданной схеме. Его ошибки, обязательный

ных пакетов можно получить на сайтах фирм-производителей [25, 26, 27], а также на специальных образовательных сайтах, например [28].

В целом анализ фактически приводит к мысли, неоднократно звучавшей в научной литературе [2, 4, 8], что программные средства обучения должны разрабатывать изначально как таковые, а не быть адаптированными профессиональными пакетами прикладных программ.

Вместе с тем, входные языки профессиональных систем можно рассматривать как средства для разработки ОП [14, 16, 17, 18]. Однако этот вопрос требует дополнительных исследований.

## Выводы

В статье получены следующие результаты:

1. Предложена схема, специфицирующая естественные отношения между преподавателем и студентом в процессе обучения практическому владению материалом.

2. В рамках этого формализма дано объяснение неэффективности существующих ОП:

– схема отношений при использовании ОП как средств обучения зависит от их типа и, следовательно, устанавливается (насаждается) ими;

– неэффективность современных ОП в неполноте этих отношений по сравнению с естественными.

На основании этих результатов получаем

### Утверждение 4:

Схема отношений в процессе обучений не должна зависеть от средств обучения.

3. Это утверждение дает возможность при проектировании ОП исходить из предложенной выше схемы естественных отношений. Рис. 2, правила 1–4 и определения можно рассматривать как архитектуру ОП, т.е. представление в виде, дающем ин-

формацию о составляющих ее основных подсистемах, о взаимосвязях между этими компонентами и правилах регламентирующих эти взаимосвязи.

4. Полученные результаты являются основой для разработки функциональных спецификаций подсистем ОП, поскольку из утверждения 4 следует

**Утверждение 5.** Чтобы схема отношений была естественной, ОП должны не заменять, а подменять субъектов процесса обучения, лишь автоматизируя их функции.

В целом результаты исследований такие:

В статье для анализа и разработки спецификаций программных систем обучения использован теоретико-множественный подход.

Предложен методологический принцип разработки архитектуры и спецификаций обучающих программ, предназначенных для автоматизации процесса обучения практическому владению материалом.

Этот принцип в виде утверждений 4–5 будем называть в дальнейшем принципом наследования.

Все результаты, сформулированные в виде правил, утверждений, а также рис. 2 являются основой для построения процесса разработки: системы требований к ОП, архитектуры системы, функциональных спецификаций ОП в целом и ее подсистем.

## Литература

1. Alken R. *Teacher and Computer. What is the key component* / R. Alken // *Paper Presented at AEC (automation of Educational system) in Secondary and Hi Jh School. Institute Kurchatova.* – М., 1989, May 26.
2. Ляхов О.Л. *Про деякі особливості викладання математики в сучасний період* / О.Л. Ляхов, Г.О. Радченко // *Педагогічна практика та філософія освіти: Сб. праць науково-практичної конференції.* – № 3. – С. 83-84.
3. Томас К. / К. Томас, Дж. Девис, Д. Опеншоу, Дж. Берд. – *Перспективы программированного обучения.* – М.: Мир, 1966. – 247 с.
4. Нокс Дж. *Что могут дать компьютеры педагогике: Взгляд из американской школы* / Дж. Нокс // *Информатика и образование.* – 1990. – №1. – С. 107-112.
5. Аладьев В.З. *Вычислительные задачи на персональном компьютере* / В.З. Аладьев, Н.А. Гершгорн. – К.: Техника, 1991. – 245 с.
6. Потемкин В.Г. *MATHLAB 5 для студентов.* Новая редакция / В.Г. Потемкин, П.И. Рудаков. – М.: ДИАЛОГ–МИФИ, 1999. – 448 с.
7. Аладьев В.З. *Введение в среду пакета МАТЕМАТИКА 2.2* / В.З. Аладьев, М.Л. Шишаков. – М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1997. – 368 с.
8. Забара И. *Методические рекомендации по использованию компьютерного комплекса DIANA при изучении курса «Алгебра и начала анализа» для преподавателей и студентов педагогических институтов, учителей математики старших классов* / И. Забара, С. Раков // *ХГПИ, 1990.*
9. Карлацук В.И. *Обучающие программы / В.И. Карлацук.* – М.: СОЛОН–Р, 2001. – 528 с.
10. Дьяконов В.П. *Справочник по применению системы Derive* / В.П. Дьяконов. – М.: Изд. Физматлит ВО «Наука», 1993. – 130 с.
11. Сливина Н. *Компьютер на уроках математики* / Н. Сливина, Б. Чурбанов // *Информатика и образование.* – 1993. – №4. – С. 18-23.
12. Сергеева Т. *Новые информационные технологии и содержание обучения (на примере предметов естественно-научного цикла)* / Т. Сергеева // *Информатика и образование.* – 1991. – №1. – С. 3-10.
13. Борк А. *Компьютеры в обучении: чему учит история* / А. Борк // *Информатика и образование.* – 1990. – №5. – С. 110-117.
14. Морозов А.А. *АНАЛИТИК–2000* / А.А. Морозов, В.П. Клименко, Ю.С. Фишман, А.Л. Ляхов, С.В. Кондрашов, Т.Н. Швалюк // *Математические машины и системы.* – 2001. – №1–2. – С. 66-99.
15. Полат Е. *Информационные технологии в зарубежной школе* / Е. Полат, А. Литвинова // *Информатика и образование.* – 1991. – № 3. – С. 109-114.
16. Клименко В.П. *Использование средств компьютерной алгебры для интенсификации процессов обучения* / В.П. Клименко, Ю.С. Фишман // *НАНУ ДНТП «Інформація в галузі освіти»: Отчет.* – №0193V037391. – Киев, 1994. – 30 с.
17. Клименко В.П. *Некоторые принципы создания программного обеспечения практических занятий по математике* / В.П. Клименко, А.Л. Ляхов, Ю.С. Фишман // *Современные проблемы информатизации в непромышленной сфере и экономике. Информационные технологии в образовании: Сб. тр. VIII межд. ОТК. научной конф.* – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2003. – С. 17-18.
18. Lyakhov A.L. *OKA—the system for intensification learning Process by methods of computer algebra* / A.L. Lyakhov, S.V. Kondrashov, T.N. Shvaluc // *INTERNET–EDUCATION–SCIENCE (IES–2000): Proc. of the Second Internacional Conference.* – Vinnitsia: UNIVERSUM–VINNYTSIA, 2000. – P. 147-149.
19. *Программированное обучение: сб. науч. тр. / редкол.: И.Д. Ладанов и др.* – М.: Изд.МО СССР, 1966. – 242 с.
20. *Обучающие машины, системы и комплексы. Справочник* / Вицца школа; науч. ред. А.Л. Савельева. – К., 1986. – 343 с.
21. Полат Е.С. *Педагогические технологии дистанционного обучения* / Е.С. Полат, М.В. Моисеева, А.Е. Петров. – М.: Академия, 2006. – 400 с.

22. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведов. – М.: АЗЪ, 1994. – 928 с.

23. Новая разработка компании Mentorsoft Программа Varimax [Электрон. ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.c-mentor.ru/>.

24. Программа UMSolver [Электрон. ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [www.umsolver.com](http://www.umsolver.com).

25. Официальный сайт компании Maplesoft [Электрон. ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [www.maplesoft.com](http://www.maplesoft.com).

26. Wolfram Mathematica7 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [www.wolfram.com/products/mathematica](http://www.wolfram.com/products/mathematica).

27. A leading technology for computer algebra and symbolic computation MuPAD [Электрон. ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [www.muPAD.com](http://www.muPAD.com)

28. Образовательный математический сайт [Электрон. ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru).

29. Бурбаки Н. Начала математики. Теория множеств / Н. Бурбаки. – М.: Мир, 1965. – 456 с.

Поступила в редакцию 11.02.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, доц., проф. каф. О.В. Поморова, Хмельницкий национальный университет, Хмельницкий, Украина.

### ПРИНЦИПИ РОЗРОБЛЕННЯ СПЕЦИФІКАЦІЙ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ, ЩО НАВЧАЮТЬ

*О.Л. Ляхов, С.О. Захаров*

В останні десятиріччя в системі освіти велика увага приділяється фундаментальному питанню заміни моделі навчання у вищій школі – від масового навчання до навчання особистості. При навчанні на основі нової моделі об'єм й інтенсивність роботи викладачів і студентів невинно зростає. Стаття присвячена важливому аспекту цієї проблеми – інтенсифікації процесу навчання особистості практичній роботі з матеріалом за допомогою автоматизованих програмних систем. Стаття складається із трьох частин, котрі передбачається публікувати послідовно одну за одною. У першій частині формулюються вихідні положення, на основі котрих аналізуються існуючі програми, що навчають, й пропонується підхід до розроблення системних специфікацій автоматизованих програмних систем навчання практичній роботі з матеріалом під час аудиторних, самостійних й індивідуальних занять.

**Ключеві слова:** комп'ютерні системи, програмне забезпечення, автоматизація.

### PRINCIPLES OF SPECIFICATIONS COMPUTERS TEACHING SYSTEMS DEVELOPMENT

*A.L. Lyakhov, S.A. Zakharov*

In the last decades in the system of education large attention is spared to the fundamental question of replacement of teaching model at high school – from the mass teaching to teaching of personality. At teaching on the basis of new model a volume and intensity of teachers and students work increases inevitably. The article is devoted to the important aspect of this problem are intensifications of teaching process of personality to practical work with material by the automated programmatic systems. Work consists three parts which it is assumed to publish consistently one after other. Initial positions on the basis of which the existent teaching programs are analyzed and approach is offered to development of systems specifications of the automated programmatic departmental teaching to practical work with material during audiences and individual lessons are formulated in the first part.

**Keywords:** computers systems, software, automation.

**Ляхов Александр Логвинович** – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой компьютерных и информационных технологий и систем Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, e-mail: [LAL@pntu.edu.ua](mailto:LAL@pntu.edu.ua).

**Захаров Сергей Александрович** – аспирант кафедры компьютерных и информационных технологий и систем Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, e-mail: [zah\\_se@mail.ru](mailto:zah_se@mail.ru).