

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ NOMOTEX (НА ПРИМЕРЕ КУРСА «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ»)

Анисова Т.Л., Смехнова А.А.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: bolashova1@mail.ru

Курс «Дифференциальные уравнения» в цифровой образовательной среде NOMOTEX разработан и применяется для математической подготовки будущих инженеров. В статье представлено содержание и особенности разработки курса, описаны формы проведения лекционных и семинарских занятий, методика проведения мероприятий контроля знаний студентов. В среде NOMOTEX курс представлен в виде нейросетевой структуры знаний – дерева. Содержание курса традиционно разбито на главы и параграфы. Внутри параграфа содержание представлено в виде единиц знаний, называемых квантами. Подробно описана структура квантов, приведены примеры. В процессе обучения с использованием среды NOMOTEX традиционные аудиторные занятия претерпевают значительные изменения. Студенты имеют возможность пользоваться ноутбуком, планшетом, телефоном (существует мобильная версия цифровой образовательной среды NOMOTEX). При этом у преподавателя остается возможность пользоваться доской и мелом. Для практических семинарских занятий предусмотрено большое количество разобранных задач по каждой из изучаемых тем. Представлены алгоритмы решений, задания для самостоятельной работы. Всю начатую в аудитории работу можно продолжать дома в ходе самостоятельной работы с возможностью проверки правильности ответов. Разработана система проведения контрольных мероприятий. Выдача билетов для контрольного мероприятия, проверка выполненных работ, рейтинг учащихся доступны преподавателю через сервис «Личный кабинет».

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, информатизация образования, математическая подготовка инженеров, методика обучения математике, цифровая образовательная среда NOMOTEX.

MATHEMATICAL TRAINING OF ENGINEERS IN THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT NOMOTEX (ON THE EXAMPLE OF THE COURSE "DIFFERENTIAL EQUATIONS")

Anisova T.L., Smekhnova A.A.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: bolashova1@mail.ru

The course «Differential Equations» in the digital educational environment NOMOTEX is developed and applied for the mathematical training of future engineers. The article presents the content and features of the development of the course, describes the forms of conducting lectures and seminars, methods of conducting measures for monitoring students' knowledge. In the Nometech environment, the course is presented in the form of a neural network structure of knowledge - a tree. The course content is traditionally divided into chapters and paragraphs. Within a paragraph, the content is presented in the form of units of knowledge called quanta. The structure of quanta is described in detail, examples are given. In the process of teaching using the NOMOTEX environment, traditional classroom training is undergoing significant changes. Students have the opportunity to use a laptop, tablet, phone (there is a mobile version of the NOMOTEX digital educational environment). At the same time, the teacher still has the opportunity to use the blackboard. For practical seminars, a large number of analyzed tasks are provided for each of the topics studied. Algorithms of solutions, tasks for independent work are presented. All work started in the classroom can be continued at home in the course of independent work with the ability to check the correctness of the answers. A system of control measures has been developed. Issuance of tasks for a control event, check of completed works, rating of students are available to the teacher through the "personal account" service.

Keywords: differential equations, computerization of education, mathematical training of engineers, methods of teaching mathematics, digital educational environment NOMOTEX.

Последние годы процесс информатизации образования набирает все большие обороты. Этот процесс обуславливает создание новых технологий и методических систем обучения, направленных на совершенствование интеллектуального потенциала обучаемого,

на формирование умений самостоятельно приобретать знания, осуществлять учебную, исследовательскую деятельность, а также различные виды самостоятельной деятельности. Все это требует совершенствования методологии отбора содержания, средств, методов и организационных форм обучения [1]. В полной мере все указанные аспекты относятся и к математической подготовке будущих инженеров.

Цель исследования: на примере курса «Дифференциальные уравнения» для будущих инженеров в цифровой образовательной среде NOMOTEX (ЦОС NOMOTEX) показать основные принципы отбора содержания обучения, а также особенности проведения семинарских и лекционных занятий.

Материал и методы исследования

Курс «Дифференциальные уравнения» в ЦОС NOMOTEX начал разрабатываться и одновременно внедряться в процесс обучения в 2018-2019 учебном году. В течение весеннего семестра он был апробирован на факультете энергетического машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана и аэрокосмическом факультете для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», и специалистов, обучающихся по специальностям 16.05.01 «Специальные системы жизнеобеспечения», 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы».

В весеннем семестре 2019-2020 учебного года курс был внедрен в процесс дистанционного обучения.

Структура курса

В ЦОС NOMOTEX курс представлен в виде нейросетевой структуры знаний (рис. 1).

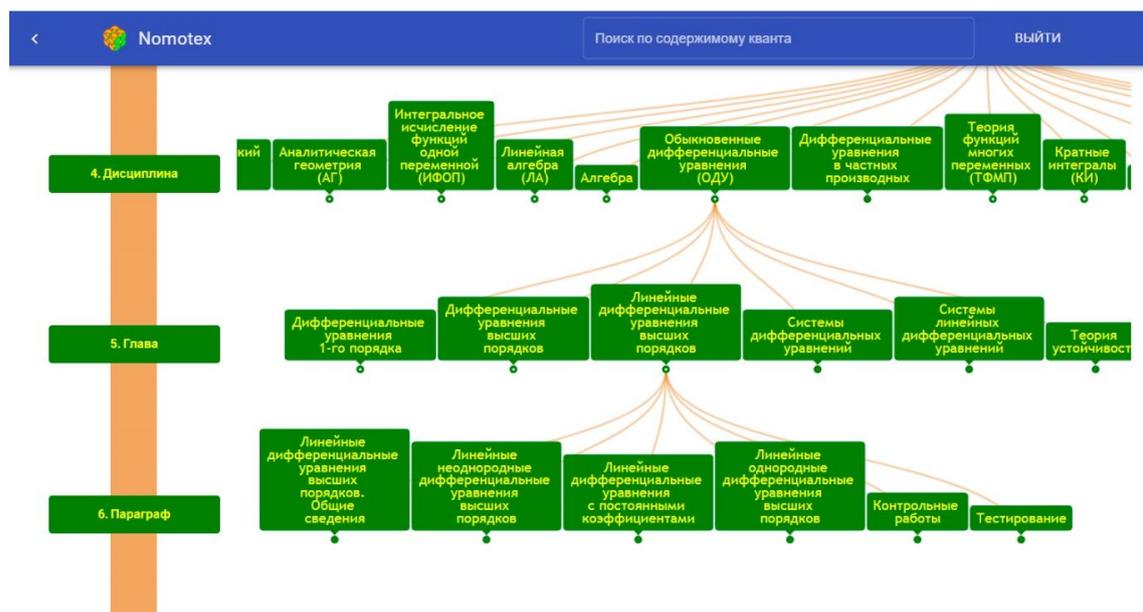


Рис. 1. Нейросетевая структура знаний (дерево)

Содержание курса традиционно разбито на главы и параграфы.

Глава 1. Дифференциальные уравнения первого порядка.

Общие сведения о дифференциальных уравнениях.

Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка.

Глава 2. Дифференциальные уравнения высших порядков.

2.1. Уравнения, допускающие понижение порядка.

Глава 3. Линейные дифференциальные уравнения высших порядков.

3.1. Линейные дифференциальные уравнения высших порядков. Общие сведения.

3.2. Линейные однородные дифференциальные уравнения высших порядков.

3.3. Линейные неоднородные дифференциальные уравнения высших порядков.

3.4. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами.

Глава 4. Системы дифференциальных уравнений.

4.1. Нормальные системы дифференциальных уравнений.

Глава 5. Системы линейных дифференциальных уравнений.

5.1. Системы линейных однородных дифференциальных уравнений.

5.2. Системы линейных неоднородных дифференциальных уравнений.

5.3. Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

Внутри каждого параграфа содержание представлено в виде так называемых квантов – единиц знаний [2-4] (рис. 2).

Линейные дифференциальные уравнения высших порядков. Общие сведения

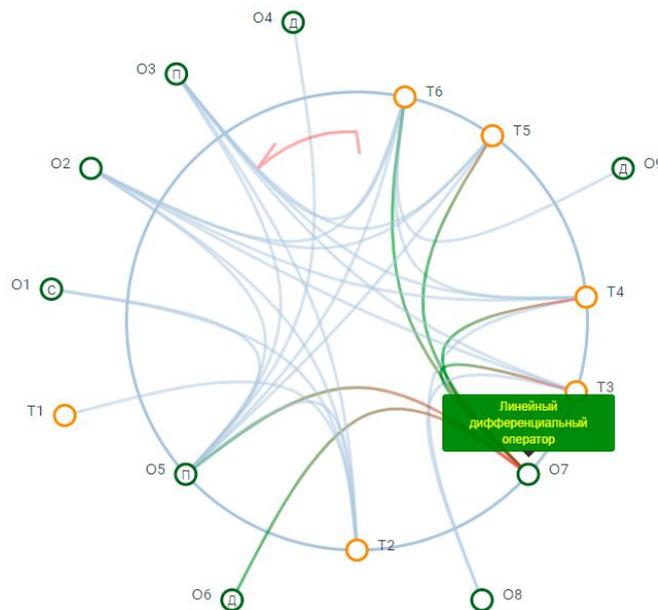


Рис. 2. Содержание параграфа

В квантах содержатся определения (О), теоремы (Т), свойства (Св), а также методы решения задач – квант «построение» (П). Все кванты текущего параграфа расположены на окружности. Вне окружности расположены кванты из других глав и курсов, связанные тем или иным образом с содержанием данного параграфа. Показаны связи между представленными квантами.

Структура и содержание кванта

Каждый квант графически представлен в виде «светофора» - трех окон зеленого, желтого и красного цвета (рис. 3).

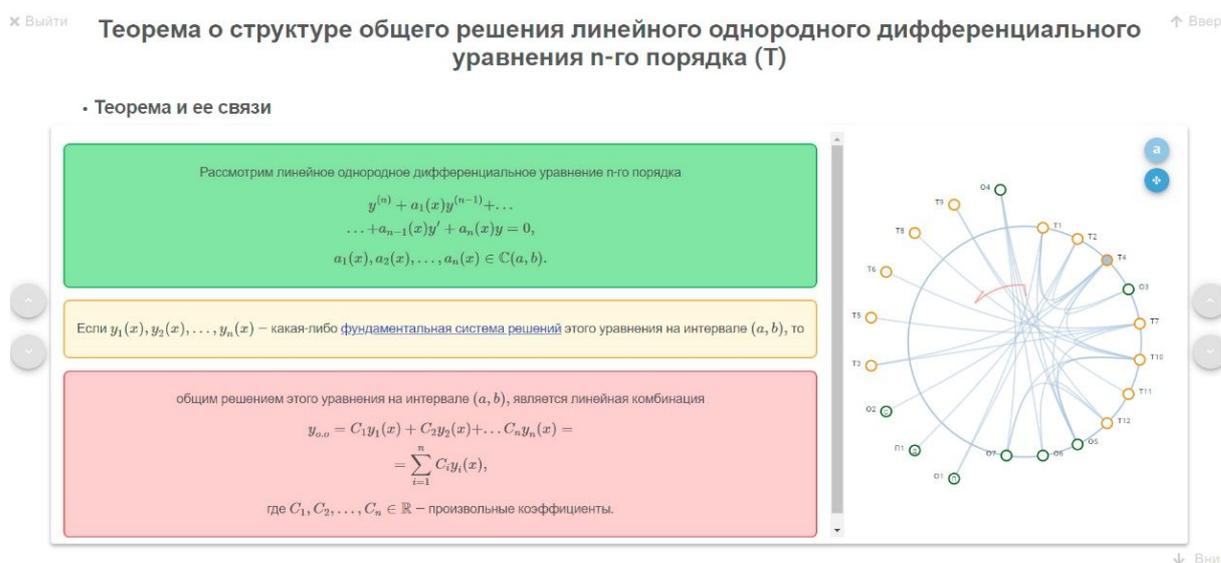


Рис. 3. Содержание кванта

В определении математического понятия в первых двух окнах содержится совокупность условий, необходимых и достаточных для выделения классов объектов, принадлежащих этому понятию, а в красном – название понятия.

Пример 1. Квант «Фундаментальная система решений линейного однородного дифференциального уравнения» (О)

- Рассмотрим линейное однородное дифференциальное уравнение n-го порядка

$$y^{(n)} + a_1(x)y^{(n-1)} + \dots + a_{n-1}(x)y' + a_n(x)y = 0,$$

$$a_1(x), a_2(x), \dots, a_n(x) \in C(a, b).$$

- Совокупность любых n линейно независимых на интервале (a, b) решений $y_1(x), y_2(x), \dots, y_n(x)$ этого уравнения называется фундаментальной системой решений (ФСР) на интервале (a, b) .

Теоремы сформулированы не в категоричной, а в условной форме. В первых двух окнах содержится условие теоремы, в третьем – ее заключение.

Пример 2. Квант «Теорема о структуре общего решения линейного однородного дифференциального уравнения n-го порядка» (Т)

 Рассмотрим линейное однородное дифференциальное уравнение n-го порядка

$$y^{(n)} + a_1(x)y^{(n-1)} + \dots + a_{n-1}(x)y' + a_n(x)y = 0,$$
$$a_1(x), a_2(x), \dots, a_n(x) \in \square(a, b).$$

 Если $y_1(x), y_2(x), \dots, y_n(x)$ - какая-либо фундаментальная система решений этого уравнения на интервале (a, b) , то

 общим решением этого уравнения на интервале (a, b) является линейная комбинация

$$y_{oo} = C_1 y_1(x) + C_2 y_2(x) + \dots + C_n y_n(x) = \sum_{i=1}^n C_i y_i(x),$$

где $C_1, C_2, \dots, C_n \in \square$ - произвольные коэффициенты.

В отдельных окнах содержатся доказательства теорем, следствия, замечания, геометрические иллюстрации, математические примеры и задачи, подобранные к данному кванту.

Отметим удобную систему ссылок, расположенных в содержании кванта, позволяющих в всплывающих окнах видеть необходимую информацию из всей представленной базы знаний, а также возможность пошагового режима презентации изложенного в кванте материала.

Уникальность ЦОС NOMOTEX состоит в том, что она дает возможность проведения всех видов аудиторной и самостоятельной работы со студентами.

В процессе обучения математическим дисциплинам в ЦОС NOMOTEX наиболее сильные изменения претерпевает лекционное занятие. Традиционно лекция – систематическое последовательное изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. Основной дидактической целью лекции является необходимость дать студентам современные, целостные, взаимосвязанные знания. Это отражает отечественную традицию фундаментальности образования. Чтение лекций с использованием ЦОС NOMOTEX сопровождается показом на интерактивной доске необходимого теоретического материала, собранного в единой базе знаний и выделенного в

отдельно взятую лекцию с помощью опции «реализация нейросетевых образовательных программ» [5] (рис. 4).

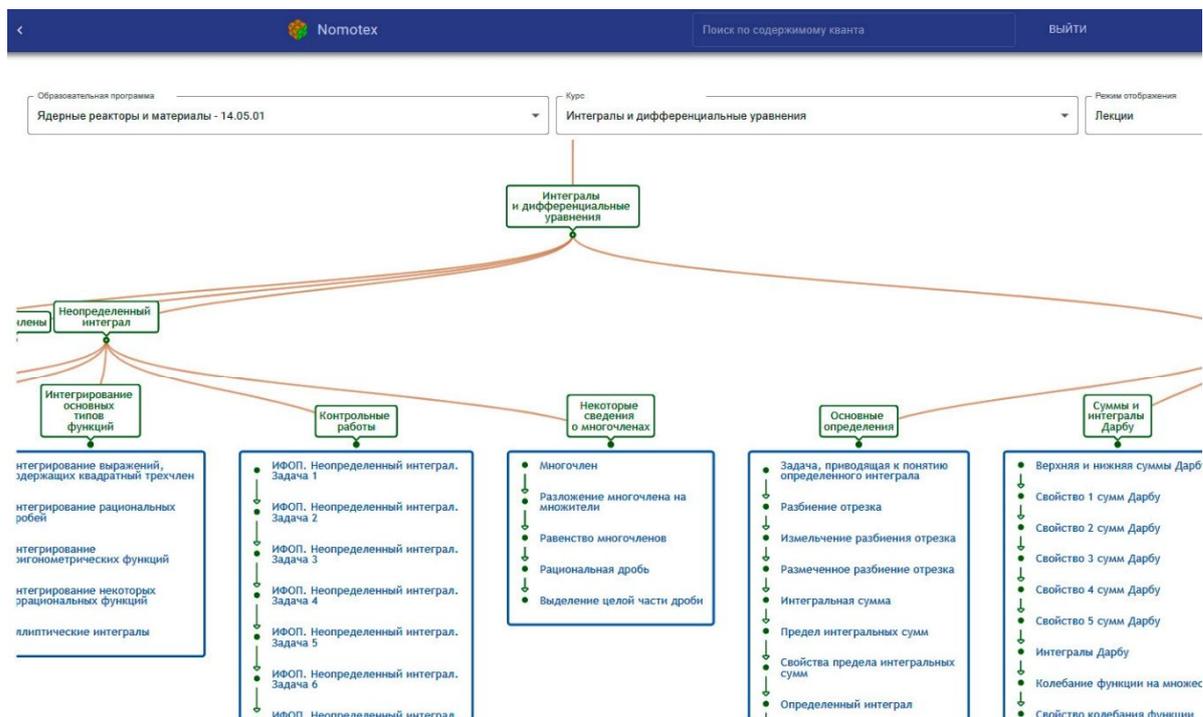


Рис. 4. План лекций по дисциплине «Интегралы и дифференциальные уравнения»

У студентов есть возможность использовать на занятиях собственные ноутбуки, планшеты, а также работать с мобильной версией ЦОС NOMOTEX и, что очень важно, продолжать начатую на лекции работу дома.

Помимо этого, у преподавателя остается возможность в ходе лекции пользоваться доской и мелом.

Семинары также проходят в специализированных аудиториях. В ЦОС NOMOTEX представлены алгоритмы решения стандартных задач. Каждый семинар снабжен большим количеством разобранных примеров и задач для самостоятельной работы (рис. 5).

ОДУ. Задание 12. Семинар

Условие задачи:
 Решить линейное однородное ДУ 2-го порядка с постоянными коэффициентами.

Алгоритм решения:
 Линейное однородное уравнение 2-го порядка с постоянными коэффициентами имеет вид

$$y'' + py' + qy = 0.$$

Пусть λ_1 и λ_2 – корни характеристического уравнения

$$\lambda^2 + p\lambda + q = 0.$$

Возможны 3 случая:

- λ_1 и λ_2 – вещественные и различные: $\lambda_1 \neq \lambda_2$. Тогда решение уравнения записывается в виде $y = C_1 e^{\lambda_1 x} + C_2 e^{\lambda_2 x}$.
- λ_1 и λ_2 – вещественные и совпадают: $\lambda_1 = \lambda_2$. Тогда решение уравнения записывается в виде $y = e^{\lambda_1 x} (C_1 + C_2 x)$.
- λ_1 и λ_2 – комплексно-сопряженные: $\lambda_1 = \alpha + \beta i$ и $\lambda_2 = \alpha - \beta i$ ($\beta \neq 0$). Тогда решение уравнения записывается в виде $y = e^{\alpha x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x)$.

Примеры:
 Пример 1

Пример 1.
 Решить уравнение

$$y'' - 5y' + 6y = 0.$$

Составим характеристическое уравнение:

$$\lambda^2 - 5\lambda + 6 = 0.$$

Решив его, получим корни: $\lambda_1 = 2, \lambda_2 = 3$.

Поскольку корни – действительные и различные (1-й случай), решение примет вид

$$y = C_1 e^{2x} + C_2 e^{3x}.$$

Ответ:

$$y = C_1 e^{2x} + C_2 e^{3x}.$$

Рис. 5. Пример задачи для работы на семинаре

Контрольные мероприятия также проводятся в ЦОС. Выдача билетов для контрольного мероприятия, проверка выполненных работ, рейтинг учащихся доступны преподавателю через сервис «личный кабинет» (рис. 6).

		Интегральное исчисление функций одного переменного					Дифференциалы			
№	Фамилия студента	МК. ИФОР	КР №1 ИФОР	ДЗ №1 ИФОР	РК №1 ИФОР	Конспект	Итого	МК. ДУ	КР №1 ОДУ	ДЗ №1 ОДУ
		Мак балл	6	10+1*	4			9+1*	4	35
Min зачет	3	7	3	6	2	21	3	7	3	
1	Блинов Александр	$0.5+1+1+0+1+1=4.5$	7	4	6	4	25.5	$0+1+1+1+0.5+0.5=4$	8	5
2	Зубов Дмитрий	$0+0+0+0+0+0=0$	0	4	0	0	4	$0+0+0+0+0+0=0$	0	0
3	Калочникова Екатерина	$1+0.5+0.5+0.5+0.5+0.5=3.5$	7	4	8	4	26.5	$1+0+0.5+1+1+1=4.5$	8	5
4	Какотка Диана	$0.5+0.5+0.5+0+1+0.5=3$	7	4	6	4	24	$0.5+1+1+1+0+1=4.5$	9	5
5	Кацуба Данила	$1+1+0+0.5+1+0.5=4$	6	4	5	0	19	$0+0+0+0+0+0=0$	6	0
6	Ксенофонтова Людмила	$0.5+0.5+0.5+0+0.5+0.5=2.5$	7	3.5	6	2	21	$0+1+0.5+1+1+1=4.5$	7	4
7	Кузнецова Анастасия	$0.5+0.5+0+1+0+1=3$	7	4	7	4	25	$1+1+0+0.5+0+0.5=3$	7	5

Рис. 6. Рейтинг учебной группы в личном кабинете преподавателя

Заключение

Представленный курс «Дифференциальные уравнения» полностью снабжен теоретическим материалом, составляющим содержание обучения, объемным банком заданий для семинарских занятий, самостоятельной работы, контрольных мероприятий. Существует возможность автоматизированной проверки результатов работы студентов, система интегрирована в модульно-рейтинговую систему обучения университета.

ЦОС NOMOTEX позволяет реализовывать различные курсы, формируя содержание лекций и семинарских занятий из имеющегося банка знаний.

Обучение с использованием представленной цифровой образовательной среды в течение двух лет показало эффективность, в том числе и во время полного перехода на дистанционное обучение.

В дальнейшем планируется расширить курс с целью его внедрения в процесс обучения бакалавров по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», добавив дополнительные параграфы в имеющиеся главы, а также новую главу «Теория устойчивости». Также планируется насыщение курса, пополнение банка заданий, визуализация квантов инженерными примерами и задачами.

Список литературы

1. Роберт И.В. Современное состояние информатизации отечественного образования: фундаментальные и прикладные исследования // Информатизация образования – 2017:

сборник материалов Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2017. С. 3-29.

2. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А. Новая технология математической подготовки инженерных кадров, основанная на нейросетевой модели знаний // Инновации в образовании. 2017. №11. С. 129-140.

3. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А. Новая научно-методическая модель математической подготовки инженеров // Международный журнал экспериментального образования. 2017. №11. С.5-10.

4. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А., Облакова Т.В., Прозоровский А.А. Применение цифровой образовательной среды Nomotex для обучения инженеров по курсу «Аналитическая геометрия» // Дневник науки. 2018. №10 (22). С.7.

5. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А., Чебаков Д.А. Конструирование электронных курсов в цифровой среде Nomotex // Цифровые технологии в инженерном образовании: новые тренды и опыт внедрения: сборник трудов Международного форума. 2020. С. 208-211.