Шахвердова Елена Олеговна
доцент
ФГКВОУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина
Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза
С.М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации
г. Санкт-Петербург

МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ: СИСТЕМА СКВОЗНЫХ ЗАДАЧ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ КУРСАНТОВ ВОЕННОГО ВУЗА СВЯЗИ

Аннотация: *в статье рассматривается методический подход к преподаванию разделов «Обыкновенные дифференциальные уравнения» и «Основы операционного исчисления» в военном вузе связи. Автором предлагается концепция использования системы сквозных прикладных задач, позволяющая преодолеть разрозненность математических тем и сформировать у курсантов целостное представление об анализе динамических процессов в радиотехнических цепях. Описана структура сквозной задачи, включающая три этапа: классическое решение дифференциального уравнения, операторный метод (преобразование Лапласа) и сравнительный инженерный анализ. Приведен пример реализации подхода на модели RLC-контура. Обоснована педагогическая эффективность данного метода для развития профессионального мышления и повышения мотивации курсантов.*

Ключевые слова: *высшая математика, военный вуз связи, сквозные задачи, дифференциальные уравнения, операционное исчисление, преобразование Лапласа, профессиональная направленность обучения, междисциплинарные связи, инженерное мышление.*

Требования современных Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) высшего образования предписывают ориентировать процесс обучения на формирование у обучающихся устойчивых профессиональных

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

компетенций. В условиях военного вуза связи математическая подготовка не может рассматриваться как изолированный фундаментальный цикл, а должна выступать инструментом решения конкретных инженерных задач.

Традиционно темы «Обыкновенные дифференциальные уравнения» и «Основы операционного исчисления» изучаются как самостоятельные, слабо связанные между собой разделы. В результате у курсантов формируется искаженное представление: дифференциальные уравнения воспринимаются как «настоящий» способ описания физических процессов, а преобразование Лапласа – как абстрактная алгебраическая конструкция, не имеющая физической интерпретации.

Преодоление этого методического разрыва требует внедрения интегративных подходов. В настоящей статье предлагается методический подход, основанный на использовании системы сквозных прикладных задач, объединяющих оба математических аппарата вокруг единой инженерной проблематики – анализа переходных процессов в электрических цепях и системах связи.

1. Понятие и дидактические свойства сквозной задачи.

Под *сквозной задачей* в контексте нашего исследования понимается прикладная математическая задача, которая обладает следующими дидактическими свойствами.

1. *Профессиональная обусловленность:* формулируется в терминах предметной области (радиотехнические цепи, системы связи, обработка сигналов).

2. *Многоэтапность:* решается средствами разных математических тем, изучаемых последовательно в течение семестра.

3. *Контекстная непрерывность:* сохраняет единый физический контекст при переходе от одного математического метода к другому.

4. *Рефлексивность:* сопровождается обязательной интерпретацией полученного результата на каждом этапе.

Структура сквозной задачи при изучении ОДУ и операционного исчисления выстраивается по трехэтапной схеме.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Этап 1 (Классический). Составление математической модели, решение дифференциального уравнения аналитическим методом, анализ характера переходного процесса.

Этап 2 (Операторный). Переход в область изображений через преобразование Лапласа, алгебраизация задачи, нахождение решения, обратное преобразование и верификация с этапом 1.

Этап 3 (Инженерно-аналитический). Сравнение методов, построение графиков, расчет динамических характеристик (время установления, перерегулирование), формулирование выводов о влиянии параметров системы на ее устойчивость.

2. Профессиональный контекст задач для вуза связи.

Специфика подготовки офицеров связи диктует выбор прикладных ситуаций, которые должны составлять банк сквозных задач. Естественными и наиболее показательными моделями являются следующие.

1. *RC-цепи:* базовая модель переходных процессов в фильтрах, линиях задержки, интегрирующих цепях аппаратуры связи.

2. *RLC-контуры:* модель резонансных явлений в радиочастотных трактах и антенных системах.

3. *Линии связи с распределенными параметрами:* модели коммутационных процессов, возникновения отражений сигналов.

4. *Реакция линейных фильтров на импульсные помехи:* оценка времени восстановления работоспособности приемного тракта.

5. *Системы автоматической подстройки частоты (АПЧ):* модели установления синхронизации в апериодическом и колебательном режимах.

Данные ситуации позволяют охватить весь спектр линейных моделей: от уравнений первого порядка до уравнений второго порядка с различными типами корней характеристического уравнения.

3. Практическая реализация: модель переходного процесса в RLC-контуре.

Для иллюстрации методического подхода рассмотрим опорную сквозную задачу [1].

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Постановка задачи. На вход последовательной RLC-цепи (резистор R, индуктивность L, емкость C) в момент t = 0 подается постоянное напряжение U_0. Требуется найти ток $i(t)$, определить характер переходного процесса и оценить его длительность.

Этап 1. Классическое решение (Тема: Обыкновенные дифференциальные уравнения).

На этом этапе курсанты применяют второй закон Кирхгофа. Сумма падений напряжений на элементах контура равна приложенному напряжению:

$$U_R + U_L + U_C = U(t)$$

Подставляя выражения для напряжений:

на резисторе: $U_R = iR$,

на катушке: $U_L = L\frac{di}{dt}$,

на конденсаторе: $U_C = \frac{q}{C}$.

И учитывая, что ток – производная заряда: $i(t) = \frac{dq}{dt}$, переходим к линейному неоднородному дифференциальному уравнению второго порядка относительно заряда:

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = U_0.$$

Для тока $i(t)$ можно продифференцировать обе части по t и получить аналогичное уравнение, но удобнее решать относительно $q(t)$, а потом найти $i(t) = q'(t)$.

Введём обозначения:

коэффициент затухания: $\beta = \frac{R}{2L}$,

собственная частота: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Тогда уравнение принимает вид:

$$q'' + 2\beta q' + \omega_0^2\, q = \frac{U_0}{L}$$

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Методическая цель этапа: отработка навыков составления моделей по физическим законам, анализа характеристического уравнения $k^2 + 2\beta k + \omega_0^2 = 0$ и построения общих решений [5, с. 443–449] для трех режимов:

Передемпфированный режим ($\beta > \omega_0, D > 0$): два вещественных отрицательных корня, апериодический процесс (без колебаний).

Критический режим ($\beta = \omega_0, D = 0$): один корень кратности 2, предельный случай без колебаний.

Недодемпфированный режим ($\beta < \omega_0, D < 0$): комплексные корни, затухающие колебания.

Курсант убеждается, что корни характеристического уравнения напрямую диктуют физику процесса: будет ли система колебаться или плавно стремиться к равновесию.

Этап 2. Операторное решение (Тема: Операционное исчисление).

На занятиях та же самая задача решается операторным методом [3, с. 487–517]. Исходное уравнение в операторной форме (при нулевых начальных условиях) принимает вид алгебраического уравнения:

$$\left(Lp^2 + Rp + \frac{1}{C}\right) Q(p) = \frac{U_0}{p}$$

Откуда изображение тока находится чисто алгебраически:

$$I(p) = pQ(p) = \frac{U_0}{\left(Lp^2 + Rp + \frac{1}{C}\right)}$$

Методическая цель этапа: демонстрация мощности алгебраизации. Курсанты убеждаются, что знаменатель дроби в точности совпадает с характеристическим многочленом дифференциального уравнения. Корни знаменателя (полюса передаточной функции) определяют вид оригинала. Разложение на простейшие дроби и использование таблиц преобразований Лапласа дает тот же результат, что и на Этапе 1, что служит строгим доказательством эквивалентности методов.

Этап 3. Сравнительный и инженерный анализ.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Финальный этап является кульминацией сквозной задачи. Курсантам предлагается следующее.

1. Построить семейство графиков $i(t)$ для трех режимов (изменяя сопротивление R).

2. Определить *длительность переходного процесса* (практическое время установления – момент, когда ток входит в 5%-ную зону от установившегося значения).

3. Перерегулирование (оценить максимальный выброс тока в колебательном режиме.

4. Сделать инженерный вывод: как увеличение индуктивности L или емкости C влияет на быстродействие фильтра и устойчивость канала связи.

Ключевой дидактический вывод: курсант осознанно приходит к пониманию того, что корни характеристического уравнения (классический метод) и полюса операторного изображения (операторный метод) – это одна и та же сущность, полностью определяющая динамику системы. Преобразование Лапласа перестает быть «абстракцией» и становится мощным инструментом анализа устойчивости и качества систем связи.

4. Структура банка сквозных задач.

Для полноценной реализации предложенного подхода необходим банк задач, дифференцированный по уровню сложности, что позволит реализовать индивидуальный подход в обучении.

Уровень А (Базовый). Задачи на закрепление алгоритмов. Например, заряд/разряд RC-цепи (ОДУ 1-го порядка) или апериодический режим RLC-цепи. Цель – доведение до автоматизма базовых навыков моделирования и решения.

Уровень Б (Повышенный). Задачи с усложнением входных воздействий или параметров. Например, реакция RLC-цепи на гармонический сигнал или воздействие прямоугольного видеоимпульса на RC-фильтр. Здесь курсант сталкивается с кусочно-непрерывными функциями и запаздываниями, где преимущества оператора Лапласа становятся очевидными.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Уровень В (Творческий/Исследовательский). Комплексные задачи. Например, оценка времени восстановления приемника после воздействия импульсной помехи или сравнительный анализ качества переходных процессов в двух различных фильтрах. Требует от курсанта самостоятельного выбора метода, проведения вычислительного эксперимента и глубокой физической интерпретации.

5. Методические рекомендации по организации учебного процесса.

Интеграция сквозных задач требует определенной перестройки планирования.

1. *На занятиях по теме Обыкновенные дифференциальные уравнения* сквозная задача уровня А или Б вводится как итоговая практическая работа. Преподаватель акцентирует внимание на трудоемкости классического метода при сложных начальных условиях или правых частях, создавая «проблемную ситуацию» и потребность в новом инструменте.

2. *На занятиях по теме Операционное исчисление* первое практическое занятие Решение дифференциальных уравнений начинается с возврата к уже решенной задаче. Эффект «узнавания» физической модели при кардинальном изменении математического аппарата вызывает сильный педагогический отклик и повышает когнитивную активность курсантов.

3. *В системе контроля* (рубежный контроль, типовые расчеты) обязательно присутствует требование решить сквозную задачу двумя методами и провести сравнительный анализ. Это исключает возможность формального заучивания алгоритмов и проверяет глубину понимания.

4. *Для слабоуспевающих курсантов* предусматриваются варианты задач уровня А с подробными пошаговыми методическими указаниями. Алгоритмизация действий (составление уравнения → нахождение корней → переход к изображениям → анализ полюсов) позволяет преодолеть математические барьеры и сосредоточиться на физическом смысле.

6. Ожидаемые результаты и обсуждение.

Внедрение системы сквозных задач позволяет достичь ряда значимых педагогических результатов.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

1. *Формирование системного мышления.* Курсанты перестают воспринимать математику как набор разрозненных формул. Они видят единство математического аппарата, описывающего физические процессы.

2. *Развитие профессиональных компетенций.* Обучающийся получает готовый аппарат для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин, умеет переводить физическую схему на язык математики и интерпретировать математическое решение в терминах качества связи (полоса пропускания, добротность, искажения).

3. *Рост внутренней мотивации.* Прикладная, профессионально-ориентированная постановка задач снимает у курсантов вопрос «Зачем мы это учим?» Математика обретает статус важнейшей инженерной дисциплины [2,4].

4. *Оптимизация учебного времени.* Повторное использование одной и той же физической модели на разных этапах обучения снижает время на адаптацию к новым условиям задачи, позволяя сосредоточиться на изучении нового математического метода.

Заключение.

Система сквозных задач по темам «Обыкновенные дифференциальные уравнения» и «Основы операционного исчисления» не является искусственным усложнением программы. Напротив, это действенный способ оптимизации учебного процесса, позволяющий объединить фундаментальную математическую теорию с прикладными потребностями военного инженера связи.

Курсант, который самостоятельно убедился в том, что классический и операторный методы приводят к идентичным результатам, но обладают разной областью эффективного применения, обретает уверенность в своих математических знаниях. Преобразование Лапласа из «абстрактной надстройки» превращается в надежный практический инструмент. Дальнейшее развитие данного подхода видится в создании межкафедральных модулей совместно с техническими кафедрами, а также во внедрении элементов компьютерного моделирования для визуализации переходных процессов, описываемых сквозными задачами.

Список литературы

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

1. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учебное пособие / Г. И. Атабеков. – 7-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2009. – 592 с.

2. Кошкина, Н. В. Некоторые аспекты реализации прикладной направленности обучения высшей математике в военном вузе / Н. В. Кошкина, В. А. Ушакова, М. А. Ушаков // Динамика развития системы военного образования : материалы VII Международной научно-практической конференции (Омск, 14 марта 2025 г.). – Омск : Омский государственный технический университет, 2025. – С. 349–353.

3. Сборник задач по высшей математике, 2 курс : учебник для вузов / К. Н. Лунгу, В. П. Норин, Д. Т. Письменный, Ю. А. Шевченко. – 3-е изд., испр. – Москва : Айрис-пресс, 2005. – 592 с.

4. Профессиональная военная направленность обучения математике курсантов военного вуза: сборник трудов конференции / Н. В. Садовников, Т. Ю. Новичкова, Е. В. Шипанова [и др.] // Педагогика, психология, общество: современные тренды : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием (Чебоксары, 24 апр. 2020 г.) / редкол.: Ж. В. Мурзина [и др.]. – 2020. – Чебоксары : Среда, 2020. – С. 124–128.

5. Шипачев, В. С. Высшая математика: учебник для вузов / В. С. Шипачев. – Москва : Высшая школа, 2005. – 479 с.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)