подшипниковых узлов, в выборе их параметров и правильном условном обозначении. При выполнении лабораторных работ по данной дисциплине обучающиеся расширяют свои знания в производственно-конструкторской деятельности в области проектирования деталей и узлов общемашиностроительного применения.

Предлагаемый лабораторный практикум должен облегчить подготовку студентов к лабораторным работам, существенно повысить качество оформления лабораторных работ, самостоятельности работы студентов, а также сократить время на поиски нужной литературы для расчетов и оформления.

Литература

1. Белозерцев, Е. П. Педагогика профессионального образования : учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / Е. П. Белозерцев. – М. : Академия, 2014. – 365 с.
2. Стацук, И. П. Формирование образовательных информационных ресурсов при самостоятельном и непрерывном обучении / И. П. Стацук // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2017) : докл. XVI конф., Минск, 16 нояб. 2017 г. / редкол.: А. В. Тузиков [и др.]. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2017. – С. 136–140.

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПЕРАТОРНОГО МЕТОДА ПРИ РЕШЕНИИ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ КОЛМОГОРОВА ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ СОСТОЯНИЙ

**Т. А. Макаревич**

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск*

Основной задачей анализа марковских дискретных случайных процессов является определение текущих, т. е. в любой момент времени $t$, вероятностей состояний $p_i(t)$, если заданы вероятности состояний в начальный момент времени $p_i(0)$ и интенсивности переходов $\lambda_{ij}$ из состояния $S_i$ в состояние $S_j$. Известно, что искомые вероятности $p_i(t)$ находятся из уравнений Колмогорова, которые представляют собой систему линейных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами:

$$\frac{dp_k(t)}{dt} = \sum_{j\neq k}\lambda_{jk}p_j(t) - \sum_{j\neq k}\lambda_{kj}p_k(t). \qquad (1)$$

Здесь индекс $k$ принимает значения, определяемые числом возможных состояний. Соответственно количество уравнений в системе является конечным, если конечно число состояний, и бесконечно велико, если состояния образуют счетное множество.

Для решения системы (1) удобно применить операторный метод, основанный на преобразовании Лапласа. Обозначая изображение функции $p_k(t)$ как $P_k(p)$, вместо системы дифференциальных уравнений (1) запишем систему линейных алгебраических уравнений:

$$pP_k(p) - P_k(0) = \sum_{j\neq k}\lambda_{jk}P_j(p) - \sum_{j\neq k}\lambda_{kj}P_k(p), \qquad (2)$$

где $p_k(0)$ – начальное значение вероятности $p_k(t)$.

Разрешив систему (2) относительно изображений $P_k(p)$, вероятности состояний $p_k(t)$ можно найти с помощью обратного преобразования Лапласа.

Рассмотрим в качестве примера однородный дискретный марковский процесс с двумя состояниями $S_1$ и $S_2$. Граф состояний процесса приведен на рис. 1.

Процессы такого типа часто встречаются в приложениях теории вероятностей. В частности, к указанному процессу сводится решение простейшей задачи теории надежности систем. В этом случае состояние $S_1$ означает «исследуемая система работоспособна», а состояние $S_2$ – «в исследуемой системе произошел отказ, и она восстанавливается (ремонтируется)». Тогда интенсивности переходов интерпретируются следующим образом: $\lambda_{12}$ есть интенсивность отказов (среднее число отказов в единицу времени); $\lambda_{21}$ – интенсивность восстановления системы (среднее число восстановлений в единицу времени). Обозначая для наглядности интенсивность отказов как $\lambda_{12} = \lambda_0$ и интенсивность восстановления как $\lambda_{21} = \lambda_в$, запишем уравнения Колмогорова для вероятностей состояний:

$$\begin{cases} \dfrac{dp_1(t)}{dt} = \lambda_в p_2(t) - \lambda_0 p_1(t), \\ \dfrac{dp_2(t)}{dt} = \lambda_0 p_1(t) - \lambda_в p_2(t). \end{cases}$$

В рассматриваемом случае вероятности $p_1(t)$ и $p_2(t)$ имеют следующий смысл: $p_1(t)$ – вероятность того, что исследуемая система работоспособна; $p_2(t)$ – вероятность того, что исследуемая система неисправна и ремонтируется.

Примем, что в начальный момент времени $t = 0$ исследуемая система работоспособна. Тогда $p_1(0) = 1,\ p_2(0) = 0.$

Система алгебраических уравнений для изображений вероятностей имеет вид:

$$\begin{cases} pP_1(p) - 1 = \lambda_в P_2(p) - \lambda_0 P_1(p), \\ pP_2(p) = \lambda_0 P_1(p) - \lambda_в P_2(p). \end{cases}$$

Из второго уравнения системы находим:

$$P_2(p) = \frac{\lambda_0}{p + \lambda_в} P_1(p).$$

Подставив это изображение в первое уравнение системы и разрешив полученный результат, относительно $P_1(p)$, найдем:

$$P_1(p) = \frac{p + \lambda_в}{p(p + \lambda_0 + \lambda_в)}.$$

С учетом этого выражения получаем:

$$P_2(p) = \frac{\lambda_0}{p(p + \lambda_0 + \lambda_в)}.$$

Оригиналы, соответствующие полученным изображениям, находим с помощью таблиц преобразований Лапласа:

$$p_1(t) = \frac{\lambda_в}{\lambda_0 + \lambda_в} + \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_в} e^{-(\lambda_0 + \lambda_в)t}, \quad p_2(t) = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_в}\left[1 - e^{-(\lambda_0 + \lambda_в)t}\right].$$

Обратим внимание на то, что найденное решение удовлетворяет условию нормировки

$$p_1(t) + p_2(t) = 1.$$

Рассмотренный операторный метод решения системы дифференциальных уравнений Колмогорова имеет большие преимущества по сравнению с традиционными классическими методами решения систем дифференциальных уравнений, так как не приводит к громоздким вычислениям, что позволяет на практическом занятии рассмотреть большее количество примеров. Практика показывает, что при свободе выбора метода решения приведенной выше задачи, студенты выбирают операторный метод как наиболее простой и эффективный. Поскольку основы операционного исчисления входят в программу по высшей математике для всех инженерно-технических специальностей, то следует находить ему применение даже в таких, казалось бы, далеких от основных сфер приложения операционного исчисления разделах высшей математики, как марковские процессы.

## ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

**Е. П. Пономаренко**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Переориентация системы высшего образования Республики Беларусь с квалификационного подхода к образованию на компетентностный вызвала немало вопросов в педагогической среде, поскольку оценка усвоенных знаний и умений уступила место диагностике компетенций студентов. Кодекс Республики Беларусь об образовании определяет компетенции как приобретаемые в процессе обучения и воспитания способности осуществлять деятельность в соответствии с полученным образованием.

Цель настоящего исследования состоит в обосновании сути проблем оценки компетенций студентов и путей их решения. Методика исследования базируется на изучении ряда научных и методических работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных проблемам оценки способностей студентов к выполнению профессиональных функций, и обобщении собственного опыта диагностики компетенций студентов экономических специальностей.

В современной педагогической литературе выделяют следующие этапы диагностики компетенций обучающихся:

– определение перечня компетенций, формируемых в процессе изучения учебной дисциплины (модуля);

– выбор форм (устная, письменная, устно-письменная, техническая) и средств диагностики компетенций (задания, контрольные работы, тесты и т. д.);