

Для освоения сложных понятий, приобретения необходимых математических знаний можно использовать готовые программные пакеты имитационного моделирования (MATLAB + SIMULINK, МАТЕМАТИСА и др.). Система MATLAB + SIMULINK содержит большой набор прикладных программ – расширений. Задачу ДСК (рисунок 1) методом математического моделирования можно изучать с помощью двух прикладных расширений под названием Communication в наборах Toolbox и Blockset.

Следует отметить быстро растущую междисциплинарную связь прикладной математики с инженерными дисциплинами. В этом случае представляется более целесообразным ориентировать математическое обучение не на всё, что можно, а непосредственно на математические структуры, применение которых направлено на приложения, определяющие конкретную специальность. Преподавание, процесс обучения и содержание математики должны быть связаны с концепцией прикладной и исследовательской направленности. В западных ТУ, научно-исследовательских центрах и лабораториях крупных компаний, такой подход уже является частью повседневной научной жизни. Высокий теоретический уровень математических знаний инженера в эпоху Industry 4.0 гарантирует будущий индустриальный, культурный и социальный успех страны.

Список литературы

1 Митюхин, А. И. Технический университет на этапе перехода к цифровой трансформации индустрии 4.0 / А. И. Митюхин // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф. (Минск, 1–2 ноября 2018 г.). – Минск : БГУИР, 2018. – С. 313–315.

УДК 51:378.147.016

МАТЕМАТИКА В ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИНАХ

В. В. РОМАНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Подготовка студентов высшего учебного заведения направлена на получение ими компетенций, необходимых для будущей профессиональной деятельности специалиста. В процессе обучения студенты осваивают дисциплины, входящие в социально-гуманитарный и естественнонаучный модули, а также модули общей и специализированной инженерной подготовки. Изучение инженерно-технических дисциплин так или иначе связано с дисциплинами математического цикла. Зачастую уровень понимания спе-

циальных вопросов зависит от степени освоенности студентами материала математики, теории вероятности, физики и т. п.

Учебным планом специальности «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» предусмотрено изучение дисциплины «Автоматизированные системы управления в путевом хозяйстве». В рамках дисциплины значительное место занимают вопросы, связанные с изучением принципов работы и структуры информационно-управляющих систем, предназначенных для оценки фактического состояния железнодорожного пути, прогноза надежности его работы, поддержки принятия решений по управлению безопасностью объектов инфраструктуры [1].

Для решения инженерных задач путевого хозяйства студентами изучаются отчетные документы аналитического приложения «Программа расчета предотказного состояния рельсовой колеи» (ПГРК) автоматизированной системы комплексной диагностики технических объектов железнодорожной инфраструктуры «ЭКСПЕРТ» (АСКД-И «ЭКСПЕРТ»), применяемой на Белорусской железной дороге [2].

Математическое обеспечение информационной технологии ПГРК включает три взаимосвязанные части (системы) поддержки принятия решений по управлению:

- надежностью и функциональной безопасностью;
- ресурсами;
- транспортным происшествием [3].

Изучение отчетных документов дает возможность решить вопросы о планировании путеремонтных работ, возможности переустройства геометрического положения рельсовой колеи (ГРК), а также определить интенсивность изменения параметров ГРК в течение определенного периода. Для успешного освоения материала, важно не только понимание сути уже готового отчетного документа, но и принципов формирования указанных в нем данных, для чего студентам необходимо вспомнить математические занятия.

Классическая методология ПГРК работает с отказами, на основе которых осуществляется оценка состояния и прогнозирование развития ГРК. Задачей создателей ПГРК было разработать такой показатель состояния пути, который имел бы непрерывный характер, коррелировал с результатами оценки по действующим инструкциям, оценивал состояние пути в целом и позволял вести эффективный мониторинг и прогнозирование развития.

В качестве параметра, характеризующего степень расстройтва рельсовой колеи (РК), используется индекс предотказного состояния, определяемый по результатам статистической обработки ее геометрических параметров. Состояние рельсовой колеи с нулевым индексом считается полностью соответствующим нормативам, а чем больше степень расстройтва, тем выше значение индекса.

Индекс предотказного состояния РК рассчитывается в двух вариантах на основе статистической обработки:

– геометрических параметров РК по трем направлениям: продольному (просадки), поперечному (отклонения в плане) и вертикальному (отклонения по уровню) $ind_{пред}^{геом}$;

– значений ширины колеи, измеренной в свободном состоянии и непосредственно под воздействием поездной нагрузки $ind_{пред}^{скр}$.

Индекс $ind_{пред}^{геом}$ представляет собой функцию составляющих ее индексов, рассчитанных по геометрическим параметрам:

$$ind_{пред}^{геом} = f(ind_{пред}^{ур}; ind_{пред}^{пл}; ind_{пред}^{пр}), \quad (1)$$

где $ind_{пред}^{ур}$, $ind_{пред}^{пл}$, $ind_{пред}^{пр}$ – индексы характеризующие состояние РК соответственно по уровню, в плане, в профиле.

Каждый из индексов предотказного состояния определяется с учетом соответствующих внешних факторов:

$$ind_{пред}^{ур} = kv_{уст} \cdot \sigma_{ур}; \quad (2)$$

$$ind_{пред}^{пл} = kv_{уст} \cdot \sigma_{пл}; \quad (3)$$

$$ind_{пред}^{пр} = kv_{уст} \cdot \sigma_{пр}, \quad (4)$$

где $kv_{уст}$ – коэффициент приведения к установленной скорости движения; $\sigma_{ур}$, $\sigma_{пл}$, $\sigma_{пр}$ – показатели расстройств рельсовой колеи соответственно по уровню, в плане и в профиле, вычисляемые как скользящие среднеквадратические отклонения по следующим формулам:

$$\sigma_{ур}(i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ur(i) - MO_Ur(i))^2}{n-1}}; \quad (5)$$

$$\sigma_{пл}(i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Plan(i) - MO_Plan(i))^2}{n-1}}; \quad (6)$$

$$\sigma_{\text{пр}}(i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Profil}(i) - \text{MO_Profil}(i))^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где MO_Ur , MO_Plan , MO_Profil – математические ожидания геометрических параметров рельсовой колеи; n – количество отсчетов на буфере.

Индекс $\text{ind}_{\text{пред}}^{\text{скр}}$ определяется с учетом соответствующих внешних факторов следующей функцией:

$$\text{ind}_{\text{пред}}^{\text{скр}} = f(\text{Sh}; k_{\text{вфакт}}; k_{\text{вскр}}; k_{\text{всм}}), \quad (8)$$

где Sh – разница в ширине колеи, измеренной в свободном состоянии и непосредственно под воздействием поездной нагрузки (представляется в виде скользящего среднеквадратического отклонения); $k_{\text{вфакт}}$ – коэффициент приведения к фактической скорости движения; $k_{\text{вскр}}$ – коэффициент учета типа промежуточного рельсового скрепления; $k_{\text{всм}}$ – коэффициент смещения.

На основании $\text{ind}_{\text{пред}}^{\text{геом}}$ и $\text{ind}_{\text{пред}}^{\text{скр}}$ определяются соответствующие коэффициенты, которые в зависимости от класса железнодорожного пути распределяются по матрицам ранжирования.

Инженеры технических отделов дистанций пути для работы пользуются только конечными значениями коэффициентов, не вдаваясь в суть методологии, что можно видеть по знаниям студентов заочного факультета, связанных с этим видом деятельности. Однако в этом случае отсутствует понимание причины определения ПРГК коэффициента того либо иного значения. Очевидно, что для полной и объективной оценки рисков возникновения опасных ситуаций необходимо понимать не только инженерную, но и математическую составляющую методологии.

Список литературы

1 Гапанович, В. А. Некоторые вопросы управления ресурсами и рисками на железнодорожном транспорте на основе состояния эксплуатационной надежности и безопасности объектов и процессов (проект УРРАН) / В. А. Гапанович, А. М. Замышляев, И. Б. Шубинский // Надежность. – 2011. – № 1. – С. 2–8.

2 Об утверждении Методики по расчету, оценке и прогнозу предотказного состояния рельсовой колеи : утв. приказом от 27.05.2019 № 473 НЗ. – Введ. 03.06.2019. – Минск : Белорусская железная дорога, 2019. – 18 с.

3 Гапанович, В. А. Математическое и информационное обеспечение системы УРРАН / В. А. Гапанович, И. Б. Шубинский, А. М. Замышляев // Структурная надежность. Теория и практика, 2012. – С. 3–11.