

Теорема 3. Для любого фиксированного $j = 1, 2, \dots, k$ при $n \rightarrow \infty$

$$e^{\lambda_j z} - \pi_{kn, kn}^j(z; e^{\lambda_j \xi}) = (-1)^n \lambda_j^{n+1} \frac{z^{kn+n+1}}{(kn+n)!} e^{\lambda_j z(1-x_1)} \sqrt{-\frac{2\pi}{nS''(x_1)}} e^{nS(x_1)} e^{\sum_{i=1}^k \lambda_i z} \frac{1}{k+1} (1+O(1))$$

Следствие 1. Если $k=1$, то при $n \rightarrow \infty$ $P_n(z) \rightarrow e^{z/2}$.

В случае, когда $k \geq 2$, при $n \rightarrow \infty$ $P_{kn}^j(z) \rightarrow e^{\lambda_j z}$, $j = 1, 2, \dots, k$.

Для доказательства следствия 1 достаточно заметить, что при $k=1, \lambda_1=1$. Далее, если

$$\sum_{i=1}^k \lambda_i = 0$$

предположить $k \geq 2$, то легко показать, что

$$e^z - \pi_{n,n}(z; e^\xi) = (-1)^n \frac{z^{2n+1}}{(2n)!} e^z \sqrt{\frac{\pi}{4n}} \frac{1}{4^n} (1+O(1))$$

Следствие 2. Если $k=1$, то при $n \rightarrow \infty$

Данное асимптотическое равенство является частным случаем хорошо известного в теории аппроксимаций Паде равенства Д. Браесса: $n \rightarrow \infty$

$$e^z - \pi_{n,m}(z; e^\xi) = \frac{(-1)^m n! m! e^{2mz/(n+m)}}{(n+m)!(n+m+1)!} z^{n+m+1} (1+O(1))$$

Следствие 3. При $k=2$, то $\lambda_1=1, \lambda_2=-1$ и при $n \rightarrow \infty$

$$e^z - \pi_{2n, 2n}^1(z; e^\xi) = (-1)^n \frac{z^{3n+1}}{(3n)!} e^{(1-1/\sqrt{3})z} \sqrt{\frac{2\pi}{9n}} \left(\frac{2}{3\sqrt{3}}\right)^n (1+O(1))$$

$$e^{-z} - \pi_{2n, 2n}^2(z; e^{-\xi}) = -(-1)^n \frac{z^{3n+1}}{(3n)!} e^{-(1-1/\sqrt{3})z} \sqrt{\frac{2\pi}{9n}} \left(\frac{2}{3\sqrt{3}}\right)^n (1+O(1))$$

Заметим, что утверждения следствия согласуются с результатами работ [1] – [3].

Таким образом, мы нашли асимптотику аппроксимаций Эрмита-Паде второго рода для экспоненциальных функций с комплексными множителями в показателях экспонент.

Библиографический список:

1. Старовойтов А.П. Асимптотика аппроксимаций Эрмита-Паде системы экспонент // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2013. – Т. 57. – №2. – С. 5 – 10.
2. Старовойтов А.П. О свойствах аппроксимаций Эрмита-Паде для системы функций Миттаг-Леффлера // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2013. – Т. 57. – №1. – С. 5 – 10.
3. Старовойтов А.П. Аппроксимации Эрмита-Паде для системы функций Миттаг-Леффлера // Проблемы физики, математики и техники. – 2013. – №1(14). – С. 81 – 87.

ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ И ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Слесаренко К.И., Жадан М.И.

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

Теория надежности вводит в практику инженерного исследования количественные оценки, которые позволяют: устанавливать требования и нормативы надежности оборудования для установок и систем; сравнивать различные виды оборудования, установок и систем по их надежности; рассчитывать надежность установок по надежности их элементов; оптимизировать величину необходимого резерва и структуру технических объектов; выявлять наименее надежные элементы оборудования; оценивать сроки службы оборудования и установок.

Для обеспечения безопасной и эффективной работы в режимах эксплуатации и ремонта электрооборудования необходимо знать фактический уровень надежности электрооборудования с учетом воздействия реальных эксплуатационных факторов. Поэтому разработка методов и математических моделей количественной оценки показателей эксплуатационной на-

дежности и эффективности работы электрооборудования является актуальной. С проблемой надежности электрооборудования и объектов электроснабжения связаны следующие практические задачи:

- прогнозирование надежности оборудования и установок;
- нормирование уровня надежности, испытания на надежность;
- расчет и анализ надежности;
- оптимизация технических решений по обеспечению надежности при создании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем;
- экономическая оценка надежности.

Существует ряд разработанных методов контроля и управления случайными процессами, основной целью которых является обеспечение экономичного обслуживания по состоянию. Следует особо отметить, что все эти математически строгие результаты доведены до алгоритмов, пригодных к практическому использованию.

Основными факторами, влияющими на эффективность функционирования системы ТО, являются показатели надежности объекта, а также время поиска и продолжительность плановых и аварийно-восстановительных работ. Библиотека данных по результатам накопленных сведений и проводимых исследований включает результаты исследований применяемого и нового оборудования.

В качестве основных параметров математической модели надежности функционирования оборудования можно использовать наработку на отказ и среднее время восстановления, что позволяет охарактеризовать безотказность и долговечность оборудования. Многочисленные исследователи указывают на актуальность определения устойчивых уровней наработки на отказ и повышения надежности электрооборудования, применения аналитических методов оценки надежности технических систем.

Предложенный в работе подход анализа надежности имеет определенное преимущество перед известными в литературе алгоритмами расчета, так как при сохранении строгости вычислений обладает несомненной простотой и наглядностью. Он позволяет при проектировании технических объектов заранее оценить достаточность предусмотренных объема и номенклатуры регламентных работ для получения оптимальной стратегии ТО. Имеется возможность оперативно исследовать влияние различных факторов, связанных с системой ТО, на показатели ее эффективности. В зависимости от информационной составляющей исследуемого объекта и возможности проведения статистических испытаний предложены различные модели определения параметров надежности для технического обслуживания.

Для математических расчетов используется dll библиотека написанная на языке C#. Для создания интерфейса приложения в виде web-сайта в окне браузера использовались язык гипертекстовой разметки HTML, прототипно-ориентированный сценарный язык JavaScript и Node.js, а так же формальный язык описания внешнего вида документа CSS [1,2].

Разработанный программный инструментарий по оптимизации технических решений связан с элементами обеспечения надежности при проектировании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем. Результаты исследования позволяют установить «узкие места» в обеспечении надежности, разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования и прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации [3].

На главной странице сайта отображены программы для расчета параметров надежности оборудования и для расчета параметров электрооборудования (рисунок 155).

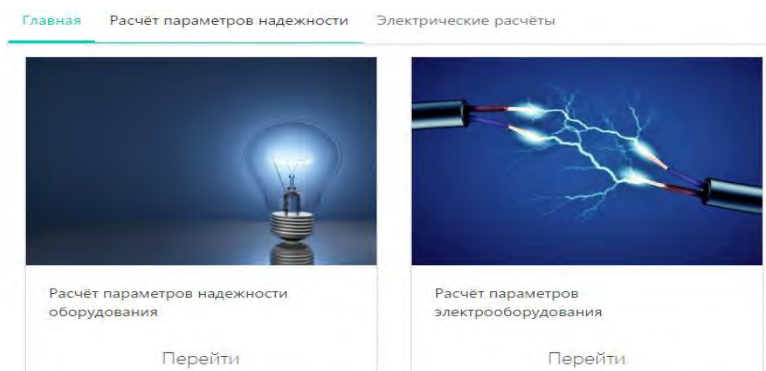


Рисунок 155 - Главная страница приложения

После выбора программы расчета надежности состоится переход на страницу выбора типа параметра, например, безотказность. В работе имеется возможность применить следующие законы распределения на отказ: экспоненциальный, Вейбулла, Эрланга, закон Гаусса, Гамма-распределение и логнормальное распределение (рисунок 156).

Рисунок 156 – Выбор типа распределения

Результаты исследования позволят: прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации; оценить степень опасности и установить «узкие места» электрических систем; разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования.

Реализованный программный инструментариий позволяет при проектировании или эксплуатации технических объектов оценить достаточность предусмотренных объемов и номенклатуры регламентных работ.

Библиографический список:

1. Троелсен Э. Язык программирования C# 6.0 и платформа .NET 4.6. Библиотека программиста. Изд-во: Вильямс, 2016. – 1400с.
2. Хэррон Д. Разработка серверных веб-приложений на JavaScript. М.: ДМК Пресс, 2012 – С. 16–23.
3. Слесаренко К. И. программно-технологический инструментариий для расчёта параметров надёжности для предприятий железнодорожной отрасли // «Творчество молодых-2016»: сб. науч. работ студентов и аспирантов УО «ГГУ им. Ф. Скорины». Ч.1 – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – с. 311–314.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ СВИНЦОВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Спабекова Е.Ж., Жаксылык Е.М., Муздыбек М.Е., Кулмаханова А.Ш., Жакипбаев Б.Е.,
Кочеров Е.Н., Колесников А.С.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова

Сегодня одну треть структуры экономики Республики Казахстан составляет производственные предприятия. Производство строительных материалов – является важным и стабильно развивающим экономическим сектором Казахстана. Он обеспечивает 8,6 %