

УДК 621.3.019.3

Использование суперпозиции двух функций распределения при оценке надежности оборудования машиностроительной отрасли

Новикова Татьяна Алексеевна

boiko_tatjana@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема формирования у студентов инженерных специальностей практических навыков анализа надежности оборудования. Представлен подход к организации междисциплинарного учебного проекта, направленного на решение производственной задачи по выбору функции надежности в виде суперпозиции двух распределений. Показано, что реализация проекта требует интеграции знаний из теории вероятностей, программирования, баз данных и методов оптимизации. Сделаны выводы, что подобные проекты можно применять для формирования у будущих специалистов системного мышления и компетенций, соответствующих вызовам современной цифровой промышленности.

Ключевые слова: функция надежности, суперпозиция, оборудование машиностроения, статистика отказов, метод наименьших квадратов

Введение. В современных условиях развитие инженерного образования является одним из основных компонентов национального суверенитета страны. Ключевым моментом в подготовке конкурентоспособных специалистов выступают практикоориентированные междисциплинарные проекты, предусмотренные в учебных планах образовательных организаций. В настоящей статье рассмотрен пример подобного проекта.

Материалы и методы; результаты. Одним из наиболее важных активов предприятия являются машины и оборудование, надежность которых напрямую влияет на качество производимой продукции. В теории надежности особое внимание уделяется понятию функции надежности, с помощью которой можно определить вероятность безотказной работы [1]. Существует несколько функций надежности: для непрерывных распределений используются равномерный, экспоненциальный, нормальный, усеченный нормальный и логнормальный законы, закон Рэлея, закон Вейбулла, гамма-распределение; для дискретных — закон Пуассона, биномиальное и геометрическое распределения [2].

В учебных курсах, посвященных надежности оборудования, решается задача, при которой заранее известна функция распределения и необходимо определить количественные параметры случайной величины. В то же время, на предприятии часто возникает задача выбора функции надежности, которая будет максимально точно аппроксимировать эмпирические данные. Практика показывает, что выход из строя оборудования может быть вызван как механическими, так и электронными неисправностями, которые имеют разную

природу. В подобных ситуациях распределение наработки на отказ описывается не одной функцией, а суперпозицией нескольких функций [3].

В связи с этим, предлагается рассмотреть возможность включения в учебный план следующего проекта. Пусть есть некоторое предприятие машиностроительной отрасли, на балансе которого есть несколько однотипных станков. По каждой единице оборудования собрана статистика отказов. Необходимо определить наиболее подходящую функцию надежности, основанную на суперпозиции двух распределений:

$$F_{mix} = p func_1 + q func_2,$$

где p — вес первой функции распределения в смеси; $q = (1 - p)$ — вес второй функции распределения в смеси; $func_1$ и $func_2$ — первая и вторая функция надежности.

Решение поставленной задачи может включать несколько этапов, реализация которых требует знаний и навыков разных дисциплин. На первом этапе, если объем данных велик, можно предусмотреть проектирование базы данных (БД), которая позволяет хранить, обновлять и выгружать данные статистики отказов. Реализация данного этапа возможна в случае овладения студентами основами архитектуры БД. На втором этапе выгруженные из БД данные необходимо привести к подходящему для последующего анализа виду — провести предобработку данных. Для выполнения данного этапа необходимы знания в области статистики и анализа данных, а также необходимо наличие навыков работы с одним из языков программирования, например, Python.

На третьем этапе целесообразно разработать модель, которая будет подбирать параметры суперпозиции распределения. Для этого следует выбрать критерий минимизации расхождения теоретической и эмпирической функций распределения. В качестве такого критерия может быть выбран метод наименьших квадратов (МНК), который подразумевает минимизацию суммы квадратов разности значений эмпирического и теоретического распределений. Для реализации третьего этапа необходимо обладать навыками в области оптимизации функций и компьютерного моделирования, а также целесообразно владеть профильными инструментами, например библиотекой `scipy`.

Заключение. В результате рассмотренного примера можно сделать вывод о целесообразности включения в учебные планы проектов, приближенных к производственным задачам, которые позволят объединить знания студентов из разных дисциплин, расширить их практические навыки, а также сформировать системное видение проблемы и мышление, ориентированное на результат.

Список источников

- [1] Гмурман В.Е. *Теория вероятностей и математическая статистика*. Москва, Юрайт, 2025, 479 с.
- [2] Щипицын А.Г., Кошечев А.А., Алешин Е.А. и др. *Элементы прикладной теории надежности*. Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2007, 114 с.
- [3] Ставровский М.Е. и др. *Основы функционирования систем сервиса*. Москва, Юрайт, 2025, 190 с.