

Критерий Пирсона, вычисленный по формуле (4) для данных табл. 3, равен **11,065**. Он намного меньше критической величины  $\chi^2_{кр}=16,8$  в случае 5%-го уровня значимости при 6 степенях свободы [3], что позволяет принять гипотезу о нормальности выборки, полученной в среде программирования *Visual C++* методом *Normal\_distribution*.

### Выводы

Все представленные нам ранее методы генерации случайных чисел подчиняются Критерию Пирсону, что без условно нам говорит о их нормальности. Проведя анализ более точным является метод БММ, также очень хорошо себя проявил метод БМ, что касается метода *Normal\_distribution* он конечно точнее чем метод БМ, но он не всегда точно срабатывает, иногда генерируются такие числа, что не подчиняются Критерию Пирсона. Метод *Normal\_distribution* хоть и есть у него такой большой минус, есть также большой плюс это его простота использования, где вместо того что бы расписывать формулы как в ранее указанных методах можно просто написать команду и указать мат. ожидание и отклонение. То есть в качестве учебных целей для ознакомления, очень хорошо подойдет метод *Normal\_distribution*. Но если надо для статьи, каких-нибудь вычислений, то тут хорошо себя покажут методы БМ и БММ.

### Список литературы

1. Кнут Д.Э. Искусство программирования. Полученные алгоритмы. Том 2. М.: Диалектика-Вильямс, 2018. 834 с.
2. Крицкий О.Л., Михальчук А.А., Трифонов А.Ю., Шинкеев М.Л. Теория вероятностей и математическая статистика для технических университетов. Теория вероятностей: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 212 с.
3. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. М.: Юнити-Дана, 2004. 573 с.
4. Сремеев В.С., Ракович Г.М. Теория планування та обробки експерименту: навчальний посібник. Мелітополь: Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Богдана Хмельницького, 2012. 87 с.
5. Чернова Н.И. Математическая статистика: учеб. пособие. 2-е изд. Новосибирск: РИЦ Новосибирского государственного университета, 2014. 150 с.
6. Кокорина И.В. Основы математической обработки информации в филологии: комбинаторика, теория вероятностей и математическая статистика: учеб.-метод. пособие. Архангельск: ИД САФУ, 2014. 115 с.
7. Хемди А.Т. Имитационное моделирование Введение в исследование операций. 7-е изд. М.: Вильямс, 2007. С. 697-737.
8. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 112 с.
9. Жалдак М.І., Кузьміна Н.М., Михалін Г.О. Теорія ймовірностей і математична статистика: підручник для студентів фізико-матем. спеціальностей педагог. університетів. Вид. 2, перероб і доп. Полтава: Довкілля-К, 2010. 500 с.
10. Зорин А.В., Зорин В.А., Федоткин М.А. Моделирование случайных величин и проверка гипотез о виде распределения: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. 19 с.
11. Описание программной среды C++. URL: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/vs/> (дата обращения: 15.10.2023).
12. Таблица нормального распределения случайных чисел. URL: <http://math-info.hse.ru/f/2017-18/ps-ms/all-tables.pdf> (дата обращения: 15.10.2023).

### О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Черемисин А.А., Бородай А.М.

Воронежский институт высоких технологий,  
Воронеж, e-mail: vasyukevitchaleks@yandex.ru

В существующих условиях наблюдается развитие систем связи. Формируются методики по расчету сложных дифракционных объектов.

Наблюдения показывают, что создание радиолокационных компонентов за последние несколько лет существенным образом усложнилось. Обусловлено это тем, что увеличились требования относительно технических характеристик подобных объектов. Они связаны с увеличением дальности обнаружения объектов, того, как быстро они будут идентифицированы [1]. Существуют большие углы обзора и др. При этом требуется знание совокупности тонких характеристик рассеивающих компонентов и антенных компонентов. Среди них можно отметить уровень кросс-поляризационных излучений, характеристики фазовых диаграмм направленности. Еще есть влияние уровней боковых, а также задних лепестков в амплитудных диаграммах направленности (ДН). Весьма актуальна подобная задача по объектам сложной формы при больших электрических размерах.

При формировании современных радиолокационных компонентов важно вести совершенствование средств по их проектированию. При этом одним из ключевых вопросов можно считать проведение моделирования функционирования базовых составляющих дифракционных структур. Это относится к широкому диапазону необходимых характеристик. Необходимо рассчитывать характеристики рассеяния антенн, которые будут отвечать современным требованиям. В ходе моделирования есть возможности построения методик и алгоритмов прогнозирования характеристик рассеяния радиоволн [2,3].

Необходимо построить модель прогнозирования. На ее базе будут возможность для того, чтобы получать информацию относительно возможных состояний объектов прогнозирования [4, 5].

Простейшие методы по восстановлению применяемых в ходе прогнозирования зависимостей, основываются на заданном временном ряде, т. е. функции, которая определена для конечного числа точек на оси времени.

Многомерная регрессия, это касается и использования непараметрических оценок плотности распределений – является основным в существующих условиях статистическим аппаратом для проведения прогнозирования.

К современным статистическим подходам прогнозирования относятся также модели авторегрессии, модель Бокса-Дженкинса, системы эконометрических уравнений, основанные

как на параметрических, так и на непараметрических подходах.

Качественные основываются на рассмотрении существующих опыта, знаний и интуиции исследователей. Весьма большое распространение в подобной группе имеют методы экспертных оценок. Сущность метода состоит в том, что прогнозные оценки определяются на основе заключений экспертов, которым поручается аргументированное обоснование своего мнения о состоянии и развитии того или иного рынка либо проблемы. Методы экспертных оценок, как правило, имеют качественный характер.

Основными процедурами обработки прогностических экспертных оценок являются проверка согласованности, кластер-анализ и нахождение группового мнения.

Объектом нашего исследования будет рассеяние на двумерном идеально проводящем цилиндре с длиной  $L$  и радиусом  $a$ .

Мы будем рассматривать случай линейного процесса рассеяния электромагнитных волн. Кроме того, мы будем полагать, что функция рассеяния объекта описывает линейную зависимость между падающим и рассеянным полем. Зависимость, которая определяет, то, как связаны линейно комплексные амплитуды напряженностей рассеянного  $E_s(r)$  и облучающего  $E_i(r)$  на контуре рассматриваемого цилиндра  $P$ , такая:

$$E^{ras}(\lambda, r) = \int_P G(\lambda_0, r, r_1) E^{pad}(\lambda, r_1) dr_1, \quad (1)$$

здесь  $\lambda, \lambda_0 \in [\lambda_1, \lambda_2]$ ,  $G(\lambda_0, r, r_1)$  – является пространственной импульсной переходной функцией объекта (РЛХ). Она соответствует длине волн  $\lambda_0$ . Ее мы предполагаем постоянной для диапазона длин волн  $[\lambda_1, \lambda_2]$ .

Функцию  $G$  мы рассчитываем, как:

$$G = G_L = E^{ras} / E^{pad},$$

где  $E^{ras}$  – рассеянное поле,  $E^{pad}$  – падающее поле.

Прогнозирование по характеристикам рассеяния мы вели по углам наблюдения  $\theta \in [0^\circ, \theta_{max}]$ . При этом угол  $\theta_{max}$  мы выбирали в ходе анализа конкретного компонента. Мы оценивали функцию  $G$  базируясь на том, что мы знаем ее значение по нескольким значениям размеров  $L$  цилиндра так:

$$G = G_L \cdot \frac{1}{K_p} \cdot \frac{E_{\lambda}^{pad}}{E_{\lambda_0}^{pad}}, \quad (2)$$

здесь  $E_{\lambda}^{pad}$  – это первичная волна для длины волн  $\lambda$ ,  $E_{\lambda_0}^{pad}$  – первичная волна на длине волн  $\lambda_0$ ,  $G_L$  вычисляется на длине волн  $\lambda_0$ ,  $K_p$  – коэффициент. Коэффициент  $K_p$  выбирается с целью получения лучших результатов прогно-

зирования. Для размера объекта  $L$  коэффициент  $K_p$  выбирается равным 1. Используя теорему о свертке, а также рассматривая предположение о постоянстве  $\psi$  на интервале  $[\lambda_1, \lambda_2]$ , имеем следующее выражение:

$$S_s(\omega, \lambda) = S(\omega) \times S_0(\omega, \lambda), \quad (3)$$

где введены такие обозначения, как  $S_s, S, S_0$ , показывающие преобразования Фурье для функций  $E^{ras}, \psi, E^{pad}$  по пространственным частотам  $\omega$ . Указанную модель мы анализировали в диапазоне длин волн  $[\lambda_1, \lambda_2]$ . Изучали длину волны  $\lambda_0$ , на которой рассчитывается функция  $S(\omega)$ . Для выбранных нами значений  $\lambda_k \in [\lambda_1, \lambda_2]$  были определены диаграммы рассеяния. Разница среди рассчитанной и прогнозируемой характеристикой не должна превышать 2,5 дБ. Угол  $\theta_{max}$  мы выбрали  $90^\circ$ . Тогда прогнозирование осуществлялось по углам наблюдения  $\theta \in [0^\circ, 90^\circ]$ . Зная двумерную ЭПР двумерного цилиндра, существует возможность найти трехмерную ЭПР цилиндра прямоугольного поперечного сечения. Расчет точных значений характеристик рассеяния для двумерной модели цилиндра был осуществлен на основе решения интегрального уравнения первого рода для случая  $E$ -поляризации падающей электромагнитной волны. Для демонстрации работоспособности методики расчеты проводились для случая равенства размеров высоты и длины цилиндра  $a = H$ .

Представляет интерес развивать рассмотренные подходы для других объектов. Использование указанных подходов в совокупности с другими методиками дает возможность комплексного исследования объектов.

#### Список литературы

1. Преображенский А.П., Юров Р.П. САПР современных радиоэлектронных устройств и систем // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2, № 3. С. 35-37.
2. Преображенский Ю.П. О проектировании и прогнозировании в энергосбережении // Строительство и реконструкция: сборник научных трудов 3-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 28 мая 2021 года / отв. ред. С.В. Дубраков. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 361-363.
3. Федухин А.В. К вопросу о прогнозировании остаточного ресурса изделий электронной техники // Математические машины и системы. 2020. № 1. С. 149-156.
4. Львович А.И., Альтварг М.С. Анализ возможностей управления в энергетических объектах // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций. 2022. С. 170-172.
5. Тоноян С.А., Балдин А.В., Елисеев Д.В. Прогнозирование технического состояния электронных систем с адаптивными параметрическими моделями // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 2016. № 6 (111). С. 115-125.
6. Преображенский Ю.П. Применение поглощающих материалов при проектировании электродинамических устройств // Будущее науки – 2018: сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах / Отв. ред. А.А. Горохов. 2018. С. 374-377.