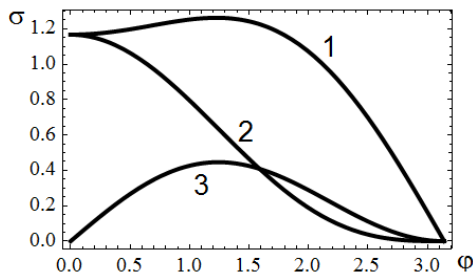


дится в диапазоне 1–4 % для первого приближения, а для второго этого интервал – 0,008–0,2 %, тогда как для $\sigma_{r\varphi}$ значения для первого – 1–5,5 %; для второго – 0,03–0,8 %, для $\sigma_{\varphi\varphi}$ от 1 % до 6 % для первого и от 0,02 до 0,5 % для второго.



1 – σ_{rr} ; 2 – $\sigma_{\varphi\varphi}$; 3 – $\sigma_{r\varphi}$

Рисунок 1 – Распределение компонент тензора напряжений на расстоянии $r = 0,4$ мм от вершины трещины при изменении φ рад

В качестве 100% берется максимум функции, которая представляет собой сумму нулевого, первого и второго приближения. Учитывая, что максимум суммы трех функций, может не совпадать с суммой максимумов трех функций, процентный вклад рассматривается именно по отношению к норме функции суммы трех приближений.

Для нулевого приближения косинус-преобразование Фурье полученных функций U_0, V_0, W_0 примут вид для $\lambda_0 = 0,5$:

$$\begin{aligned} U_0 &= 0,003 - 0,001\cos(\varphi) - 0,003\cos(2\varphi) + \\ &+ 0,001\cos(3\varphi), \\ V_0 &= -0,014 + 0,017\cos(\varphi) - 0,002\cos(2\varphi), \end{aligned} \quad (15)$$

$$W_0 = 0,010 + 0,007\cos(\varphi) - 0,001\cos(2\varphi) + 0,001\cos(3\varphi).$$

Также получена оценка найденных значений компонент вектора перемещений и тензора напряжений в сравнении с результатами, полученными в рамках деформационной теории пластичности (рисунок 2).

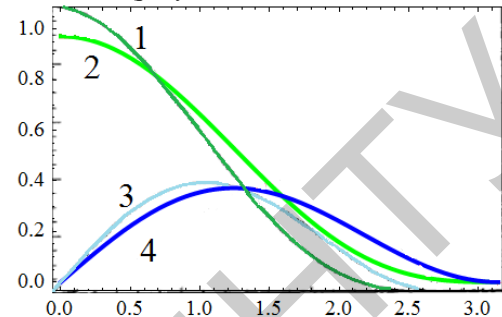


Рисунок 2. – Распределение безразмерных компонент тензора напряжений в рамках деформационной теории (1 – $\sigma_{\varphi\varphi}$; 3 – $\sigma_{r\varphi}$); в рамках теории течения (2 – $\sigma_{\varphi\varphi}$; 4 – $\sigma_{r\varphi}$)

Также как и для решения в рамках деформационной теории нормальное напряжение достигает своего наибольшего значения при $\varphi = 0$. Наибольшая концентрация напряжений наблюдается в окрестности вершины трещины. Характер монотонности компонент напряжений совпадает. График компоненты $\sigma_{r\varphi}$ достигает наибольшего значения при 90° , как и в сравниваемых результатах. Обезразмеривание осуществляется следующим образом:

$$\hat{\sigma}_{i,j} = \frac{\sigma_{i,j}}{\max(\sigma_{\varphi\varphi})}.$$

Отклонения между этими кривыми в первом и во втором случае не превышает 2 %.

УДК 519.682

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Нестеренко А.О., Выслоух С.П.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

В приборостроении весьма важным является подготовка и налаживание процесса изготовления необходимого продукта. Некачественное выполнение указанных работ приведет к значительным затратам финансовых ресурсов и времени, что является важным фактором, который может отрицательно повлиять в дальнейшем на судьбу всего производственного процесса [1].

На сегодняшний день актуальной является задача быстрого и качественного изготовления сложных приборов различного назначения и применения. Изготавливая изделия в сжатые сроки и приемлемой стоимостью, перед исполнителем

стоит задача сохранения уровня качества на указанном пределе и даже его повышения.

Современные технологии производства в приборостроении постоянно совершенствуются, что является движущей силой, которая дает возможность создавать новейшие изделия для решения множества ранее трудно решаемых и нерационально затратных сложных задач экономики и промышленности государства. Для решения данной задачи применяются различные методы улучшения технологии производства. Все они направлены на повышения качества и сокращения времени изготовления изделия.

Как сообщалось ранее, существует потребность ускорения сроков проектирования и изготовления изделий, в которых остро нуждается промышленность страны, оставляя при этом необходимый порог характеристик готового изделия. В данной ситуации важным является увеличение объемов производства этих изделий, уменьшение их себестоимости и повышения качества, что позволит успешно выполнить поставленные задачи.

Для решения указанных задач при разработке и производстве новых сложных изделий предлагается использовать методы имитационного моделирования, что является одним из эффективных способов создания технологических процессов в приборостроении.

Анализ современных средств имитационного моделирования показал, что для поставленных задач целесообразно применять многофункциональную среду имитационного моделирования AnyLogic, которая на порядок выше среди аналогов в данной сфере по своим показателям и имеет наиболее подходящие, не ограничивающие по сравнению с некоторыми аналогами, характеристики для применения в создании и наладке технологических процессов.

Использование AnyLogic дает возможность оценить эффект конструкторских решений в сложных системах реального мира [2].

Профессиональный инструмент имитационного моделирования AnyLogic нового поколения, который разработан на основе современных концепций в области информационных технологий и результатов исследований в теории гибридных систем и объектно-ориентированного моделирования. Построенная на их основе инструментальная система AnyLogic не ограничивает пользователя одной единственной парадигмой моделирования, что характерно для существующих на рынке инструментов моделирования. В AnyLogic разработчик может использовать разные уровни абстрагирования и разные стили и концепции, а также смешивать их при создании одной и той же модели. Программный продукт AnyLogic основан на объектно-ориентированные концепции. Объектно-ориентированный подход к представлению сложных систем является лучшим на сегодняшний день методом управления сложностью информации, эта концепция позволяет простым и естественным образом организовать и представить структуру сложной системы.

Таким образом, идеи и методы, направленные на управление сложностью, произведенные в последние десятилетия в области создания программных систем, позволяют разработчикам моделей в среде AnyLogic организовать мышление, структурировать разработку и в

конечном счете упростить и ускорить создание моделей.

AnyLogic не ограничивает пользователя одной-единственной парадигмой моделирования, что является характерным фактически для всех инструментов моделирования, существующих сегодня на рынке. В AnyLogic разработчик может гибко использовать различные уровни абстрагирования, различные стили и концепции, строить модели в рамках той или иной парадигмы и смешивать их при создании одной и той же модели, использовать ранее разработанные модули [2].

С помощью данной системы есть возможность построить модели участков изготовления деталей и линий сборки сложных изделий путем имитации всех элементов технологических процессов еще до начала запуска их реального производства.

Преимуществами программного средства AnyLogic является то, что эта среда моделирования поддерживает проектирование, разработку и документирование модели, позволяет выполнить компьютерные эксперименты с моделью, включая различные виды анализа – от анализа чувствительности параметров модели к их оптимизации по выбранному критерию. [3]

После создания имитационной модели участка изготовления и сборки изделия начинается фаза проектирования, связана с проведением экспериментов над исследуемым изделием. Учитывая тип изделия, его область применения, характеристики при которых будет применяться готовый продукт, а также включая во внимания все указания заказчика, производится эксперимент по изготовлению указанного продукта от начала до конечного его завершения.

Таким образом, есть возможность тестирования многих параметров производственного процесса с целью определения оптимальных решений. При этом программа AnyLogic использует все выходные данные (значения параметров, конфигурации планирование и т.д.) и имитирует работу участка изготовления деталей и сборки изделия в реальном масштабе времени. Мало того, имитационная модель является гибкой и может подвергаться изменению, внедрением различных характеристик или изменения технологического процесса без потери ранее наработанной модели.

К примеру, рассмотрим процесс планирования и оптимизации автоматизированного производства прибора. Для решения данной задачи необходимо определить лучшую конфигурацию производственного процесса и конфигурацию автоматизированной производственной линии для минимизации затрат и максимизации пропускной способности и надежности работы.

Для этого необходимо:

– определить типы и количество оборудования;

- оценить альтернативные варианты планировки производства;
- исследовать узкие места в перемещении материальных потоков;
- оценить влияние поведения операторов на показатели производства;
- определить поведение системы в случае поломок оборудования;
- определить вероятность производства бракованной продукции;
- определить, как изменятся показатели производства из-за плановых остановок.

Используя возможности среды AnyLogic можно дополнительно создать библиотеку, которая позволяет включать элементы для быстрого моделирования подобных систем и объектов, систем движения материальных потоков, работу персонала и систем контроля качества продукции.

После построения модели выполняется фаза проекта, связанная с проведением экспериментов, и процесс тестирования множества параметров для поиска оптимального решения. Далее, используя результаты проведенных экспериментов, определялись лучшие типы устройств производственной линии в целом и их конфигурации с точки зрения пропускной способности, количества брака и надежности. Таким образом, получены решения, которые позволили значительно улучшить устройство производственной линии и при минимальных затратах выбрать ее наилучшую конфигурацию.

УДК 004.056:061.68

ФОРМИРОВАНИЕ СКРЕМБЛИРОВАННОГО ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА ДЛЯ МАСКИРОВАНИЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Бокуть Л.В.¹, Деев Н.А.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Аналоговое скремблирование относится к классу известных методов маскирования связи и применяется практически во всех современных средствах передачи информации. Суть его состоит в преобразовании исходного речевого сигнала с целью минимизации признаков речевого сообщения, в результате которого этот сигнал становится неразборчивым и неузнаваемым. Необходимым условием такого преобразования является возможность обратного преобразования для восстановления речевого сигнала на приемной стороне [1].

Технические средства, разработанные на основе аналоговых методов скремблирования, часто используются для защиты речевой информации от прослушивания. При аналоговом скремблировании речевого сигнала можно преобразовывать по амплитуде, частоте и времени. Амплитудные преобразования при

Результатом имитационного моделирования и проведения экспериментов с применением полученной модели является повышение эффективности использования оборудования, оптимизация производства, сокращение времени производственного цикла, увеличение объемов производства и улучшение качества готового изделия. Это соответствует всем поставленным в данной работе задачам.

Литература

1. Нестеренко А.О., Вислоух С.П. Оптимізація процесів приладобудівного виробництва шляхом імітаційного моделювання [Текст] / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали тез доповідей VII міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 24–27 квіт. 2017 р.): у 2-х т. / Чернігівський національний технологічний університет [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – Т. 2. – С. 143.
2. Маликов, Р.Ф. Практикум по имитационному моделюванню складних систем в середі AnyLogic 6 [Текст]: учеб. пособие / Р. Ф. Маликов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2013. – 296с.
3. Боев В.Д., Кирик Д.И., Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование: Пособие для курсового и дипломного проектирования. — СПб.: ВАС, 2011. — 348 с.

скремблировании не применяются из-за проблем точного восстановления амплитуды речевого сигнала при его обработке.

При частотном преобразовании сигнала используются частотная инверсия сигнала, разбиение полосы частот речевого сигнала на несколько сегментов и частотная инверсия спектра в каждом сегменте относительно его средней частоты, разбиение частоты речевого сигнала на несколько сегментов и их частотные перестановки.

При временных преобразованиях производится разбиение сигнала на речевые сегменты и их перестановка во времени: инверсия по времени сегментов речи, временные перестановки сегментов речевого сигнала. При комбинированных методах преобразования сигнала используют одновременно несколько различных способов скремблирования (как частотных, так и временных), число которых