

позволяет повысить точность и эффективность принятия решений, учитывая различные факторы и риски. Описанный критерий является одним из наиболее распространенных методов, который может быть использован в различных областях менеджмента, так как позволяет выбирать лучшее решение из нескольких альтернативных вариантов, основываясь на вероятностных оценках их эффективности. Такой подход учитывает не только вероятности успешной реализации решения, но и вероятности неудачи, степень оптимизма или пессимизма принимающего решение, условия неопределенности и различные факторы, которые могут повлиять на результаты. Все это делает критерий Гурвица более гибким, адаптивным и полезным при принятии решений в различных сферах управления.

Список использованных источников

1. Набатова, Д. С. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Д. С. Набатова. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 292 с.

УДК 677.022:519.876.5

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕСТРУКЦИИ И СТАРЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ**

***Севостьянов П.А., д.т.н., проф., Самойлова Т.А., к.т.н., доц.,  
Белевитин А.А., асп., Бурдин И.М., асп.***

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина,  
г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. Дано описание подхода имитационного компьютерного моделирования динамики старения и деструкции волокнистого материала на основе формализма Марковских моделей. Волокнистый материал рассматривается как мягкая конструкция, сформированная из случайным образом взаимодействующих и ориентированных волокон. Марковская схема моделирования позволила учесть в одной модели как обратимые, так и необратимые изменения в волокнистом материале под действием внешней нагрузки и допускает возможность учета изменения свойств волокнистого материала по мере нарастания в нем эффектов старения и деструкции.

Ключевые слова: волокнистый материал, мягкая конструкция, деструкция, старение, Марковская модель, статистическая динамика, компьютерная имитация.

В отличие от сплошных деформируемых сред (СДС) по многим причинам волокнистый материал (ВМ) целесообразно рассматривать как «мягкую» конструкцию, образованную взаимодействием несчетного числа более или менее хаотично деформированных волокон. В любом ВМ у волокон можно выделить участки двух типов: на участках 1-го типа волокно окружено воздушной средой; на участках 2-го типа волокна взаимодействуют по поверхностям соприкосновения с соседними волокнами [1, 2, 3].

При малых силовых нагрузках на ВМ силы взаимодействия между волокнами достаточно велики и препятствуют нарушению этого взаимодействия. Реакция ВМ сводится к деформациям изгиба и удлинения участков 1-го типа. Эти деформации обратимы, поэтому такие слабые нагрузки на ВМ не меняют его структуры, и после снятия нагрузки ВМ восстанавливает свою форму без изменения механических характеристик.

При больших внешних нагрузках на ВМ нарушаются связи между волокнами на участках 2-го типа. Такие нарушения являются необратимыми, они меняют структуру ВМ, освобождают накопленную в волокнах остаточную механическую потенциальную энергию. Внешне эти изменения проявляются в эффектах, которые принято называть деструкцией и старением ВМ [4, 5].

Заметим, что описанный механизм деструкции и старения ВМ существенно отличается от аналогичных процессов в СДС, распределен по массе волокон, из которых построен ВМ, и носит существенно вероятностный характер. Такое представление позволяет

использовать для его моделирования вероятностную модель Марковских процессов (МП). Во множестве состояний МП выделяют подмножества «сообщающихся» состояний, между которыми система, описываемая МП, может переходить в течение продолжительного времени. Существуют также подмножества «невозвратных» состояний: при уходе из них система уже не может вернуться в эти подмножества. Как видим, эволюция МП практически точно соответствует поведению волокон в ВМ под действием внешней нагрузки [6].

Была построена компьютерная имитационная модель, воспроизводящая динамику изменения состояний ВМ. Было смоделировано множество возможных состояний, причем в начале работы модели система находилась в состояниях одного из невозвратных подмножеств. Затем, в соответствии с выбранной структурой матрицы вероятностей перехода система в течение некоторого случайного интервала времени меняла свои состояния в пределах одного класса эквивалентных (сообщающихся) состояний. Рано или поздно происходил переход в следующее невозвратное подмножество состояний и так далее, пока система не оказывалась в подмножестве эргодических (возвратных) состояний, в котором и оставалась, что считалось достижением состояния полного старения, деструкции и потери функциональности ВМ.

Схематично для случая двух невозвратных и одного эргодического подмножеств состояний описанную динамику можно изобразить схемой

$$\{A_1[Q(i) \leftrightarrow Q(k)]\} \rightarrow \{A_2[U(j) \leftrightarrow U(r)]\} \rightarrow \{H[V(s) \leftrightarrow V(t)]\}$$

Здесь  $A_1$  и  $A_2$  обозначают начальное и промежуточное невозвратные подмножества состояний ВМ  $Q$  и  $U$ , а  $H$  – подмножество конечных состояний ВМ.

Построенный алгоритм имитации динамики процесса деструкции и старения ВМ хорошо управляется свойствами матрицы вероятностей переходов между состояниями. Было принято по четыре состояния в каждом из двух невозвратных подмножеств и три состояния в эргодическом подмножестве, т.е. всего одиннадцать состояний модельной системы. Этого оказалось достаточно для моделирования как возвратных «движений» системы внутри сообщающихся состояний подмножеств одного класса эквивалентных состояний и имитации упругих и эластических особенностей поведения ВМ, так и необратимых изменений состояния ВМ.

Моделирование на многих прогонах модели показало, что вероятностная природа процесса прекрасно отображается в значительном разбросе скорости изменения состояний и продолжительности перехода из начального состояния системы, моделирующей поведение ВМ, в одно из ее конечных состояний.

Каждое состояние системы описывалось набором атрибутов: остаточным запасом потенциальной механической энергии волокон, показателями извитости и удлинения волокон, объемной плотностью ВМ и соотношением размеров участков 1-го и 2-го типов в моделируемом ВМ. Это позволило не только отслеживать динамику изменения свойств ВМ, но и оценивать интегральные и усредненные характеристики системы и их изменение во времени в течение эволюции ВМ от начального до конечного состояния.

Модель допускает без существенных изменений в алгоритме имитации менять матрицу вероятностей перехода между состояниями в зависимости от достигнутого класса эквивалентных состояний. Это дает возможность моделировать нестационарную, с точки зрения вероятностных законов поведения, динамику изменения свойств ВМ, т.е. учесть в модели весьма специфические особенности изменений в поведении ВМ по мере его старения. Учесть эти особенности в моделях другого типа обычно весьма проблематично.

Макет компьютерной реализации модели выполнен в среде Matlab и затем написан в среде языка Python. Программная система оснащена модулями автоматизации прогонов модели, отслеживания поведения системы и накопления результатов, а также статистической обработки результатов моделирования гибкого управления экспериментами с моделью [7, 8]. Для проверки робастности модели по отношению к начальным условиям моделирования была спланирована и выполнена специальная серия компьютерных экспериментов, позволившая оценить число повторных прогонов модели, достаточное для получения статистически достоверных результатов моделирования.

#### Список использованных источников

1. Севостьянов, П. А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание, дискретизация, штапельирование, кручение, намотка, перематка / П. А. Севостьянов. – Москва : Клуб-

- Печати, 2021. – 591 с.
2. Севостьянов, П. А. Компьютерные модели в механике волокнистых материалов / П. А. Севостьянов. – Москва : Тисо Принт, 2013. – 253 с.
  3. Севостьянов, П. А. Энергетические аспекты релаксации и старения нетканых волокнистых материалов. Технологии и качество / П. А. Севостьянов., Т. А. Самойлова, В. В. Монахов, А. А. Белевитин, И. М. Бурдин. – 2022. – № 4 (58). – С. 19–24.
  4. Севостьянов, П. А. Статистические особенности трения волокон в одномерном волокнистом продукте. Технологии и качество / П. А. Севостьянов, Г. Г. Сокова. – 2022. – №1 (55). – С. 35–39.
  5. Севостьянов, П. А. Рассеяние остаточной внутренней энергии деформации волокон как проявление общей флуктуационно-диссипационной теоремы в статистических системах механики. В сборнике: Современные технологии хранения, обработки и анализа больших данных. Сборник научных трудов кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления / П. А. Севостьянов., Т. А. Самойлова, В. В. Монахов. – Москва, 2022. –С. 135–139.
  6. Кемени, Дж. Конечные цепи Маркова / Дж. Кемени, Дж. Снелл. – Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». – 1970.
  7. Белевитин, А. А. Разработка структуры программного модуля для оценки робастности математических моделей характеристик волокнистых материалов / А. А. Белевитин, И. М. Бурдин, Т. А. Самойлова, П. А. Севостьянов // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022. – 265 с. – С. 36–38.
  8. Маркова, М. Л. О планировании экспериментов с компьютерными моделями систем для проверки их робастности / М Л. Маркова, П. А. Севостьянов, Т. А. Самойлова // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК–2021): сб. материалов Национальной (с международным участием) молодёжной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, 2021. – 876 с. – С. 680–681.

УДК 004.4

## ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ТАБЛИЧНОЙ ФОРМЕ НА ВЕБ-СТРАНИЦЕ

*Хоптериев Ю.Т., асс.*

*Пловдивский университет имени Паисия Хилендарского,  
г. Пловдив, Болгария*

Реферат. В статье рассматривается авторский виджет, разработанный на основе клиентских языков веб-программирования, и предназначенный для сортировки и фильтрации данных, представленных на веб-странице в табличной форме. Виджет работает полностью на клиентской машине и применим к любой таблице, имеющей определенную структуру – ячейки первой строки содержат заголовки столбцов и в таблице нет слияния ячеек.

Ключевые слова: плагин, виджет, веб-страница, таблица данных, фильтрация, сортировка.

### **Введение**

Иногда веб-страницы содержат информацию, прочитанную из базы данных или из файла и представленную в табличной форме (рисунок 1). Для более эффективного использования такой информации пользователю необходимо иметь инструменты для выполнения разных видов запросов, связанных с поиском в таблице данных. Для этого при работе с базой данных могут использоваться возможности языка SQL, что требует:

- веб-разработчику создать скрипты, обеспечивающие диалог с пользователем и связь этого диалога с функциями генерации SQL-запросов и их выполнения;
- обращения клиентской машины к веб-серверу при выполнении каждого запроса.