

Литература:

1. R.A.Scholtz, "Multiple Access with TimeHopping Impulse Modulation," Proc. MILCOM, Oct. 11-14, 1993.

УДК 677.022:519.8:62.50

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ И РЫХЛЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ВЕТВЯЩИМИСЯ МАРКОВСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

¹САМОЙЛОВА Т.А., аспирант, ¹МОНАХОВ В.В., аспирант, ¹СЕВОСТЬЯНОВ П.А., профессор,
ОРДОВ² К.В., профессор

¹ Московский государственный университет дизайна и технологии, ² Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: рыхление, очистка, вероятностный процесс.

Реферат: процессы рыхления и очистки относятся к ветвящимся случайным процессам. Для их исследования строились математические и компьютерные модели, позволяющие учесть особенности этих процессов и достичь необходимого уровня детализации.

Технологические процессы рыхления, дробления, измельчения, сепарации и очистки материалов встречаются во многих производствах. Основное значение они имеют при подготовке волокнистых материалов из природных волокон (хлопка, льна, шерсти и др.) для получения пряжи и изделий из нее: тканых, трикотажных, нетканых полотен. Независимо от природы перерабатываемых волокнистых материалов целью перечисленных технологических процессов является разделение порций, например, клочков, материала на порции меньших размеров (это процессы дробления и измельчения), увеличение объема и уменьшение плотности материала (это процесс рыхления), выделение и удаление из общей массы материала не пригодных для дальнейшей обработки (непрядомых) волокон и сорных примесей (это процессы сепарации и очистки). Эти процессы являются многоэтапными и производятся как в специально предназначенных для этих целей машинах разрыхлительно-очистительного агрегата, так и как сопутствующие другим процессам на всех стадиях переработки волокнистого материала в пряжу [1]. Схематично один этап процессов можно описать формулой

$$m(n-1) + g(n-1) = \sum_{j=1}^{k(n)+1} (m_j(n) + g_j(j)). \quad (1)$$

В этой формуле $m(n-1)$ и $g(n-1)$, соответственно, масса порции волокнистого материала и масса сорных примесей в этой порции перед n -м этапом рыхления и очистки. Число $k(n)$ – количество порций волокнистого материала, возникающих из исходной порции в результате ее разделения на n -м этапе. В эту сумму включена под номером $k(n)+1$ порция материала и сорных примесей, выходящая из потока материала в отходы и не участвующая в дальнейшей переработке.

Процесс, описываемый формулой (1), является вероятностным процессом и относится к категории ветвящихся случайных процессов. С 1947 г., когда А.Н. Колмогоров предложил этот термин [2], в теории ветвящихся процессов был достигнут колоссальный прогресс, который нашел отражение в трудах Б.А. Севастьянова, В.А. Ватутина, С.В. Нагаева, Т. Харриса, В. Феллера, С. Карлина и многих других отечественных и зарубежных исследователей [3-9]. Были построены математические модели многих видов ветвящихся процессов для различных приложений. При этом учитывались особенности моделируемых физических процессов. Доказаны теоремы о предельных распределениях порций и получены явные выражения для этих распределений в простейших случаях и схемах деления. Базовым формализмом, используемым в теории ветвящихся процессов, является формализм производящих и характеристических функций для распределений. Результаты этих исследований являются мощной теоретической базой для более детального компьютерного моделирования процессов.

На основе представлений о физической сущности и механизмах деления порций волокнистого материала были разработаны алгоритмы деления клочков волокнистого материала в

соответствии с формулой (1). При этом было предусмотрено два варианта для числа вновь возникающих порций k . В первом варианте это число было случайным. Его значения соответствовали распределению Пуассона. Параметр этого распределения a рассматривался как: 1) постоянная величина на всех этапах деления; 2) как величина, зависящая от массы разделяемой порции (чем меньше масса, тем меньше значение параметра); 3) как величина, монотонно уменьшающаяся с ростом номера этапа n . Во втором варианте число порций всегда равно двум. В этом случае предполагалось, что практически всегда порция волокон за один этап деления разделяется не более чем на две части (плюс часть в отходы). Само деление на порции моделировалось в два шага. На первом шаге разыгрывалась возможность деления порции как случайное событие с заданной вероятностью. На втором шаге, если деление происходило, определялись пропорции деления как координаты случайных точек, равномерно распределенных в пределах k -мерного симплекса.

Динамика процесса также моделировалась по двум различным алгоритмам. В первом алгоритме последовательно накапливалась статистика по первому этапу деления для большого числа порций. В результате получалась достаточно точная и надежная оценка распределения порций по их характеристикам. Эта оценка использовалась как исходная для моделирования порций, разделяющихся на следующем этапе. Такой подход позволил обеспечить высокоэффективное и в то же время точное моделирование дискретного (пошагового) процесса деления порций. Во втором алгоритме каждая порция существовала в течение случайного интервала времени, после чего моделировалось ее разделение на две части (плюс часть в отходы). При этом алгоритм отслеживал эволюцию каждой порции, накапливая статистические данные о числе и распределении характеристик порций на каждом временном отрезке. Моделирование продолжалось, пока модель не выходила на равновесные распределения по всем контролируемым характеристикам порций. Этот моделируемый процесс соответствует непрерывным ветвящимся процессам.

Компьютерные модели, уступая математическим моделям теории вероятностей в общности получаемых результатов, позволяют практически беспредельно детализировать имитацию механизма процессов, происходящих при рыхлении и очистке порций волокнистого материала. На базе структур основных алгоритмов моделирования легко включить в имитацию процесса изменение объемной плотности порций, т.е. рыхление порций, которые непосредственно не выражаются в делении порций. Так же просто могут быть включены зависимости параметров деления и рыхления от кинематических и геометрических условий в рабочих зонах производственного оборудования. Так, например, вероятность деления зависит от соотношения объема порции и объема пространства между колками разрыхлительного барабана и колосниковой решеткой в очистителях. Особенность включения функциональных зависимостей параметров деления от кинематических и геометрических параметров машин в том, что эти зависимости неизвестны и никем до сих пор по ряду важных объективных причин не изучены. Поэтому в модель вводились гипотетические аппроксимации этих зависимостей, соответствующие их физической сущности и асимптотическим условиям. Далее на моделях проверялось правдоподобие использованных аппроксимаций при имитации процессов. На данный момент это единственная реальная возможность объединить в одной модели вероятностный характер процесса, его нестационарную динамику, рассмотреть параллельно протекающие процессы рыхления, деления, очистки (и обратный процесс – «зажгучивание» волокон, что не учитывается ни в одной из схем ветвящихся процессов) и учесть такие макрофакторы процесса, как скорость рабочих органов, их габариты, число рабочих зон и др.

Литература:

1. Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Монахов В.В. Статистические особенности деления материальных потоков // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2015): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – 328 с. – с. 246-249.
2. Колмогоров, А.Н., Дмитриев, Н.А. Ветвящиеся случайные процессы, Докл. АН СССР, 56, №1, (1947), 7 – 10.
3. Севастьянов, Б.А. Ветвящиеся процессы, Матем. Заметки, 1968, т.4, вып.2, стр.239-251.

4. Филиппов, А.Ф. О распределении размеров частиц при дроблении. Теория вероятностей и ее применения, 6, №3 (1961), 299 – 318.
5. Ватугин, В.А., Дьяконова, Е.Е. Ветвящиеся процессы Гальтона-Ватсона в случайной среде. Теория вероятностей и ее применения, 48, №2 (2003), 274 – 300.
6. Нагаев, С.В. Ветвящиеся процессы. / math.nsc.ru/LBRT/g1/nagaev/res/R5Nagaev BranchingProcesses2008.pdf
7. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. В 2-х томах. Т.1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 528 с., ил.: Т.2, Мир, М., 1984, 752 с.
8. Харрис, Т. Теория ветвящихся случайных процессов. – М.: Мир, 1966. – 356 с., пер. с англ.: Т.Е. Harris, The theory of branching processes, Springer-Verlag, Berlin-Gottingen-Heidelberg, 1963 Zbl 0117.13002.
9. Карлин, С. Основы теории случайных процессов. – М.: Мир, 1971 г. – 537 с., пер. с англ.

УДК 621.923

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ КРУГАМИ ИЗ ЭЛЬБОРА С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

САРАЙНОВ Н.Е., магистрант, УНЯНИН А.Н., профессор

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск,
Российская Федерация

Ключевые слова: шлифование, температура, ультразвуковые колебания.

Выбраны физические и математические модели для расчета температурного поля, приведены методика и результаты моделирования локальных температур при шлифовании кругами из эльбора с наложением ультразвуковых колебаний.

Повышение эффективности процесса шлифования с использованием энергии ультразвуковых колебаний (УЗК) во многом связано со снижением тепловой напряженности процесса. На работоспособность шлифовального круга и качество поверхностного слоя обработанной детали оказывают влияние, преимущественно, локальные температуры [1, 2]. Аналитическое исследование и численное моделирование температурного поля, в том числе локальных температур, при шлифовании с наложением УЗК выполнено применительно к шлифовальным кругам из электрокорунда [3]. Перспективным направлением повышения эффективности процесса шлифования является применение кругов из сверхтвердых абразивных материалов, в том числе эльборовых, поэтому исследование температурного поля при шлифовании этими кругами с наложением УЗК представляет актуальную задачу.

Физические и математические модели для расчета локальных температур [1, 3] учитывают теплообразование при работе отдельных абразивных зерен шлифовального круга, который представлен как стохастический многокомпонентный объект, включающий связку, поры и абразивные зерна. Приняты во внимание тепловыделения в зоне деформирования (плотность теплового потока q_0 на рис. 1) и в зонах контакта абразивных зерен со стружкой (q_1) и заготовкой (q_2), взаимное перемещение контактирующих объектов, условия их охлаждения при подаче смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и наложение тепловых источников от отдельных зерен. Для повышения достоверности результатов учтены зависимости параметров, характеризующих сопротивление материала заготовки диспергированию, а также теплофизических свойств взаимодействующих объектов (в том числе внешней среды) от температуры. Модели учитывают изменение кинематики микрорезания абразивными зернами, механических характеристик материала заготовки и условий проникновения СОЖ в зону шлифования при наложении УЗК.

Моделирование температурного поля выполнено на основе совместного решения дифференциальных уравнений теплопроводности, записанных для каждого из взаимодействующих объектов, и учитывающих скорости их относительного перемещения (абразивных зерен относительно заготовки и стружки относительно зерен). Чтобы учесть формирование температурного поля как результат наложения тепловых импульсов от отдельных