

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ “РАБОЧИЙ–СТАНОК” С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

КУЗЬМЕНКО В.М., ЧЕРНОМАЗ В.Н., ЗУЕВА Л.М.

Рассматриваются вопросы описания с помощью GPSS-модели процесса двухсуппортной обработки деталей типа “вал” на крупных токарных станках. Анализируется влияние коэффициента вариации стойкости резца, как показателя стабильности механообработки, на функцию производительности обработки.

В [1] для описания процесса обработки деталей на тяжелых токарных станках было предложено использовать понятия и аппарат теории массового обслуживания. В терминах этой теории система “рабочий–станок” может рассматриваться как система массового обслуживания (СМО), в которой переходы из состояния в состояние рассматриваются как потоки событий. При механообработке на тяжелых токарных станках различают три состояния: резания (Р), обслуживания (О), резания с обслуживанием (РО) (рис. 1).

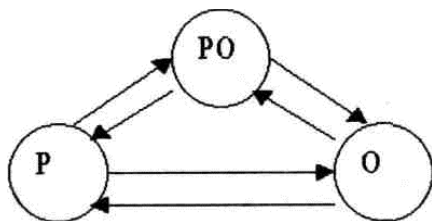


Рис. 1. Граф состояний системы “рабочий–станок”

С целью создать модели описания процесса рассматривались свойства потока обслуживания и входящего потока требований, источниками которого являются требования, поступающие от станка, детали, инструмента. Как было показано, при обработке деталей типа вал на крупных и тяжелых токарных станках с $D_c = 1250 - 4000$ мм входящий поток требований ординарный, но обладает простым последствием. Важнейшими свойствами простейшего потока являются ординарность, стационарность, отсутствие последствия.

Последствие связано с наличием регламентированных и нерегламентированных перерывов, вызывающих остановку станка, т.е. останавливаются источники требований – резец, деталь, станок, и потоки требований в это время не создаются.

Момент возникновения регламентированных перерывов зависит от текущего времени смены (например, осмотр рабочего места в начале смены, отдых и др.), а также от требований технологии (например, настройка на переход, проход, переустановка детали). Продолжительность регламентированных пере-

рывов устанавливается нормативами, а момент их возникновения можно рассчитать заранее.

Момент возникновения нерегламентированных перерывов случаен. Поток событий, приводящий к их возникновению, получается путем объединения независимых последовательностей событий более простого вида: последовательность моментов отказов резца, отказов станка, измерения детали, изменения режимов резания и т.д. Первые две последовательности обладают простым последствием, так как момент отказа резца (станка) зависит от состояния резца (станка), т.е. от числа периодов стойкости резца или длительности эксплуатации станка. Остальные последовательности событий последствием не обладают. Таким образом, мы имеем дело с двумя типами последовательностей. Процессы, протекающие в системе, немарковские.

В ряде случаев работа СМО описывается аналитическими моделями, позволяющими установить зависимость между условиями операции, элементами решения и исходом операции, который характеризуется одним или несколькими показателями эффективности.

Полезно и желательность построения аналитических моделей сомнению не подлежит. Дело в том, что их удастся построить только для самых простых систем и они требуют допущения о марковском характере процесса. В нашем случае, когда развитие операции и ее исход зависят от большого числа сложновзаимодействующих между собой случайных факторов, применяется имитационное моделирование.

В работе решалась задача создания GPSS-модели для описания процесса двухсуппортной обработки деталей типа “вал” на крупных токарных станках. Анализировалось влияние на функцию производительности обработки коэффициента вариации стойкости резца. Расчеты сделаны для случая, когда первым суппортом осуществляют продольное точение бочки рабочего валка, вторым – подрезку торца бочки. Выбранные операции охватывают значительный процент машинного времени при механообработке. Без особых изменений модели методика расчетов может применяться и для других операций. Станочник работает без подручного. Алгоритм приведен на рис. 2.

При моделировании описывались следующие действия рабочего по восстановлению системы: 1 – смена резца; 2 – изменение режимов резания; 3 – измерение детали; 4 – уборка стружки; 5 – активное внимание; 6 – настройка станка на новый проход. Длительности восстановления (действия 1 – 6), а также входящий поток требований задавались в виде функций распределения времен, полученных на основании сбора и последующей обработки статистики, собранной методом длительных и моментных наблюдений в производственных условиях.

В [2] производительность механообработки предлагается рассчитывать по формуле:

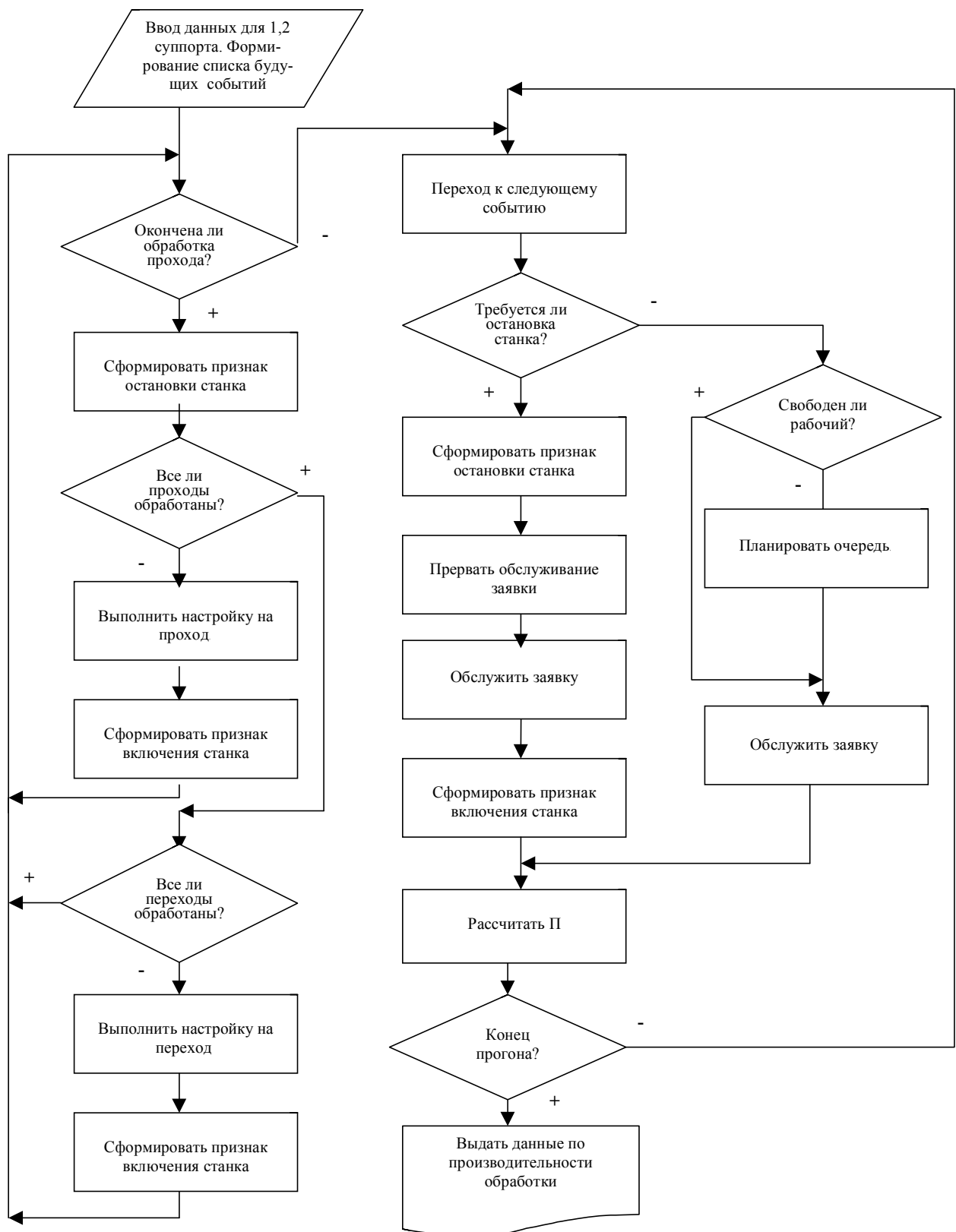


Рис. 2. Схема алгоритма модели

$$P = 1 / \frac{t_0}{60} \left(1 + \frac{\bar{T}_b}{\bar{T}} \right),$$

где t_0 – время резания; \bar{T}_b – среднее время восстановления, т.е. среднее время выполнения событий 1 – 4; \bar{T} – средняя стойкость резца.

Выразим время резания в зависимости от стойкости инструмента:

$$t_0 = T^{mv} L t^x S^n \pi d / 1000 C_v D^z S.$$

Так как прогоны GPSS-модели осуществляются для равных условий, переменной будет только величина стойкости, а длина обработки (L), режимы резания (t, S), диаметр обработки (d), наибольший диаметр обработки над станиной (D) будут постоянны для данной детали. Тогда, заменив их через коэффициент C , получим, соответственно,

для времени резания и для переменной части производительности:

$$t_0 = T^{mV} C.$$

Значения \bar{T} , \bar{T}_b рассчитываются как сохраняемые величины и распечатываются после прогона модели.

В реальных производственных условиях распределение плотности времен наработок на появление события с достаточной точностью описывается распределением Вейбулла с коэффициентом вариации $W = 0,9$. Плотность распределения стойкости аппроксимируется законом Вейбулла с коэффициентом вариации $W = 0,6 - 0,7$. Таким образом, точка со значением $W = 0,7$ на кривой производительности $W_{0,9}$ соответствует производственной ситуации.

Другие последовательности для времен наработок на появление события получены моделированием. Для этого варьировались значения параметров формы и масштаба закона распределения Вейбулла.

Значения средней стойкости рассчитывались как сохраняемая величина GPSS-модели. Рассчитываем P , определяем ее переменную часть P_p (без коэффициента C) и результаты представляем в графическом виде (рис. 3,4).

Сравним полученные зависимости: на рис. 3 показано изменение производительности при продольном точении, а на рис. 4 – при подрезке. В обоих случаях производительность убывает с ростом коэффициента вариации стойкости. Таким образом, тип операции не влияет на характер зависимости.

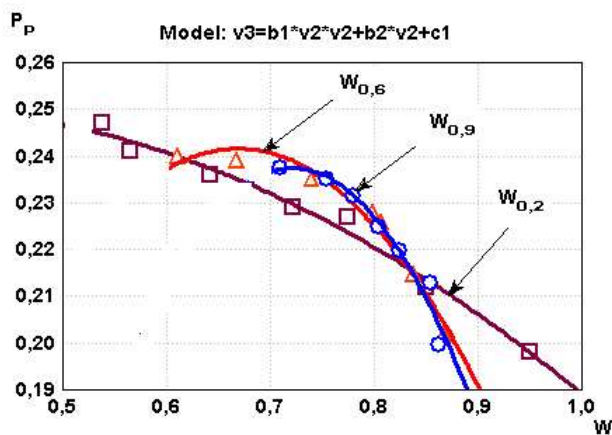
Представленные на графиках зависимости P_p , W получены при изменении коэффициента вариации входного потока в пределах $W = 0,2 - 0,9$. Как видно из графиков, характер входного потока влияет только на угол наклона кривых, а общие тенденции сохраняются.

Ранее [3] был предложен комплексный показатель оценки стабильности механообработки как аддитивная свертка взвешенных коэффициентов вариации стойкости и времени восстановления системы. Полученные результаты подтверждают информативность комплексного показателя и правомочность использования коэффициента вариации стойкости как параметра оценки стабильности производства.

Литература: 1. Коткина М.Г., Черномаз В.Н., Зуева Л.М. Определение производительности при обработке деталей на станках токарной группы с учетом времени на обслуживание. Надежность режущего инструмента. Материалы III Всесоюзного научно-технического семинара. Донецк: ДПИ, 1984. 159с. 2. Хаев Г.Л., Зуева Л.М., Коробкина О.Л. Многокритериальная оптимизация процесса механической обработки крупных деталей с учетом эргатической составляющей системы “человек-машина” Надежность режущего инструмента. Сборник статей. Вып. 4. Краматорск: КИИ, 1991. 266с. 3. Хаев Г.Л., Зуева Л.М. Эффективность и субъективная полезность процесса механообработки в связи с его стабильностью. Надежность режущего инструмента. Сборник статей. Вып. 7. Краматорск: КИИ, 1997 (ч.2). 270с. 4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов по спец. “Автоматизированные системы управления”. М.: Высшая шк., 1985. 271с.

Поступила в редколлегию 23.04.2001

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Борячок М.Д.

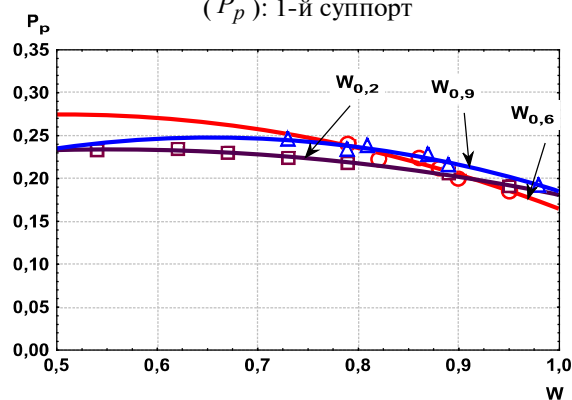


$$y_{0,2} = -0,138x^2 + 0,092x + 0,235$$

$$y_{0,6} = -0,952x^2 + 1,27x - 0,184$$

$$y_{0,9} = -1,69x^2 + 2,44x - 0,643$$

Рис. 3. Влияние коэффициента вариации стойкости (W) на переменную часть производительности механообработки (P_p): 1-й суппорт



$$y_{0,2} = -0,264x^2 + 0,291x + 0,153$$

$$y_{0,6} = -0,526x^2 + 0,689x + 0,022$$

$$y_{0,9} = -0,449x^2 + 0,454x + 0,160$$

Рис. 4. Влияние коэффициента вариации стойкости (W) на переменную часть производительности механообработки (P_p): 2-й суппорт

Кузьменко Виктор Михайлович, канд. техн. наук, профессор кафедры системотехники ХНУРЭ. Научные интересы: математическое и имитационное моделирование технологических процессов. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр.Ленина, 14, тел. 40-93-06, 19-76-36.

Черномаз Владимир Николаевич, канд. физ.-мат. наук, зав. кафедрой прикладной математики Донбасской государственной машиностроительной академии. Научные интересы: методы оптимизации проектирования систем в области механообработки. Адрес: Украина, 53001, Краматорск, ул. Шкадинова, 72, тел. 41-69-56.

Зуева Лина Михайловна, ассистент кафедры компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии. Научные интересы: исследование системы станочник-деталь-инструмент-станок с помощью имитационного моделирования. Адрес: Украина, 53001, Краматорск, ул. Шкадинова, 72, тел. 41-86-55.