

УДК 621.757.001.57

А.Г. Ясев, Р.В. Пась, К.Г. Меженная

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Технология машиностроения характеризуется сложными связями (имеющими случайный характер) между многочисленными факторами, которые определяют результаты технологических процессов. Сложность явлений в технологии машиностроения обуславливает преобладание экспериментальных методов исследования, которые, обладая известной универсальностью по отношению к объектам исследования, имеют определенные ограничения для применения. К ним относятся, например, невозможность проводить эксперименты с большим количеством управляемых факторов, а также экстраполировать результаты на области изменения факторов вне области проведения экспериментов, приближенные результаты, высокая стоимость и трудоемкость.

Математическое моделирование позволяет дополнить арсенал методов исследования в технологии машиностроения, уменьшить некоторые недостатки экспериментальных методов и сохранить их преимущества. Особый интерес представляет разновидность математического моделирования, а именно имитационное моделирование с применением соответствующего программного обеспечения ЭВМ. В этом случае возможно применение положений и результатов известной [1] теории планирования экспериментов к так называемым имитационным экспериментам с математическими моделями (адекватность которых доказана [2]) технологии машиностроения. Кроме того, исключаются ограничения на количество факторов, сочетания значений факторов, количество имитационных экспериментов, а для воспроизведения случайного характера факторов можно использовать датчики «псевдослучайных» чисел программных приложений ЭВМ.

Имитационные планируемые эксперименты эффективно использованы авторами для исследования надежности технологических систем [3,4].

Целью статьи является уточнение общих положений и областей применения имитационных экспериментов для решения задач технологии машиностроения.

В технологии машиностроения одной из основных математических моделей, характеризующих результаты обработки, является выражение для определения суммарной погрешности, возникающей от совместного действия ряда факторов, при обработке на предварительно настроенных станках [5]:

$$\Delta_{\text{сум}} = \sqrt{\Delta_{y.d.}^2 + \varepsilon_y^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_{из}^2 + 3\Delta_{m.d.}^2 + \Delta_{\partial.з.}}, \quad (1)$$

где $\Delta_{y.d.}$ – погрешность обработки, возникающая в результате изменения упругих деформаций технологической системы под влиянием колебания нагрузок и переменной жесткости технологической системы;

ε_y – погрешность установки заготовки в приспособлении;

Δ_n – погрешность настройки станка на заданный размер

$\Delta_{из}$ – погрешность обработки от размерного износа режущего инструмента;

$\Delta_{m.d.}$ – погрешность обработки, вызываемая температурными деформациями технологической системы;

$\Delta_{г.с.}$ – погрешность обработки из-за геометрических неточностей станка

$\Delta_{\partial.з.}$ – погрешность обработки, возникающая в результате деформации заготовки.

Каждая из составляющих погрешности обработки включает в себя целый ряд технологических факторов, варьируя значения которых, можно установить их влияние на погрешность обработки.

Одна из рассмотренных задач – определение зависимости погрешности обработки от режимов резания; вторая – определение степени влияния станочных приспособлений на погрешность механической обработки.

Объект исследования – технологический процесс механической обработки изделия. Предмет исследования – математическая модель погрешности обработки на заданном этапе технологического процесса.

Построение упрощенной математической модели зависимости погрешности обработки от режимов резания может быть осуществлено при помощи имитационного эксперимента. При

планировании эксперимента в качестве факторов выбраны режимы резания: глубина (t), подача (S) и скорость резания (V), а функция отклика – погрешность обработки (Δ). В ходе полного факторного эксперимента все параметры варьируют на двух уровнях (минимум и максимум). Граничные значения приняты по справочным данным для цилиндрического шлифования [6]. Имитация проведения эксперимента осуществляется с помощью MathCAD. При этом для оценки воспроизводимости каждый опыт повторяется по три раза, варьируя изменение факторов в пределах 10% от их значений.

Таблица 1

Матрица планирования и результаты полного трехфакторного эксперимента

№ опыта	Факторы			Функция отклика, Δ , мкм		
	t , мм	S , мм/об	V_z , м/мин	1	2	3
1	0,3±0,03	0,008±0,0008	25±2,5	113,886	127,345	101,003
2	0,3±0,03	0,008±0,0008	10±1	136,227	151,864	121,126
3	0,3±0,03	0,004±0,0004	25±2,5	79,487	88,033	71,329
4	0,3±0,03	0,004±0,0004	10±1	93,964	98,975	84,180
5	0,1±0,01	0,008±0,0008	25±2,5	54,745	59,879	49,925
6	0,1±0,01	0,008±0,0008	10±1	60,449	66,201	55,039
7	0,1±0,01	0,004±0,0004	25±2,5	42,668	45,772	39,885
8	0,1±0,01	0,004±0,0004	10±1	45,898	49,374	42,634

После получения экспериментальных данных был проведен регрессионный анализ, и при помощи статистического аппарата программы Excel построен полином, выражающий связь между факторами и функцией отклика:

$$\Delta = 292,9292 \cdot t + 657,4378 \cdot S - 0,0733634 \cdot V - 2,868173 \quad (2)$$

Определены коэффициенты парной корреляции, проверена их значимость, а также выполнена проверка адекватности данной зависимости [2,7].

Данная математическая модель может использоваться для решения оптимизационных и других прикладных задач, например, для определения вероятности безотказной работы метода.

При проектировании станочных приспособлений необходимо, чтобы новые приспособления обеспечивали выполнение заданных параметров точности (допуски размеров, формы и расположения обрабатываемых поверхностей, шероховатости). Оценка точности состоит в сравнении величин действительной и допустимой погрешностей приспособления. Известны [8] модели для

предварительного определения действительной погрешности приспособления. В отличие от действительной, процедура определения величины допустимой погрешности менее определена.

Из выражения (1) можно выразить допустимую погрешность приспособления, приравняв суммарную погрешность механической обработки к допуску T :

$$[\varepsilon] = \sqrt{(T - \Delta)^2 - \Delta_{y.д.}^2 - \Delta_n^2 - 3\Delta_{из}^2 - 3\Delta_{т.д.}^2 - \Delta_{д.з.}^2} \quad (3)$$

Расчет по приведенной модели (2) довольно сложен, т.к. каждая элементарная погрешность требует своего, отдельного, довольно трудоемкого расчета, поэтому на практике используют [8] несколько упрощенную модель (3):

$$[\varepsilon] = T - k_y \omega, \quad (4)$$

где T – допуск выполняемого размера, мкм

k_y – коэффициент ужесточения ($k_y = 0,6 \dots 0,8$)

Δ – среднеэкономическая точность данного вида обработки, мкм

В большинстве случаев механическая обработка ведется с точностью, соответствующей среднеэкономической ($T \approx \Delta$), поэтому можно вести речь о том, что допустимая погрешность приспособления является частью допуска механической обработки:

$$[\varepsilon] = (1 - k_y)T \quad (5)$$

Очевидно, что от правильно выбранного коэффициента k_y зависит величина допустимой погрешности приспособления. Этот коэффициент определяет вес погрешности приспособления в общей погрешности механической обработки и может быть определен при помощи расчетов по математической модели (1).

Очевидно, что от правильно выбранного коэффициента k_y зависит допустимая величина погрешности приспособления. Для разных видов обработки (а также для разных размеров) коэффициент k_y принимает различные значения. Этот коэффициент определяет вес погрешности приспособления в общей погрешности механической обработки и может быть определен при помощи расчетов по математической модели (1).

Для примера рассмотрены несколько случаев механической обработки. В каждом из которых была определена доля погрешности приспособления в общей погрешности.

Наружное точение:

$$\Delta_{\text{сум}} = \sqrt{16.3^2 + 6^2 + 16^2 + 0.3^2 + 3^2 + 5.5^2} + 4.15 = 30.13 \text{ мкм}$$

$$k_y = 0,61$$

Растачивание на токарном станке:

$$\Delta_{\text{сум}} = \sqrt{8.8^2 + 6^2 + 16.3^2 + 0.41^2 + 3^2 + 5.5^2} + 4.15 = 18.32 \text{ мкм}$$

$$k_y = 0,673$$

Рассмотренные примеры иллюстрируют возможность практического применения математических моделей при решении технологических задач.

Выводы

1. Имитационное моделирование является эффективным инструментом для исследований технологических объектов и оптимизации их параметров.

2. Для использования имитационного моделирования необходимо:

- разработать математическую модель технологического объекта (при наличии модели следует доказать ее адекватность для конкретных условий и задач использования);
- установить законы распределения вероятностей факторов;
- разработать программную реализацию математической модели;
- построить план проведения имитационных экспериментов;
- провести имитационные эксперименты и обработать их результаты в соответствии с задачей, которая решается (например, исследование влияния факторов, оптимизация и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 254 с.
2. Ясев А.Г. Соответствие математических моделей и технологических процессов в металлургии и машиностроении. – Днепропетровск: Днепр-VAL, 2001. – 237с.
3. Ясев А.Г., Меженная К.Г. Моделирование отказа метода механической обработки // Математическое моделирование. – 2007. - №2 (17) – С. 112-115.
4. Ясев А.Г., Пась Р.В. Прогнозирование количества оснастки при технологической подготовке производства // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. - № 5. С. 5-8
5. Маталин А.А. Технология механической обработки. – Л.: Машиностроение, 1977. – 464с.

6. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, т.1, 2 1973.
7. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, 1983. – 416с.
8. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. - М. Машиностроение, 1983. - 277 с.

Получено 12.03.2008 г.