

УДК 621.914.22 - 216:658.531.011.56

С. С. Кугаевский, кандидат технических наук, доцент, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрено применение теории сложности для оценки правильности выбора параметров фрезерования листовых деталей. На основе электронной модели детали по разработанным алгоритмам определялась прогнозируемая трудоемкость ее изготовления. В дальнейшем полученное время обработки сравнивалось с временем работы станка по действующей управляющей программе.

Ключевые слова: теория сложности, поэлементная технология, CAD/CAM-системы, прогнозирование трудоемкости.

Финансовое благополучие машиностроительного предприятия во многом зависит от эффективности работы оборудования. Для оценки степени эффективности работы станка применяется нормирование, которое устанавливает количественную норму времени на выполнение работ и связанные с этим временем затраты на поддержание производственного процесса. Расчет объективно необходимой нормы времени на операцию особенно важен при использовании дорогостоящих станков с ЧПУ, доля которых в станочном парке предприятий непрерывно растет.

В последнее время на некоторых предприятиях в качестве оценки эффективности технологического процесса применяется расчет коэффициента загрузки станков с ЧПУ. Однако такая подмена показателей кажется нам неправильной. Нетрудно понять причину такой подмены. В период освоения программных станков, который пришелся в нашей стране на 80-е годы XX века, при внедрении программной операции полученная норма времени сравнивалась с существующей, рассчитанной для универсальных станков. Снижение трудоемкости обработки служило оценкой эффективности нового технологического процесса. К тому же тогда большинство предприятий работало в условиях среднесерийного производства. Разумеется, сейчас такие расчеты не делаются, так как работать приходится в условиях мелкосерийного или единичного производства. И технологический процесс сразу ориентирован на использование программных операций, в которых нормирование отдельных переходов затруднено из-за высокой концентрации обработки. Вот и получается, что машинное время, полученное при внедрении программной операции, де-факто становится нормой времени на данную операцию. А что говорить, если программы на многие операции разрабатывает сам оператор непосредственно на станке? В итоге станочник сам определяет для себя норму выработки и размер своей зарплаты.

Профессором Шариним Ю. С. [1] разработан метод оценки сложности, суть которого заключается в том, что для определения прогнозной трудоемкости используются показатели сложности конструкции детали.

Для нормирования трудоемкости механической обработки детали в этом методе применена математическая модель следующего вида:

$$C = C_k \cdot K_p \cdot K_m \cdot K_{заг} \cdot K_T, \quad (1)$$

где C_k – конструктивная сложность детали; K_p , K_m , $K_{заг}$, K_T – технологические коэффициенты, учитывающие размеры, материал, состояние заготовки и технологичность конструкции.

Достоинством метода является то, что при этом разработка технологического процесса не требуется, и, следовательно, не требуется нормирование отдельных технологических переходов для каждой детали. Тем более полученная прогнозная трудоемкость не зависит от машинного времени, зафиксированного при внедрении операции на станке, а сама является ориентиром для установления такой нормы. Метод достаточно хорошо проработан и опробован для различных операций, связанных с обработкой резанием. Наибольшие трудности представляет определение коэффициента технологичности K_T конструкции детали.

$$K_T = \frac{\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n}{n}, \quad (2)$$

где $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – весовые коэффициенты сложности КТЭ; n – количество конструктивно-технологических элементов.

В работах [2, 3] нами предложено для определения коэффициента технологичности конструкции детали использовать типовые технологические алгоритмы обработки базовых КТЭ. В результате получены аналитические формулы, в состав которых входят конструктивные параметры КТЭ, в том числе их площадь, периметр, глубина стенки, минимальные радиусы в углах и т. д. Точность размеров и требуемая шероховатость обработки также включены в состав параметров КТЭ. Например, конструктивная сложность КТЭ «стенка» определяется параметрами чертежа в соответствии с тем, как это показано на рис. 1.

По определению, «стенка» – конструктивный элемент, имеющий замкнутый или незамкнутый контур, обработка которого всегда производится периферией фрезы с внешней стороны. Основными параметрами,

влияющими на трудоемкость ее изготовления, являются периметр P , высота стенки H и минимальный радиус внутреннего угла R_{\min} . При этом материал детали, характер заготовки и общие габаритные размеры детали учитываются дополнительными коэффициентами, как это показано в формуле (1).

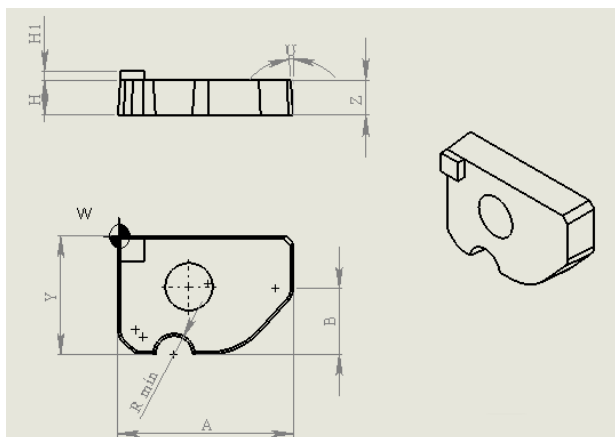


Рис. 1. Параметры, задающие конструктивную сложность КТЭ «стенка»

Разработанная методика позволяет получить прогнозную трудоемкость обработки КТЭ на основании чертежа детали или по его электронной модели. Используя полученную прогнозную трудоемкость, можно оценить эффективность применения оборудования для уже внедренных операций механообработки или предварительно оценить трудоемкость операций для вновь запускаемых изделий. В данной статье представлены результаты использования метода для оценки эффективности работы фрезерного оборудования с ЧПУ участка обработки листового материала одного из заводов г. Екатеринбурга.

Методика проведения исследования

В соответствии с методом оценки конструктивно-технологической сложности детали необходимо вначале установить зависимость между конструктивной сложностью и трудоемкостью изготовления детали для данного конкретного производства. Учитывая то, что сложность каждого КТЭ и трудоемкость его изготовления являются величинами случайными, исследования имеют статистический характер, при котором делается достаточно большая выборка из номенклатуры деталей, изготавливаемых на данном оборудовании. Для одних и тех же конструктивных элементов фиксируется имеющаяся трудоемкость их изготовления и рассчитывается аналитическим путем их конструктивная сложность. Для обеспечения достоверности выборки необходимо найти объективный источник информации. Проблема в том, что норма времени на программную операцию, зафиксированная в технологическом процессе технологом, отличается от нормы времени, которая учтена в бюро нормирования. Определение нормы времени хронометражем или расчетным методом не производилось. Откуда взять объективные данные о затратах времени на программную операцию? Выход из положения

был найден. Самая объективная информация о времени отработки управляющей программ на станке – сама управляющая программа (УП). Для выбранной номенклатуры операций тексты УП были переведены в формат txt для ввода их в компьютер. Автоматизированный расчет времени отработки УП выполнялся с использованием программы NC-manager, разработанной в УГТУ – УПИ. Постановка задачи и последовательность сбора информации о времени УП приведены в работе [4]. Результатом расчета явились траектории и данные машинного времени, как это показано на рис. 2.

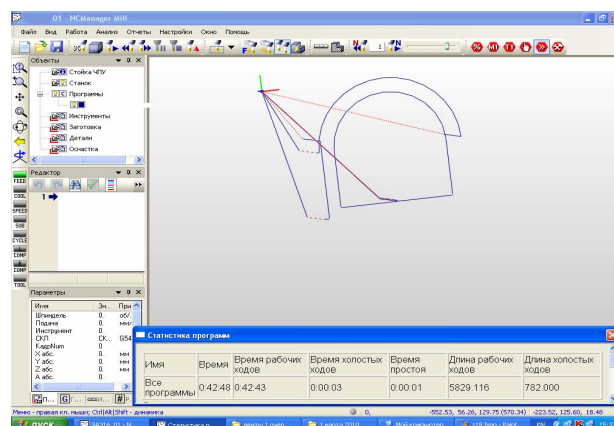


Рис. 2. Эскиз траектории и распечатка $T_{\text{маш}}$ в оболочке NC-manager

Длительность расчета машинного времени с использованием программы NC-manager составляет доли минуты. Полученные карты траекторий позволяют контролировать соответствие состава обрабатываемых контуров конструктивного элемента информации, записанной в операционной карте техпроцесса.

Теперь осталось для выбранных операций рассчитать конструктивную сложность обрабатываемых КТЭ. Наиболее простой способ расчета периметра стенки – измерение с помощью курвиметра или линейки – неточен. Технологические эскизы часто выполняются с нарушением масштаба и содержат неизбежные графические неточности. Поэтому для расчетов были использованы контуры обрабатываемых КТЭ в формате CAD/CAM-системы ADEM (рис. 3).

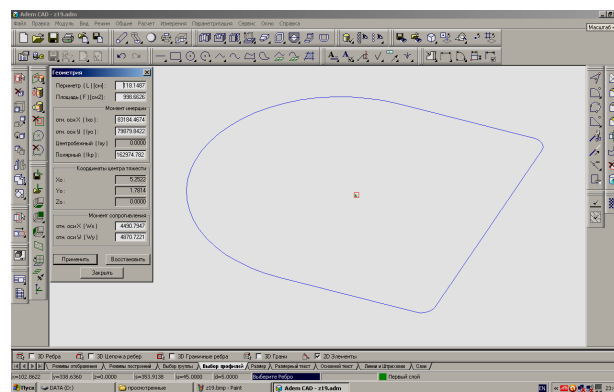


Рис. 3. Определение периметра внутреннего контура в ADEM

Используя возможности интерфейса системы АДЕМ легко получить периметр и площадь любого интересующего нас плоского элемента. На основании параметров контура рассчитана трудоемкость обработки КТЭ по разработанным нами аналитическим формулам. После этого для каждого КТЭ определен весовой коэффициент сложности элемента по формуле

$$\beta_i = \frac{T_i}{T_{\text{баз}}}, \quad (3)$$

где T_i – расчетная трудоемкость i -го элемента; $T_{\text{баз}}$ – трудоемкость базового КТЭ.

Просуммировав весовые коэффициенты всех КТЭ, входящих в операцию, нами была получена суммарная сложность обработки детали на данной операции. Полученные значения конструктивной сложности операции и машинного времени обработки по имеющимся УП были сведены в таблицу. После этого была построена диаграмма рассеивания (рис. 4).

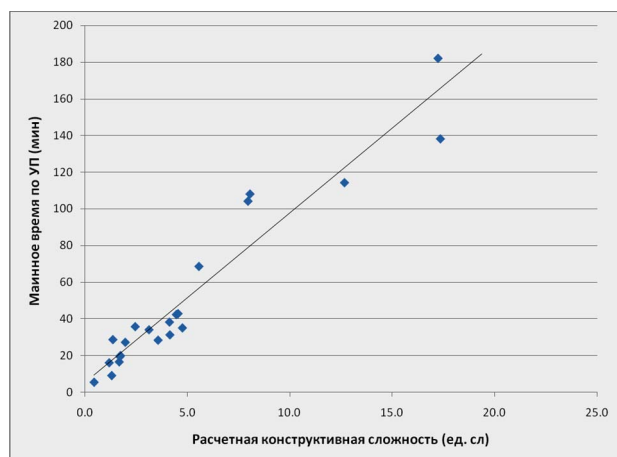


Рис. 4. Диаграмма рассеивания $T = f(C)$

Точки диаграммы рассеивания, лежащие выше линии регрессии, соответствуют операциям, в которых по каким-то причинам было принято нерациональное решение. Для повышения эффективности использования станка рекомендовано пересчитать управляющие программы для этих операций.

Кроме того на основании диаграммы рассеивания можно получить коэффициенты уравнения регрессии и использовать их для расчета прогнозной трудоемкости изготовления новых деталей, предполагаемых к обработке на данном станке. Это означает, что для рассмотренных условий производства (участок фрезерных станков с ЧПУ цеха № 43) в дальнейшем можно с достаточной степенью вероятности определить прогнозную трудоемкость программной операции, имея чертеж или электронную модель детали.

Библиографические ссылки

1. Шарин Ю. С., Шмурыгин Н. Д., Терентьев В. Н. Вопросы нормирования механообработки и теория сложности. – Екатеринбург : УГТУ, 2001. – 259 с.
2. Кугаевский С. С. Технология обработки корпусных деталей на станках с ЧПУ. – Ч. 1. Обработка внутренних контуров : монография. – Екатеринбург : УГТУ, 2000. – 142 с.
3. Кугаевский С. С. Технология обработки корпусных деталей на станках с ЧПУ. – Ч. 2. Обработка плоскостей и отверстий : монография. – Екатеринбург : УГТУ, 2001. – 96 с.
4. Кугаевский С. С., Попенков В. В. Использование теории сложности для анализа эффективности существующих технологий обработки деталей на станках с ЧПУ // Научные тр. XVIII Междунар. конф. молодых ученых по приоритетным направлениям развития науки и техники : сб. ст. В 3 ч. – Екатеринбург : УГТУ – УПИ, 2010. – Ч. 2. – С. 237–239.

S. S. Kugaevsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ural Federal University after First President of Russia
B. N. Yeltsyn, Yekaterinburg

Application of Theory of Complexity for an Estimation of Efficiency of Equipment Using

The application of complexity theory for an estimation of parameter choice validity at milling of sheet parts is considered. On the basis of an electronic model of a part the predicted labour intensity of its manufacturing using developed algorithms was defined. The received processing time was compared with a machine tool operating time.

Key words: complexity theory, feature-based technology, CAD/CAM system, labour intensity prediction.