

3. Кузнецов, Г. В. Численное моделирование зажигания конденсированного вещества нагретой до высоких температур частицей / Г. В. Кузнецов, Г. Я. Мамонтов, Г. В. Таратушкина // ФГВ. – 2004. – № 1. – С. 78–85.
4. Кунаков, Г. А. Характеристики продуктов сгорания металлосодержащих топлив / Г. А. Кунаков, А. З. Чулков // Ракетные топлива. – М. : Мир, 1975. – С. 74–96.
5. Теплофизические свойства веществ : справочник / под ред. проф. Н. Б. Варгафтика. – М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1956. – 367 с.
6. Вилунов, В. Н. Теория зажигания конденсированных веществ. – Новосибирск : Наука, 1984.
7. Патанкар, С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М. : Энергоатомиздат, 1984.
8. Самарский, А. А. Введение в теорию разностных схем. – М. : Наука, 1971. – 552 с.

УДК 658.011.56

Н. В. Береснев, аспирант

*А. И. Коршунов, доктор технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет*

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ НЕЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Приводится описание методики выявления неэффективных конструкторско-технологических решений, используемых при производстве изделий на предприятиях машиностроительной отрасли. Методика основана на использовании показателя конструктивно-технологической сложности машиностроительного изделия.

В сложившихся экономических условиях одной из важнейших задач, стоящих перед машиностроительными предприятиями, является повышение эффективности производственной деятельности. Одним из путей повышения экономической эффективности производственной деятельности является снижение внутренних производственных затрат. Поскольку обеспечить снижение затрат на материалы и комплектующие достаточно трудно, следует обратить внимание на возможность снижения затрат путем организации выпуска изделий, изготовление которых будет рационально и эффективно в рамках конкретной производственной системы, в соответствии со сложившимся организационно-техническим уровнем. Для этого следует провести анализ номенклатуры предприятия с целью выявления представителей производственной номенклатуры, трудоемкость изготовления которых значительно превышает расчетные значения, вычисленные путем нормирования технологических процессов их изготовления.

С целью формализации процедуры анализа разработана методика, которая позволяет выявить недостаточно эффективные конструкторско-технологические решения путем сравнения производственного времени изготовления деталей и расчетного (прогнозируемого) времени, полученного на основании оценки конструкторско-технологической сложности (КТС) машиностроительного изделия [1].

Процесс анализа конструкторско-технологического решения для конкретной производственной системы можно представить в виде следующей последовательности этапов.

1. Формирование представительной выборки из генеральной совокупности номенклатуры изготавливаемых деталей.

Для проведения анализа требуется формирование представительной выборки производственной номенклатуры рассматриваемой производственной системы (ПС), которая адекватно отражает свойства генеральной совокупности. С этой целью необходимо применять метод случайного отбора элементов генеральной совокупности, когда каждый элемент генеральной совокупности имеет равный с другими элементами шанс попасть в выборку. Представительность полученной выборки будет обеспечивать охват всех классов, видов и типов представителей производственной номенклатуры ПС, снижая тем самым вероятность совершения ошибок при прогнозировании трудоемкости изготовления изделий.

2. Определение конструктивно-технологической сложности представителей выборочной совокупности и расчетного времени их изготовления в соответствии с технологическим процессом.

Конструктивно-технологическая сложность машиностроительного изделия представляет собой неотъемлемое его свойство, учитывающее геометрические, структурные и субстантные свойства изделия и его структурных составляющих, а также предъявляемые к ним конструкторские и технологические требования в соответствии с существующим уровнем развития производительных сил. КТС может рассматриваться как мера затрат ресурсов на реализацию различных этапов жизненного цикла машиностроительного изделия. КТС машиностроительного изделия представляет собой комплексный показатель, обобщающий ряд показателей сложной технической системы – машиностроительного изделия [1].

КТС деталесборочной единицы (ДСЕ) определяется как функция, аддитивная относительно КТС непосредственно входящих в нее ДСЕ и применяемых к ней технологических переделов [2]. ДСЕ будем называть элемент машиностроительного изделия, формирующий его структуру, который может представлять сборочную единицу или деталь и характеризуется определенной КТС. Технологическим переделом назовем характеризующуюся определенным сходством применяемых технологических способов обработки совокупность технологических операций в машиностроительном производстве, относящихся к определенному технологическому методу [1].

КТС можно представить в виде следующей функции:

$$C_{\text{ДСЕ}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{ДСЕ}_i} + \sum_{j=1}^m C_{\text{ТР}_j},$$

где n – количество ДСЕ, непосредственно входящих в данную ДСЕ; $C_{\text{ДСЕ}_i}$ – КТС i -й ДСЕ нижнего уровня; m – количество технологических переделов, применяемых к ДСЕ; $C_{\text{ТР}_j}$ – КТС, соответствующая j -му технологическому переделу, применяемому к конкретной ДСЕ.

Функция (1) является рекурсивной и должна применяться в соответствии с иерархической структурой машиностроительного изделия, причем изделие является ДСЕ самого верхнего уровня, т. е. корнем дерева структуры изделия.

Очевидно, что расчет КТС, соответствующей конкретному технологическому переделу, должен производиться с использованием математической модели, разрабатываемой индивидуально для каждого передела. Для определения сложности технологического передела используется декомпозиция сущности (в данном случае передела) на отдельные сущности более низкого порядка (элементы) (рис. 1).

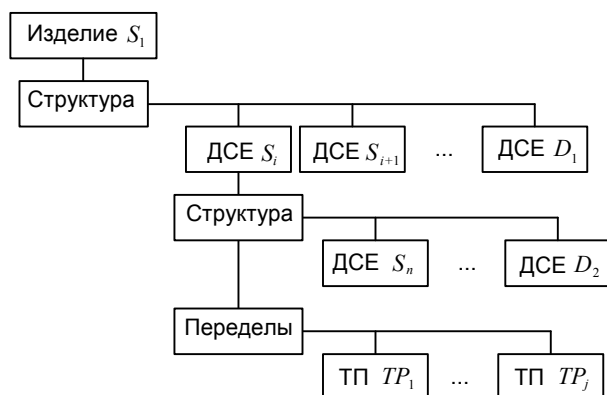


Рис. 1. Представление машиностроительного изделия при оценке КТС

КТС технологического передела определяется в виде аддитивной функции, учитывающей сложности выделенных для конкретной ДСЕ элементов (Рис. 2).

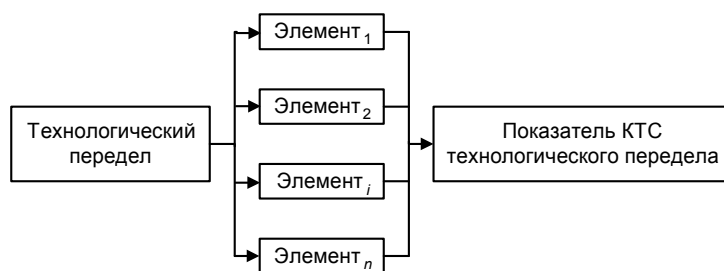


Рис. 2. Принципиальная схема формирования показателя КТС технологического передела

Определение трудоемкости изготовления изделия производится с использованием линейной регрессионной зависимости трудоемкости изготовления и сложности машиностроительных изделий и их составляющих, которая строится применительно к определенной статистике по известной методике [3]:

$$T = a + bC,$$

где a , b – коэффициенты уравнения регрессии.

3. *Группирование деталей по классам конструктивно-технологической сложности.*

С целью повышения точности оценки эффективности конструкторско-технологических решений необходимо сгруппировать выборку по классам конструктив-

но-технологической сложности (в соответствии с рекомендованными диапазонами изменения КТС, в частности до 100 ед. сл., 100...350 ед. сл. и т. д.). Внутри каждого класса сложности строится соответствующая регрессионная зависимость (2).

4. Определение производственного времени изготовления деталей в организационно-технических условиях конкретной ПС.

Для определения производственного времени изготовления необходимо непосредственно производить наблюдение процесса изготовления путем хронометража и фотографирования рабочего дня производственного персонала. Как известно, фотография рабочего дня заключается в наблюдении за процессом работы и строгом учете времени, затрачиваемого на ее выполнение [4]. Фотография дает точную картину того, что делал рабочий при изготовлении изделия, как он использовал общее рабочее время, насколько высок был процент машинного времени в общей длительности процесса изготовления и т. д. Все затраты времени записываются на специальном наблюдательном листе. Хронометраж, соответственно, проводят при помощи секундомера (хронометра), учитывая по секундам затраты времени на каждую часть операции (на каждый элемент работы).

5. Построение регрессионных зависимостей производственного и расчетного времени изготовления и конструктивно-технологической сложности изделий $T_n=f_1(C)$ и $T_p=f_2(C)$ в соответствующих диапазонах (классах) КТС.

Построение регрессионных зависимостей производится на основании известного уравнения линейной регрессионной зависимости, подобной формуле (2). После этого определяется коэффициент корреляции R для каждой зависимости. Проверка значимости коэффициентов корреляции проводится с использованием критерия

Стьюдента $t_R = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$, где R – коэффициент корреляции; n – объем выборки.

6. Выявление изделий, производственная или расчетная трудоемкость изготовления которых значительно отличается от прогнозируемых значений.

Выявление представителей производственной номенклатуры с резко выделяющимися значениями производственной трудоемкости осуществляется с использованием правила Томпсона [5]. Анализ абсолютных погрешностей позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии ДСЕ, производственная трудоемкость которых значительно отличается от расчетных значений. Для обоснованного выделения таких значений на основе анализа абсолютных отклонений предложено использо-

вать правило Томпсона с критерием $t_E = \frac{\Delta_i - \bar{\Delta}}{S}$, где Δ_i – абсолютная погрешность

i -го значения; $\bar{\Delta}$ – выборочное среднее абсолютной погрешности; S – выборочное среднее квадратическое отклонение.

Разработанный алгоритм выявления неэффективных конструкторско-технологических решений позволяет определять, изготовление каких изделий является неэффективным в условиях конкретной ПС с учетом сложившихся организационно-технических условий или происходит с нарушением технологического процесса. При выявлении подобных решений необходимо рассмотреть их более подробно. В случае резкого отклонения производственного времени изготовления изделия рекомендуется проанализировать применяемые конструкционные материалы, вид и параметры применяемых заготовок, размерные параметры детали, требования к точности и качеству поверхности, конструктивно-технологические

элементы. На основании анализа может быть принято решение о необходимости внесения изменений в конструкцию детали. В случае отклонения решения о внесении изменений, а также в случае резко выделяющегося значения расчетного времени изготовления изделия необходимо подвергнуть анализу технологию изготовления, на основании чего выработать рекомендации по ее изменению. Рассмотренный алгоритм послужит основой для создания автоматизированной системы оценки конструкторско-технологических решений, применяемых при изготовлении изделий машиностроения [6]. Существует возможность использования элементов предложенного алгоритма при виртуальном моделировании поведения производственных систем машиностроительных предприятий в соответствии с изменением производственной номенклатуры [7].

Применение предложенной методики в производственных условиях, постоянный анализ выявленных неэффективных конструкторско-технологических решений обеспечит принятие обоснованных управленческих решений о совершенствовании технологии изготовления или организационном преобразовании производства, что, в свою очередь, позволит снизить затраты на изготовление изделия, формировать производственную номенклатуру и совершенствовать организационно-технический уровень производственных систем машиностроительных предприятий.

Список литературы

1. Якимович, Б. А. Теоретические основы конструктивно-технологической сложности изделий и структур стратегий производственных систем машиностроения / Б. А. Якимович, А. И. Коршунов, А. П. Кузнецов : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007. – 280 с.
2. Коршунов, А. И. Разработка элементов информационной системы машиностроительного предприятия с использованием показателя конструктивно-технологической сложности / А. И. Коршунов, Б. А. Якимович // Информационные технологии. – 2004. – № 6. – С. 33–40.
3. Шарин, Ю. С. Теория сложности / Ю. С. Шарин, Б. А. Якимович, В. Г. Толмачев, А. И. Коршунов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1999. – 132 с. + 3 вкл.
4. Нормирование труда : учебник / Б. М. Генкин, П. Ф. Петроченко, М. И. Бухалков и др. ; под ред. Б. М. Генкина. – М. : Экономика, 1985. – 272 с.
5. Таблицы по математической статистике / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм ; пер. с нем. и предисл. В. М. Ивановой. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 287 с.
6. Schreiber, P. Implementation of EU standards in software development / Peter Schreiber, Dušan Mudrončík, Pavol Tanuška // CIM: Computer Integrated Manufacturing : Advanced Design and Management. – Warszawa : Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2003. – S. 468–471.
7. Božek, P. Virtuálna technológia nielen ekonomická kategória / Pavol Božek // Strojárstvo – Strojírenství. – Roč. 12, č. 3 (2008). – S. 66–67.