

УДК 621.002-52

Давыдова М.В. (г. Курган, КГУ)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА СТАДИИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

В статье описывается разработанная автоматизированная система “АСОТ” оценки трудоемкости изготовления деталей по конструкторско-технологическим признакам на стадии конструкторской подготовки производства. Рассматриваются используемые математические модели, алгоритмы и особенности реализации на ПЭВМ.

Повышение конкурентоспособности машиностроительных предприятий в условиях частой обновляемости продукции в значительной степени зависит от правильности и обоснованности расчета трудоемкости изготовления новых изделий на стадии конструкторской подготовки производства.

Разработана автоматизированная система оценки трудоемкости изготовления деталей, реализованная в виде книги табличного процессора Microsoft Excel. Программа обработки данных написана на встроенном в Microsoft Excel языке программирования Visual Basic.

Система предназначена для автоматизации исследовательских работ в области прогнозирования трудоемкости изготовления новых деталей на стадии конструкторской подготовки производства.

За математическую модель принято выражение, показывающее связь между трудоемкостью изготовления изделия (Y) и определяющими ее факторами – конструкторско-технологическими параметрами детали ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$), т.е.

$$Y = F (X_1, X_2, X_3 \dots X_n), \quad (1)$$

Отбор факторов начинался с рассмотрения специфических для анализируемой группы деталей конструкторско-технологических параметров (табл.1), предположительно оказывающих влияние на трудоемкость.

Затем определялись наиболее значимые факторы для последующего включения их в математическую модель.

Для решения поставленной задачи устанавливались характер и степень влияния факторов на функцию. В результате корреляционного анализа, проведенного с помощью пакета Microsoft Excel, была получена корреляционная матрица, содержащая коэффициенты парной корреляции всех переменных.

Коэффициент корреляции рассчитывался по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{XY} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{S_x \cdot S_y}, \quad (2)$$

$$\text{где } \overline{XY} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i \quad (3)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i; \quad \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i; \quad (4)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\bar{X})^2}; \quad S_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\bar{Y})^2}. \quad (5)$$

Таблица 1

Конструкторско–технологические признаки корпусных деталей

Наименование признака	Единицы измерения	Условное обозначение	Математическое обозначение
Масса	кг	М	X ₁
Длина	мм	L	X ₂
Ширина	мм	B	X ₃
Высота	мм	H	X ₄
Количество сторон		SIDE	X ₅
Количество обрабатываемых плоскостей		PL	X ₆
Количество обрабатываемых		CYL	X ₇

цилиндрических поверхностей			
Количество отверстий		BASE	X ₈
Количество мелких вспомогательных поверхностей		SUB	X ₉
Количество резьбовых отверстий		REZ	X ₁₀
Количество глубоких отверстий		DEEP	X ₁₁
Количество пазов		SLOT	X ₁₂
Количество круговых пазов и канавок		RSLOT	X ₁₃
Количество уступов		LEDGE	X ₁₄
Количество выемок		OPEN	X ₁₅
Количество поверхностей, к которым предъявляются технические требования		TT	X ₁₆
Количество внутренних поверхностей с качеством точнее 9		ITV	X ₁₇
Количество наружных поверхностей с качеством точнее 9		ITN	X ₁₈
Наименьшая шероховатость внутренних поверхностей	МКМ	RaV	X ₁₉
Наименьшая шероховатость наружных поверхностей	МКМ	RaN	X ₂₀

При отборе факторов учитывались следующие требования:

1. Факторы ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$) не должны находиться между собой в функциональной зависимости.
2. Факторы ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$) должны оказывать существенное влияние на трудоемкость изготовления деталей (Y).

На основе корреляционной матрицы были отобраны факторы, имеющие значимые связи с функцией Y (коэффициент корреляции $r > 0.7$) для последующего включения их в модель.

Уравнение регрессии линейного характера имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n, \quad (6)$$

где Y - значение функции (трудоемкости) при заданных значениях аргументов (независимых переменных факторов - конструкторско-технологических параметров);

b_0 - свободный коэффициент, учитывающий влияние факторов, не включенных в модель;

$b_1, b_2, b_3 \dots b_n$ - коэффициенты регрессии соответственно при $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$;

$X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ - заданные значения независимых переменных (факторов).

Анализ 250 деталей, изготавливаемых на АО «Курганмашзавод», позволил создать базу данных различных групп деталей с учетом характерных конструкторско– технологических признаков.

В результате установлено, что наибольшее влияние на трудоемкость изготовления корпусных деталей оказывают следующие факторы:

- количество сторон обработки (side – X_5);
- количество цилиндрических поверхностей (cyl – X_7);
- количество круговых пазов и канавок (rslot – X_{13});
- количество уступов (ledge – X_{14}).

- количество поверхностей, к которым предъявляются технические требования ($tt - X_{16}$).

Все вышеперечисленные факторы были включены в математическую модель оценки трудоемкости изготовления корпусных деталей. Значения коэффициентов $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ с оценкой их значимости определены методом регрессионного анализа. Аналогичные исследования проведены для других групп деталей (валов, зубчатых колес, втулок).

Программа поиска деталей-аналогов использует встроенную процедуру Microsoft Excel “РАСШИРЕННЫЙ ФИЛЬТР”, а для расчета теоретического прогнозируемого значения трудоемкости изготовления детали - функцию “ТЕНДЕНЦИЯ”.

Работа программы основана на взаимодействии шести основных объектов: окна команд “MainWin” и листов книги Microsoft Excel – “Исходная группа” (Source), “Рабочий лист” (Work), “Результаты” (Result), “Далее...” (Cont) и “Пуск”. Общая схема взаимодействия показана на рис.1.

Входными данными программы являются:

- **Исходная база данных корпусных деталей.**
- **Параметры новой детали, вводимые в таблицу 2 с чертежа детали.**
- **Критический коэффициент корреляции.**
- **Допустимые отклонения автопоиска.**

Допустимые отклонения автопоиска (Δ) позволяют задать определенную область значений параметров $X \pm \Delta$. Если задать $\Delta=0$, то поиск будет проведен по строго заданному значению признака X . Если допустимое отклонение опустить, то поиск по данному признаку не осуществляется.

Выходные данные размещаются на листе “Результаты оценки трудоемкости изготовления новой детали” (табл.2). К ним относятся:

- 1) Выборка деталей-аналогов.
- 2) Среднее значение трудоемкости.
- 3) Минимальное значение трудоемкости.
- 4) Максимальное значение трудоемкости.

- 5) Теоретическое прогнозируемое значение трудоемкости, рассчитанное по линейному уравнению регрессии для исходной группы деталей.
- 6) Коэффициенты корреляции для исходной группы деталей.

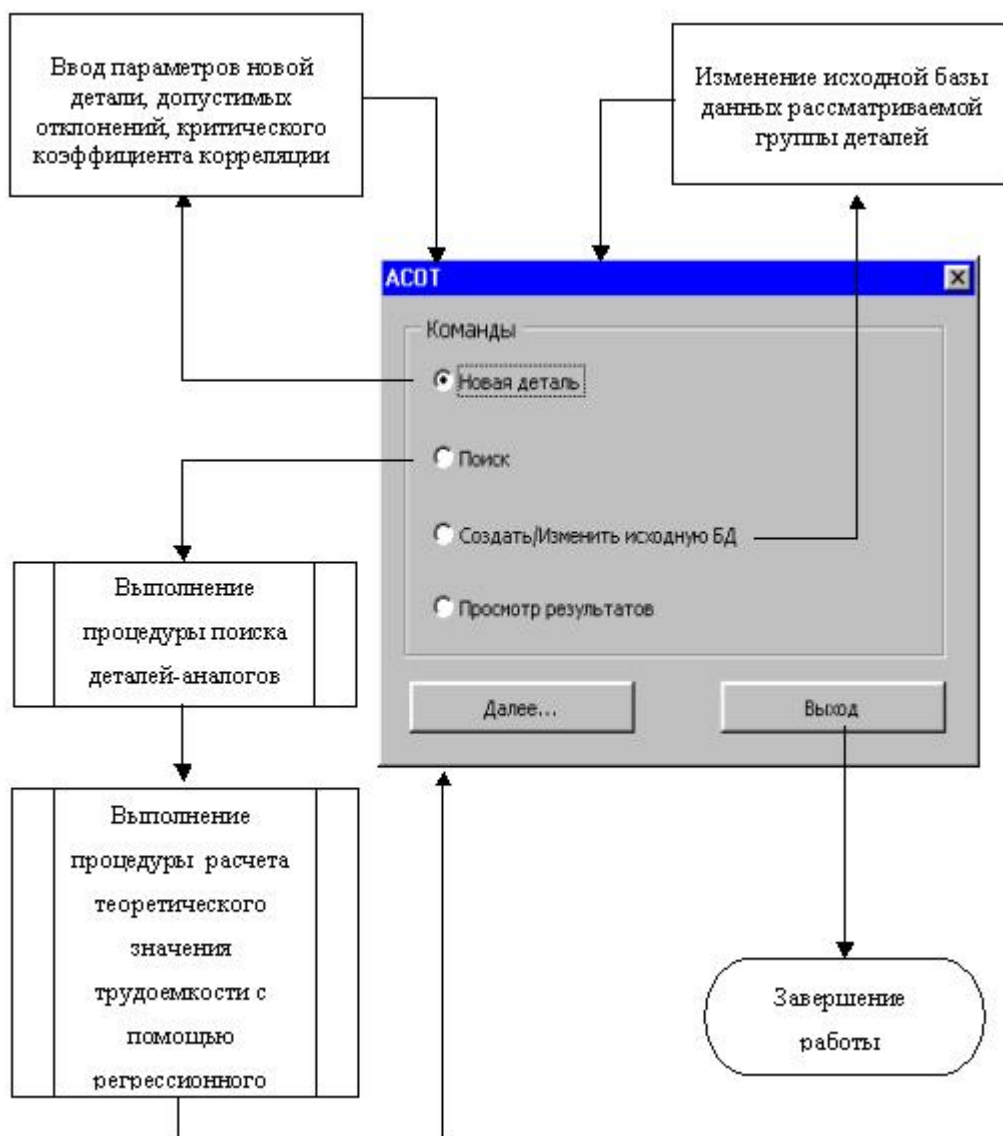


Рис. 1 Схема взаимодействия основных объектов программы

Анализ результатов расчета трудоемкости изготовления деталей, по разработанной методике, свидетельствует о достаточно большой сходимости с фактическими значениями. Таким образом, созданная автоматизированная система может быть использована для укрупненной оценки трудоемкости изготовления деталей на стадии конструкторской подготовки производства.

Таблица 2
Результаты оценки трудоемкости изготовления новой детали

6	Новая деталь	No	PartName	Mat	M	L	B	H	Side	PL	CYL
7	Параметры	1772	КОРПУС	15X23H18I	2,800	165,0	150,0	100,0	6	4	1
8	Допустимые отклонения								1		
9	Крит. коэф. корреляции	0,7									
10											
11											
12											
13	Коэффициенты корреляции				0,119	0,019	0,096	0,221	0,8	0,5	0,86
14	Детали-аналоги	No	PartName	Mat	M	L	B	H	Side	PL	CYL
15		1773	КОРПУС	15X23H18I	2,800	165,0	150,0	100,0	6	4	1
16		47	КОРПУС	12X18H9T	1,856	150,0	144,0	85,0	5	3	1
17		232	КОРПУС	12X18H9T	1,856	150,0	144,0	85,0	5	3	1
18		1	КОРПУС	АЛ-9	3,350	185,0	189,0	150,0	6	5	0

6	Новая деталь	No	PartName	BASE	SUB	REZ	DEEP	SLOT	RSL	OT	EDGE	OPEN	TT	ITv	ITn	Rav	Ran	Treal
7	Параметры	1772	КОРПУС	3	13	3	0	2	0,72	0,799	0,77	0,073	0,56	0,19	0,22	-0,4	-0,6	
8	Допустимые отклонения																	
9	Крит. коэф. корреляции	0,7																
10																		
11																		
12																		
13	Коэффициенты корреляции			0,38	0,31	0,05	0,2	0,72	0,799	0,77	0,073	0,56	0,19	0,22	-0,4	-0,6		
14	Детали-аналоги	No	PartName	BASE	SUB	REZ	DEEP	SLOT	RSL	OT	EDGE	OPEN	TT	ITv	ITn	Rav	Ran	Treal
15		1773	КОРПУС	3	13	3	0	1	6	6	6	0	13	1	1	1,60	0,80	103,020
16		47	КОРПУС	2	1	2	0	4	2	8	0	4	4	1	0	3,20	6,30	100,220
17		232	КОРПУС	2	1	2	0	4	2	8	0	4	4	1	0	3,20	6,30	100,220
18		1	КОРПУС	7	21	21	1	0	2	4	2	4	3	15	0	1,60	3,20	43,566