

УДК 681.3

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ОСНОВНОГО МАШИННОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВАЛОВ НА СТАДИИ ЧЕРТЕЖА

Кислер Василий Максимович

*Студент 3 курса, бакалавр 3 года,
кафедра «Машиностроение»
Курганский государственный университет*

*Научный руководитель: А.В. Косарева,
старший преподаватель кафедры «Машиностроение»*

В связи с повышением конкурентоспособности машиностроительных предприятий в условиях частой смены номенклатуры продукции в существенной степени зависит от рациональности и обоснованности расчета трудоемкости изготовления новых деталей на ранних стадиях жизненного цикла изделий (стадии заказа, конструкторской подготовки производства, технологической подготовки производства).

Трудоемкость изготовления изделия является единственным показателем, с помощью которого можно определить себестоимость изделия при его изготовлении в условиях конкретного производства – следовательно, определение, с достаточной степенью точности, основного машинного времени, а как следствие, трудоёмкости изготовления, при наличии только чертежа изделия, позволит прогнозировать предварительную стоимость его изготовления без проведения дорогостоящей технологической подготовки производства (разработки технологии изготовления), что, соответственно, предприятиям даст возможность более оперативно «реагировать» на конъюнктуру рынка, повышая свою прибыль за счет выполнения более выгодных заказов, а также исключения убыточных заказов.

Основным направлением сегодня является прогнозирование трудоемкости на ранних стадиях жизненного цикла изделия, что позволит максимально быстро определять себестоимость изготовления изделия и проводить эффективную политику ценообразования в условиях рынка. Основное машинное время является одним из главных показателей при расчете трудоёмкости, соответственно, важнейшим фактором, который необходимо учитывать при прогнозировании.

Исходя из вышесказанного сформулирована цель работы данного исследования, которая заключается в создании общей расчетной методики и программного обеспечения для прогнозирования основного машинного времени изготовления детали по ее чертежу.

Таким образом, для достижения вышеуказанной цели необходимо выполнить ряд нижеследующих задач:

- Разработка специальной ведомости маршрутно-операционной технологии для попереходного нормирования технологических процессов и базы данных изделий 71 класса деталей;
- Получение расчетных зависимостей для определения основного машинного времени изготовления детали;
- Определение значения корректирующих коэффициентов к показателю основного машинного времени;
- Разработка расчетных зависимостей для определения основного машинного

Таблица 1. Классификатор оборудования

Оборудование	Обозначение
Оборудование для резки проката	1
Оборудование токарной группы (ZX)	2
Оборудование токарно-фрезерной группы (ZXC)	3
Оборудование типа токарно-фрезерный ОЦ (ZXCY)	4
Станки сверлильно-фрезерно-расточные (XYZ)	5
Станки типа фрезерный ОЦ (XYZAB)	6
Оборудование для круглого шлифования	7
Оборудование для плоского шлифования	8

Таблица 2. Классификатор инструмента

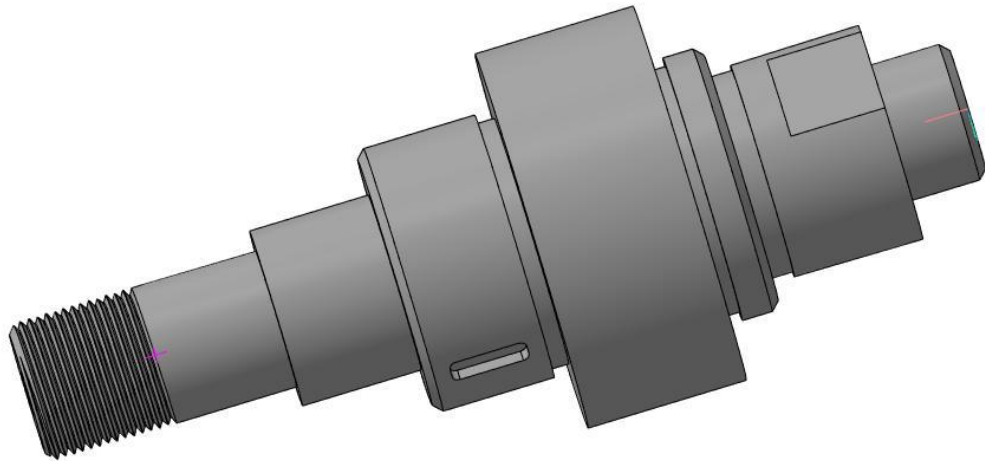
1		2				3		4	
Группа инструмента		Подгруппа инструмента				Вид обработки		Сплав инструмента	
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Токарный	Т	Проходной резец	1	Фреза дисковая	1.1	Черновая	Р	Сталь	Р
Осевой	О	Отрезной резец	2	Фреза концевая	1.2	Получистовая	М	Нержавеющая сталь	М
-	-	Резьбонарезной резец	3	Фреза торцевая	1.3	Чистовая	Ф	Чугун	К
-	-	Расточной резец	4	Фреза червячная	1.4	Тонкая	С	Цветные металлы	Н
-	-	Канавочный резец	5	Сверло	2	-	-	Жаропрочные и титановые сплавы	С
-	-	Фасонный резец	6	Зенкер	3	-	-	Материалы высокой твердости	Н
-	-	-	-	Развертка	4	-	-	-	-
-	-	-	-	Зенковка	5	-	-	-	-
-	-	-	-	Метчик	6	-	-	-	-
-	-	-	-	Шлифовальный круг	7	-	-	-	-

Разработка системы хранения типовых технологических маршрутов изготовления деталей 71 класса

Для решения следующей задачи необходимо создать комплексную деталь к уже существующему классу деталей (в соответствии с ЕСКД) а именно: класс 71 – тела вращения типа колес, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.

Комплексная деталь – это условная (искусственно созданная) деталь, содержащая в своей конструкции все основные элементы (поверхности), характерные для деталей данной группы.

Рис.2. Комплексная деталь



На комплексную деталь была разработана технология обработки с учетом нормирования переходов. Так же на каждую комплексную деталь создана таблица, с расчетом времени обработки на каждый конструктивный элемент с учетом точности обработки (Таблица 1). На данном этапе работы габаритные размеры детали ограничены рабочей зоной станка.

Таблица 1. Конструктивные элементы комплексной детали

Элемент	Название элемента	Способ обработки	Т _о , мин
	Цилиндрическая поверхность	Токарная черновая	0,39
		Токарная чистовая	0,23
		Токарная тонкая	0,1
	Ступень	Токарная черновая	0,39
		Токарная чистовая	0,23
		Токарная тонкая	0,1
	Отверстие	Черновое сверление	0,31
		Чистовое сверление	0,15
	Канавка	Черновое точение	0,1
		Чистовое точение	-
	Резьба	Черновое точение	-
		Чистовое точение	0,09
	Паз	Черновое фрезерование	-
		Чистовое фрезерование	0,06
	Лыска	Черновое фрезерование	0,1
		Чистовое фрезерование	0,06

Разработка математической модели зависимости основного машинного времени от конструкторско-технологических параметров

Для разработки математической модели использовался сервис Microsoft Excel «Пакет анализа». В ходе решения задачи проведен корреляционный анализ, который показал какие элементы оказывают наименьшее влияние на время обработки, а какие наибольшее. Далее был проведен корреляционно-регрессионный анализ, с использованием наиболее значимых показателей и проведена проверка.

При учете того, что уравнение регрессии линейного характера имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n, \tag{1}$$

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

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)

Исключив мало влияющие параметры (переменные) из расчета получен следующий вид формулы:

$$T_o = Y + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7 + b_8X_8 + b_9X_9 + b_{12}X_{12} + b_{13}X_{13} \quad (1)$$

Отбор факторов был начат с рассмотрения специфических параметров для анализируемой группы деталей конструкторско-технологических (табл.2), оказывающих основное влияние на трудоемкость.

Затем были определены наиболее важные факторы для дальнейшего включения их в математическую модель.

Решением поставленной задачи устанавливался характер и степень влияния факторов на выражение. Далее был проведен корреляционный анализ с помощью пакета «Анализ данных» Microsoft Excel. На выходе была получена корреляционная матрица, которая содержит коэффициенты парной корреляции всех независимых переменных.

Коэффициент корреляции рассчитывался по формуле:

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

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 2. Конструкторско–технологические признаки деталей

Наименование признака	Единицы измерения	Условное обозначение	Математическое обозначение
количество ступеней	шт	Nc	X_1
средний диаметр отверстий	мм	Docr	X_2
количество поверхностей $\leq 3,2Ra$	шт	Ra3,2	X_3
перепад диаметров	мм	Dп	X_4
количество канавок	шт	Nк	X_5
количество резьб	шт	Nр	X_6
количество пазов	шт	Nп	X_7
количество лысок	шт	Nл	X_8
длина детали	мм	L	X_9
коэффициент использования материала	-	КИМ	X_{10}
средний диаметр детали	мм	Dcp	X_{11}
количество поверхностей с точностью ≤ 7 квалитета	шт	Kv	X_{12}

При отборе основных 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 значимое влияние на основное машинное время изготовления детали (Y).

Взяв за основу корреляционную матрицу, были отобраны факторы, имеющие влияющие связи с функцией Y 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 (основного машинного времени) при заданных значениях аргументов (независимых переменных факторов - конструкторско-технологических параметров);

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

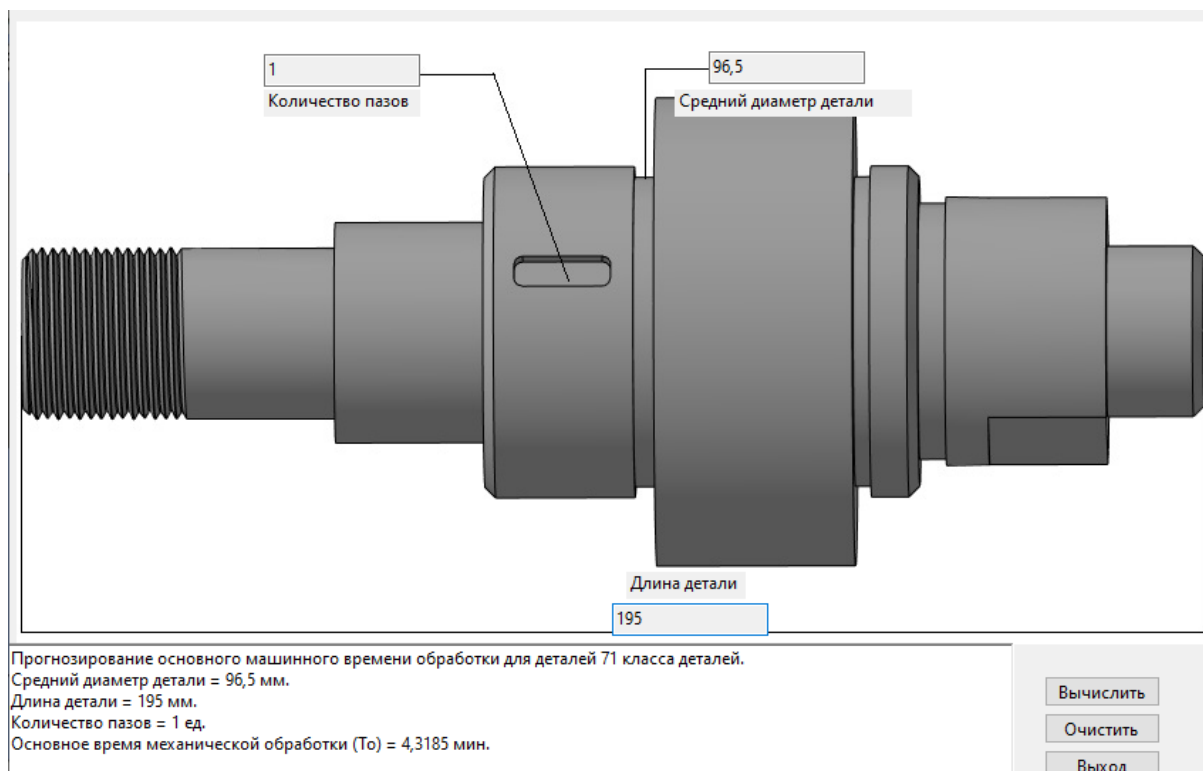
$b_1, b_2, b_3 \dots b_n$ - коэффициенты регрессии соответственно при $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$;

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

Разработка программного обеспечения

Автоматизированная система содержит базу данных по конструкторско-технологическим признакам вышеуказанных типов деталей, а также реальных значений трудоемкости изготовления данных деталей различных типоразмеров. Администратором системы могут вноситься изменения и дополнения в базу данных для повышения точности прогнозирования, а также корректировка результатов прогнозирования посредством ряда поправочных коэффициентов. Окно программы представлено на рисунке 3.

Рис.3. Рабочее окно программы



Используемая методика позволяет прогнозировать трудоемкость изготовления в случае использования современного высокопроизводительного оборудования, оснащенного современным металлорежущим инструментом (Sandvik Coromant, Walter, SECO, ISCAR и др.)

Литература

1. Справочник Технолога Машиностроителя 2 том Косилова А.Г., Мещеряков Р.П.
2. Статья «Ttpredict – автоматизированная система прогнозирования трудоемкости механической обработки деталей»/ Давыдова М.В., Михалёв А.М., Сидорова Н.С., Степанов С.О., Гнедчик В.С., Сметанин И.А., Архипов А.В.
3. «К вопросу прогнозирования трудоемкости изготовления изделий с использованием показателя удельного времени»/ Канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой ТМСИ Марина Вадимовна Давыдова, канд. техн. наук, доц. Андрей Михайлович Михалёв, асп. Александр Васильевич Маношкин/ Курганский государственный университет, г. Курган, Россия.
4. Статья «САПР оценки трудоемкости на стадии конструкторской подготовки производства»/ М.В Давыдова/ Курган, КГУ.
5. Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного применения