

Рассмотренное математическое и информационное обеспечение САПР ТП «Оп-тима» служит основой для разработки и создания приложения автоматизированной системы и реализации программно-организационного комплекса, который обеспечит решение задачи поиска вариантов рациональных маршрутных технологических процессов механической обработки деталей машиностроения, направленных на снижение затрат на производство изделий.

Список литературы

1. *Силантьева, Н. А.* Техническое нормирование труда в машиностроении : учебник для учащихся сред. спец. учеб. заведений по курсу «Техническое нормирование труда в машиностроении» / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 256 с.
2. *Кориунов, А. И.* Создание автоматизированной системы определения прогнозной трудоемкости изготовления деталей корпусного типа. : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 1998. – 180 с.
3. *Лебедев, Л. В.* Технология машиностроения : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Л. В. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин и др. – М. : Академия, 2006. – 528 с.
4. URL: <http://www.diplom.krsk.info/>
5. Экономика промышленных предприятий : учебник / редакционная коллегия учебника: А. Ф. Румянцев, В. И. Переслегин, В. Ф. Филиппов. – 3-е изд. перераб. – М. : Госполитиздат, 1963.
6. *Юркова, Т. И.* Экономика предприятия : учеб. пособие / Т. И. Юркова, С. В. Юрков. – 2006. – 119 с.
7. URL: <http://planovik.ru/>
8. *Цой, С.* Прикладная теория графов / С. Цой, С. М. Цхай. – Алма-Ата : Наука, 1971. – 499 с.

УДК 658.011.56

А. Д. Крутихин, аспирант

Ижевский государственный технический университет, Воткинский филиал

ОПИСАНИЕ И АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА И ВЕЛИЧИНЫ МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ ПЕРЕРЫВОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СЛОЖНОСТИ

Описана методика прогноза длительности производственного цикла на стадии конструкторской подготовки производства. Представлены результаты апробации, проведенной на ряде предприятий Уральского региона.

В [1, 2] была представлена общая методика выполнения мониторинга многономенклатурных машиностроительных производств, основанная на теории сложности и методах штрих-кодирования. Целью данной работы является подробное рассмотрение методики прогнозирования длительности производственного цикла изделия. Отличительной особенностью предлагаемой методики прогноза является ее применение на этапе конструкторской подготовки (КП) производства, когда имеется только комплект конструкторской документации и нет готового технологического процесса.

Прогноз можно разделить на две части: подготовительная (рис. 1) и основная (рабочий) (рис. 2).

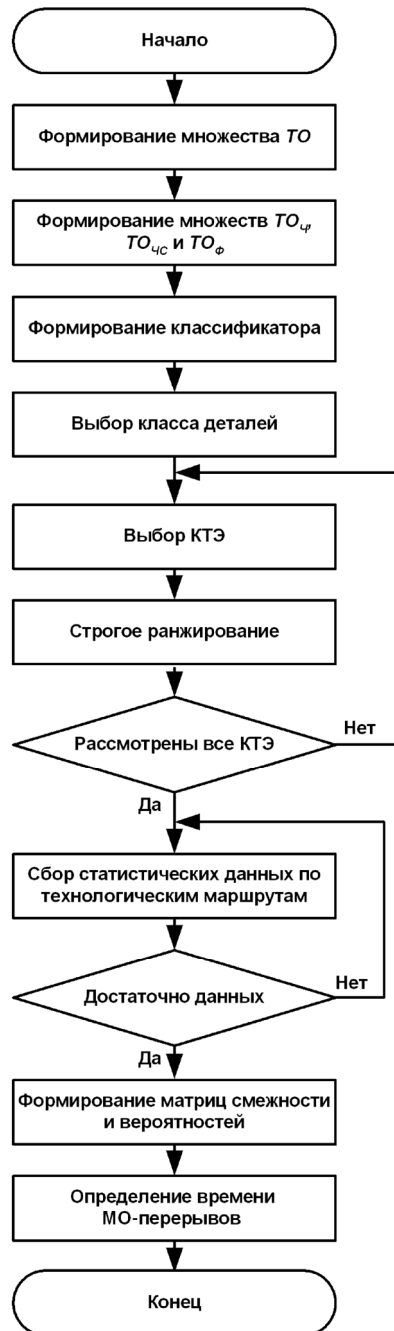


Рис. 1. Подготовительная часть прогноза



Рис. 2. Основная часть прогноза

Подготовительная часть прогноза не требует своего выполнения для каждой исследуемой детали. Ее целью является подготовка данных, обеспечивающих работу основной части. Поэтому подготовительная часть может быть выполнена лишь единожды либо может выполняться через определенные промежутки времени с целью получения свежих данных, более точно отражающих текущее положение дел на предприятии.

Подготовительная часть прогноза начинается с формирования множества TO – множества технологических операций, которые могут быть выполнены на данном участке, цехе или предприятии:

$$TO = \{TO_1, TO_2, \dots, TO_k\},$$

где TO_1 – отдельная технологическая операция (Technological Operation).

На основании полученного множества формируются множества TO_q , TO_{qc} , TO_ϕ :

$$TO_q \in TO, TO_{qc} \in TO, TO_\phi \in TO,$$

где TO_q – множество технологических операций этапа черновой обработки; TO_{qc} – множество технологических операций этапа чистовой обработки; TO_ϕ – множество технологических операций этапа финишной обработки.

Следующий этап заключается в формировании классификатора либо в выборе уже имеющегося, в качестве которого может быть использован, например, общезаводской. В соответствии с выбранным классификатором определяется класс исследуемых деталей. После этого для каждого КТЭ, характерного для данного класса, выполняется строгое ранжирование. Целью ранжирования является сопоставить каждому КТЭ определенную технологическую операцию, с помощью которой он изготавливается. При этом в зависимости от того, к какому этапу обработки относится КТЭ, будет использоваться или множество TO_q , или TO_{qc} , или TO_ϕ .

В результате производства возникают межоперационные перерывы. Каждый такой перерыв характеризуется двумя операциями: предшествующей перерыву и последующей ему – и может быть представлен в виде кортежа:

$$IT_i = (TO_k, TO_m),$$

где IT_i – межоперационный перерыв (Interoperation Time); $TO_k, TO_m \in TO$.

Тогда все возможные межоперационные перерывы в рамках рассматриваемого участка, цеха, предприятия могут быть представлены как

$$IT = \{IT_1, IT_2, \dots, IT_i\},$$

где IT – множество межоперационных перерывов; IT_i – отдельный межоперационный перерыв.

Множества операций и межоперационных перерывов могут быть представлены в виде полного ориентированного графа. Вершинами будут являться элементы множества TO , дугами – элементы множества IT .

Для дальнейшей реализации описываемой методики с помощью ЭВМ граф целесообразнее представить с помощью матрицы смежности (булевой матрицы графа) (рис. 3). Это квадратная матрица B порядка n , элементы которой для ориентированного графа определяются следующим образом: если из i -й вершины в j -ю ведет дуга, то $b_{ij} = 1$, иначе $b_{ij} = 0$.

В основе прогноза лежит определение наиболее вероятного маршрута, поэтому также необходимым является построение матрицы вероятностей переходов P . Построение матрицы вероятностей осуществляется аналогично матрице смежности, за тем лишь исключением, что элементами матрицы будут вероятности осуществления перехода P_{ij} (рис. 4).

	TO_1	TO_2	...	TO_i
TO_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1j}
TO_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2j}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
TO_i	b_{i1}	b_{i2}	...	b_{ij}

Рис. 3. Матрица смежности графа

	TO_1	TO_2	...	TO_i
TO_1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1j}
TO_2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2j}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
TO_i	P_{i1}	P_{i2}	...	P_{ij}

Рис. 4. Матрица вероятностей переходов

Поэтому на следующем этапе выполняется сбор статистических данных по технологическим маршрутам и дальнейшее построение матриц смежности и вероятностей. В качестве средства для сбора данных можно использовать маршрутные карты.

Заключительным этапом является определение времени межоперационных перерывов, множества IT . Данные значения предлагается получать путем определения выборочного среднего. Сам алгоритм состоит из следующих этапов: определение минимального объема выборки, вычисление выборочных характеристик, отсев грубых погрешностей, проверка нормальности распределения и в случае необходимости преобразование распределения к нормальному.

На этом подготовительная часть может быть закончена. Полученных данных вполне достаточно для нормальной работы основной части прогноза. Рассмотрим ее более подробно.

Согласно теории сложности каждая деталь описывается кортежем, описывающим основные свойства детали и множество конструктивно-технологических элементов (КТЭ) [3]. Каждый конструктивно-технологический элемент представляет одну или несколько поверхностей детали, для обработки которых применяется одна технологическая операция:

$$d = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_n\},$$

$$d_i = \langle Type, Length, Width, Height, Diameter, Material, КТЭ^i \rangle,$$

$$КТЭ^i = \{ктэ_1^i, \dots, ктэ_2^i, \dots, ктэ_j^i, \dots, ктэ_m^i\},$$

$$ктэ_j^i = \langle Code, OpType, CPU, Size, JT, Ra \rangle,$$

где $Type$ – тип детали; $Length$, $Width$, $Height$, $Diameter$ – габаритные размеры детали, мм; $Material$ – материал детали; $Code$ – код элемента; $OpType$ – типовая операция, используемая для обработки элемента; CPU – необходимое наличие системы ЧПУ; $Size$ – вектор размеров элемента, мм; JT – точность приоритетного размера элемента; Ra – шероховатость элемента.

Поэтому на первом этапе для выбранной детали выделяются КТЭ и формируется множество КТЭⁱ. На основании полученных в подготовительной части прогноза матриц смежности и вероятностей с учетом множества КТЭⁱ выполняется построение матриц смежности и вероятностей для исследуемой детали. Данные матрицы являются математическим представлением графа, отображающего все возможные технологические маршруты изготовления детали (рис. 5).

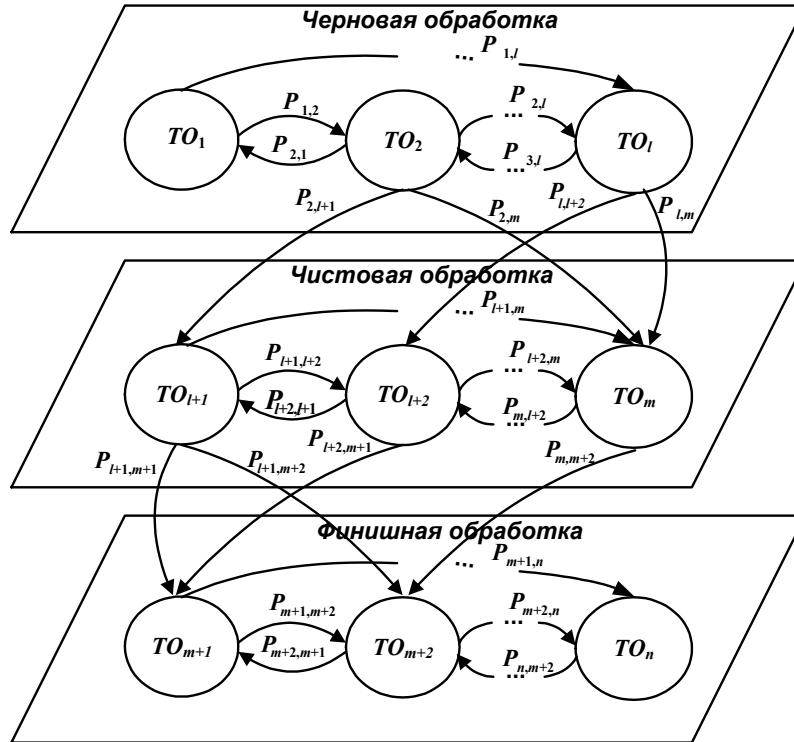


Рис. 5. Граф технологических операций

Заключительным этапом является определение маршрута, проходящего через все вершины графа (все технологические операции) и имеющего наибольшую вероятность. Эту задачу можно сформулировать как задачу нахождения кратчайшего пути, если вместо вероятностей использовать логарифмы вероятностей [4]. Тогда произведение вероятностей преобразуется в сумму логарифмов вероятностей: если $P = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_k$ – вероятность технологического маршрута, тогда $1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots \rightarrow k$, тогда

$$\log P = \log P_1 + \log P_2 + \dots + \log P_k.$$

С точки зрения математики задача максимизации вероятности P эквивалентна задаче максимизации величины $\log P$. Поскольку $\log P \leq 0$, задача максимизации величины $\log P$ эквивалентна задаче минимизации $-\log P$. Заменяя в полученном графе вероятности P_k на величины $-\log P_k$, получим граф, к которому можно применить алгоритм нахождения кратчайшего пути.

Получив наиболее вероятный маршрут, можно определить и величину межоперационных перерывов. А зная КТС детали, можно вычислить прогнозную трудоемкость. В результате этого может быть найдена длительность всего производственного цикла для конкретной детали еще на этапе КП.

Длительность производственного цикла, полученная на основе прогноза, будет учитывать ОТУ участка, на котором предполагается изготавливать деталь. Так появляется возможность, единожды выделив КТЭ детали, определить длительность ее производства в отдельных цехах (участках) предприятия с целью выбора наиболее оптимального [5, 6].

Апробация методики прогнозирования длительности производственного цикла

Разработанная методика прогнозирования длительности производственного цикла на этапе конструкторской подготовки производства была апробирована на предприятиях Уральского региона в инструментальных цехах и в цехах изготовления пресс-форм, имеющих характер единичного производства. Целью данной работы является апробация подготовительной части методики выполнения прогноза. В данной работе приводятся результаты исследования, проведенного в цехе изготовления пресс-форм.

Необходимыми составляющими вышеописанных методик прогноза являются: время межоперационных перерывов, вероятности технологических переходов, а также наличие пар КТЭ – технологическая операция. В соответствии с этим все исследование было поделено на следующие этапы:

1. Сбор и обработка статистических данных по технологическим маршрутам.
2. Сбор и обработка статистических данных по МО-перерывам.
3. Формирование пар КТЭ – технологическая операция.
4. Расчет длительности производственного цикла и времени МО-перерывов деталей.
5. Анализ полученных результатов.

Этапы «Сбор и обработка статистических данных по технологическим маршрутам» и «Сбор и обработка статистических данных по МО-перерывам» не имеют строгой последовательности выполнения относительно друг друга и были выполнены одновременно. Одновременное выполнение этих этапов было проведено еще и с той целью, чтобы для всех полученных пар технологических операций имелись сведения о времени МО-перерыва, соответствующего данной паре.

Статистические данные по технологическим маршрутам были получены из маршрутных карт исследуемых деталей. При этом число исследуемых деталей составило 50 шт. В результате анализа маршрутных карт была сформирована табл. 1, отображающая количество встречаемых пар технологических операций. Столбцам таблицы соответствует первая технологическая операция, строкам – вторая. Например, столбец TO_1 («Ковка») и строка TO_2 («Нормализация») образуют пару TO_1 («Ковка») – TO_2 («Нормализация»), которая для исследуемых деталей встретила 130 раз.

Столбцам табл. 1 соответствуют следующие технологические операции:

- TO_1 – «Гидропескоструйная операция»;
- TO_2 – «Ковка»;
- TO_3 – «Нарезка резьбы»;
- TO_4 – «Опиливание»;
- TO_5 – «Отжиг»;

TO_6 – «Полирование»;
 TO_7 – «Разметка»;
 TO_8 – «Резка»;
 TO_9 – «Сверление»;
 TO_{10} – «Термическая обработка»;
 TO_{11} – «Токарная операция»;
 TO_{12} – «Фрезерная операция»;
 TO_{13} – «Шлифовальная операция»;
 TO_{14} – «Электроэрозионная обработка».

Таблица 1. Статистика по технологическим маршрутам

	TO_1	TO_2	TO_3	TO_4	TO_5	TO_6	TO_7	TO_8	TO_9	TO_{10}	TO_{11}	TO_{12}	TO_{13}	TO_{14}
TO_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227	0	0	0	0
TO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_3	0	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
TO_4	0	0	0	0	0	0	0	0	304	0	0	51	74	63
TO_5	0	187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_6	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	57	0
TO_7	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	63	296	94	0
TO_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_9	23	0	11	27	0	0	162	45	44	0	0	85	206	0
TO_{10}	0	0	15	159	0	0	0	0	73	0	65	24	0	0
TO_{11}	27	14	0	0	58	0	0	83	0	19	0	0	16	0
TO_{12}	13	17	0	0	134	0	314	148	27	0	0	97	28	0
TO_{13}	163	0	38	21	0	0	0	11	71	80	36	184	72	0
TO_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	21	21	0

По данной таблице были сформированы матрица смежности графа (рис. 6) и матрица вероятностей переходов (рис. 7).

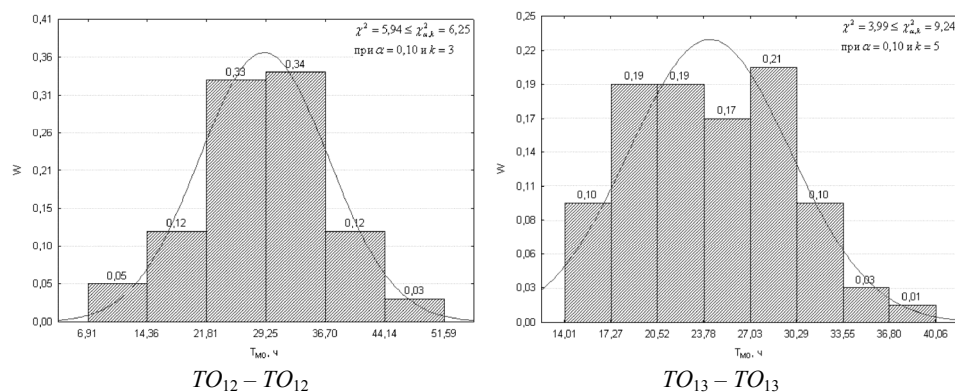
	TO_1	TO_2	TO_3	TO_4	TO_5	TO_6	TO_7	TO_8	TO_9	TO_{10}	TO_{11}	TO_{12}	TO_{13}	TO_{14}
TO_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
TO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TO_4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
TO_5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
TO_7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
TO_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_9	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
TO_{10}	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
TO_{11}	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
TO_{12}	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
TO_{13}	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
TO_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0

Рис. 6. Матрица смежности графа

	TO_1	TO_2	TO_3	TO_4	TO_5	TO_6	TO_7	TO_8	TO_9	TO_{10}	TO_{11}	TO_{12}	TO_{13}	TO_{14}
TO_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,69	0	0	0	0
TO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_3	0	0	0	0,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,21
TO_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,53	0	0	0,07	0,13	0,79
TO_5	0	0,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0,1	0
TO_7	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0	0	0,38	0,39	0,16	0
TO_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO_9	0,1	0	0,17	0,09	0	0	0,34	0,14	0,08	0	0	0,11	0,36	0
TO_{10}	0	0	0,23	0,55	0	0	0	0	0,13	0	0,4	0,03	0	0
TO_{11}	0,12	0,06	0	0	0,3	0	0	0,25	0	0,06	0	0	0,03	0
TO_{12}	0,06	0,08	0	0	0,7	0	0,66	0,45	0,05	0	0	0,13	0,05	0
TO_{13}	0,72	0	0,59	0,07	0	0	0	0,03	0,12	0,25	0,22	0,24	0,13	0
TO_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0,03	0,04	0

Рис. 7. Матрица вероятностей переходов

Сложность этапа «Сбор и обработка статистических данных по МО-перерывам» заключалась в отсутствии контроля длительности производственного цикла, а также длительности отдельных технологических операций – времени начала операции и времени ее завершения. Задача была решена следующим образом: мастер отмечал время при отправке детали на очередную операцию, назовем его t_1 , а сотрудник ОТК отмечал время сдачи детали на контроль и время после пройденного контроля, назовем их t_2 и t_3 соответственно. В результате разница между отметками t_3 предыдущей операции и t_1 последующей операции расценивалась как длительность межоперационного перерыва. Таким образом было проконтролировано изготовление всех исследуемых деталей, что в конечном итоге позволило собрать достаточный статистический материал по МО-перерывам для множества пар операций. После чего была выдвинута гипотеза о нормальном распределении величины МО-перерыва для полученных пар операций. Для ее проверки использовался критерий согласия Пирсона χ^2 . При этом выборочные совокупности, полученные для каждой пары, были сгруппированы в интервалы с числом наблюдений в каждом не менее пяти (рис. 8–10).

Рис. 8. Гистограммы накопленных частот и кривые нормального распределения: $TO_{12} - TO_{12}$; $TO_{13} - TO_{13}$

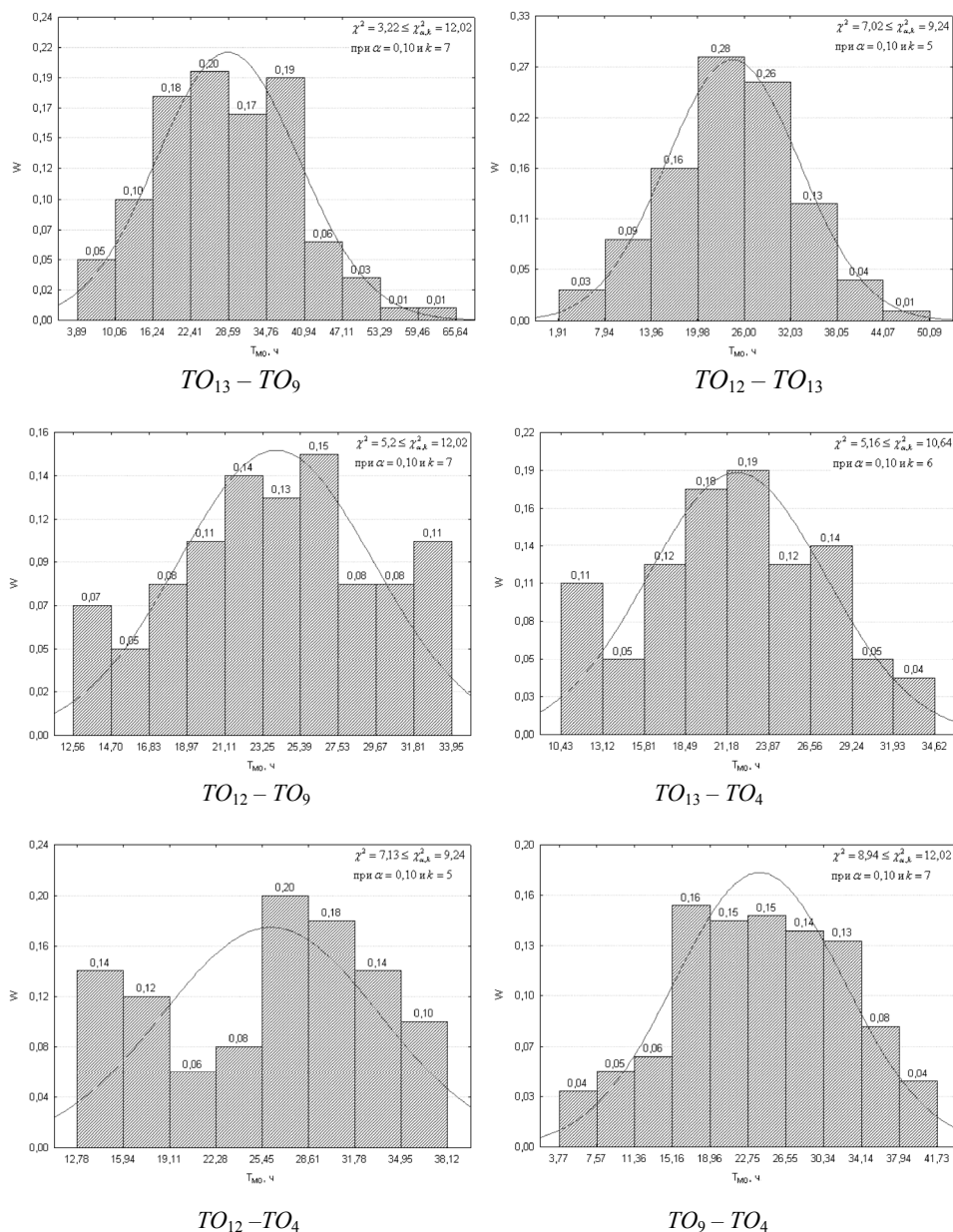
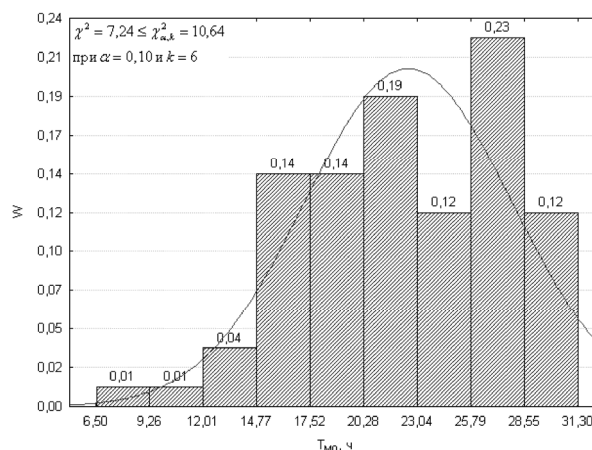


Рис. 9. Гистограммы накопленных частот и кривые нормального распределения:
 $TO_{13} - TO_9$; $TO_{12} - TO_{13}$; $TO_{12} - TO_9$; $TO_{13} - TO_4$; $TO_{12} - TO_4$; $TO_9 - TO_4$

Рис. 10. Гистограммы накопленных частот и кривые нормального распределения $TO_4 - TO_3$

В связи с ограниченностью объема статьи приводится лишь часть данных, полученных в результате исследования. Значение критерия Пирсона вычислялось на основе зависимости [7, 8]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i},$$

где n_i – частота i -го интервала; p_i – вероятность попадания изучаемой величины в i -й интервал; n – число интервалов, $n \geq 5$.

Для каждой классификационной группы были получены значения $\chi^2 \leq \chi^2_{\alpha,k}$ при уровне значимости $\alpha = 0,10$, подтверждающие гипотезу о нормальном распределении величины МО-перерыва для различных пар технологических операций (табл. 2).

Таблица 2. Вычисленные и критические значения критерия χ^2 для каждой группы при уровне значимости $\alpha = 0,10$

МО-перерыв	χ^2	$\chi^2_{\alpha,k}$	Число интервалов после группирования	Число степеней свободы k
$TO_{12} - TO_{12}$	5,94	6,25	6	3
$TO_{13} - TO_{13}$	3,99	9,24	8	5
$TO_{13} - TO_9$	3,22	12,02	10	7
$TO_{12} - TO_{13}$	7,02	9,24	8	5
$TO_{12} - TO_9$	5,22	12,02	10	7
$TO_{13} - TO_4$	5,16	10,64	9	6
$TO_{12} - TO_4$	7,13	9,24	8	5
$TO_9 - TO_4$	8,94	12,02	10	7
$TO_4 - TO_3$	7,24	10,64	9	6

Вычисленные значения математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения позволили установить средние значения величины МО-перерыва и границы его варьирования для различных пар операций, в качестве которых выбран 95%-й доверительный интервал математического ожидания $\overline{T_{MO}}$ (табл. 3).

Таблица 3. Определение диапазонов варьирования времени межоперационного перерыва T_{MO} , ч

МО-перерыв	$\overline{T_{MO}}$, ч	Доверительный интервал	σ
$TO_{12} - TO_{12}$	28,9	$27,3 \leq \overline{T_{MO}} \leq 30,5$	8,05
$TO_{13} - TO_{13}$	24,2	$22,9 \leq \overline{T_{MO}} \leq 25,5$	5,59
$TO_{13} - TO_9$	28,32	$26,76 \leq \overline{T_{MO}} \leq 29,88$	11,45
$TO_{12} - TO_{13}$	24,42	$23,18 \leq \overline{T_{MO}} \leq 25,66$	8,58
$TO_{12} - TO_9$	23,95	$22,79 \leq \overline{T_{MO}} \leq 25,11$	5,48
$TO_{13} - TO_4$	21,74	$20,46 \leq \overline{T_{MO}} \leq 23,02$	5,67
$TO_{12} - TO_4$	25,95	$23,95 \leq \overline{T_{MO}} \leq 27,95$	7,3
$TO_9 - TO_4$	23,8	$22,85 \leq \overline{T_{MO}} \leq 24,75$	8,43
$TO_4 - TO_3$	22,5	$21,4 \leq \overline{T_{MO}} \leq 23,6$	5,27

Все выполненные ранее действия относятся к подготовительному этапу. Рассмотрим теперь основную часть прогноза на примере расчета длительности производственного цикла пуансона (рис. 11). В результате анализа чертежа были выделены КТЭ и рассчитаны их сложности в автоматизированной системе SCAT (табл. 4).

Таблица 4. КТЭ детали «Пуансон»

КТЭ	Технологическая операция	Сложность элемента	T
Плоскость открытая	Фрезерование (TO_1)	8,28	45,4
Фаска линейная	Фрезерование (TO_2)	13,08	71,6
Контур сложный наружный	Фрезерование (TO_3)	19,09	104,4
Контур сложный наружный	Фрезерование (TO_4)	28,5	155,9
Уступ прямой полужакрытый	Фрезерование (TO_5)	65,56	358,6
Плоскость закрытая цилиндрическая	Сверление (TO_6)	17,04	93,2
Плоскость полужакрытая цилиндрическая без канавки	Сверление (TO_7)	2,28	12,4
Плоскость открытая	Шлифование (TO_8)	7,84	42,8
Итого		161,66	884,3

Общая сложность и трудоемкость составили 161,66 и 884,3 соответственно. Полученные матрицы смежности и вероятностей для детали «Пуансон» представлены на рис. 12 и 13.

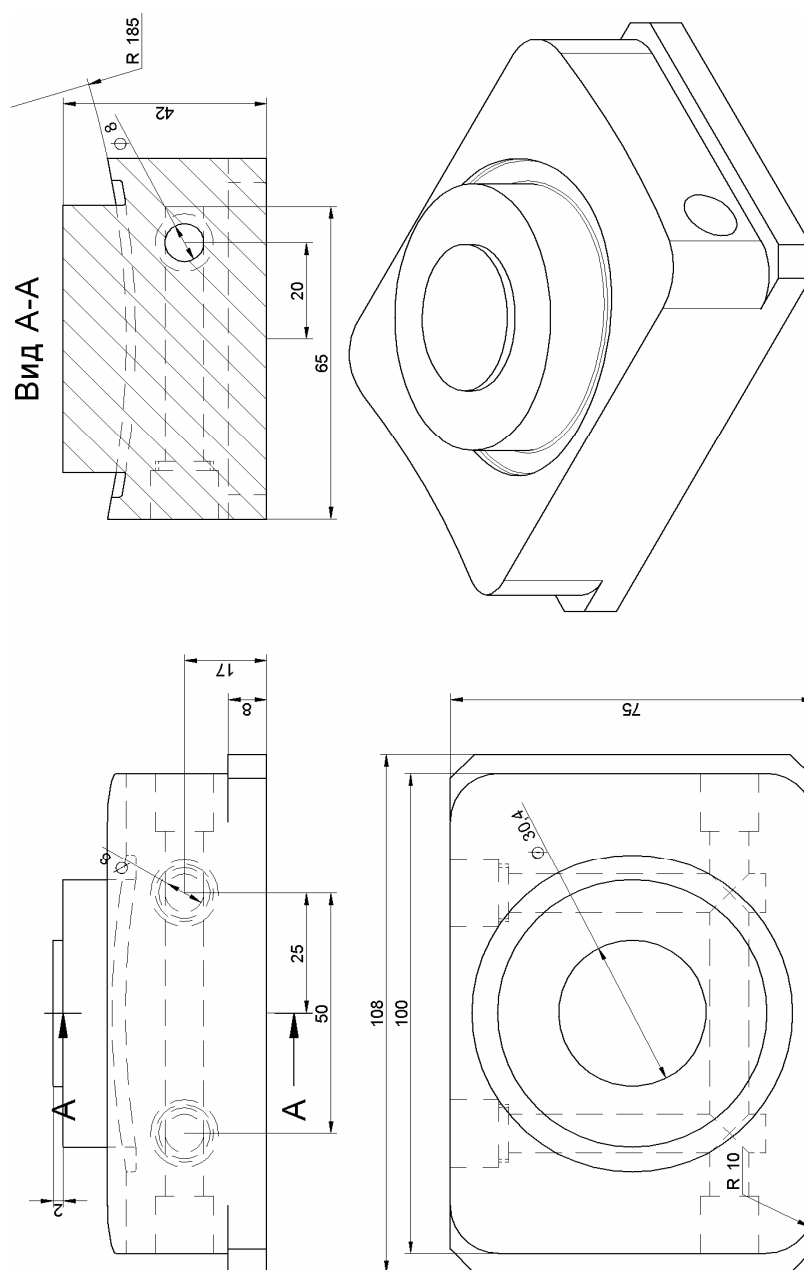


Рис. 11. Эскиз детали «Пуансон»

	TO_1	TO_2	TO_3	TO_4	TO_5	TO_6	TO_7	TO_8
TO_1	1	1	1	1	1	1	1	1
TO_2	1	1	1	1	1	1	1	1
TO_3	1	1	1	1	1	1	1	1
TO_4	1	1	1	1	1	1	1	1
TO_5	1	1	1	1	1	1	1	1
TO_6	1	1	1	1	1	1	1	1
TO_7	1	1	1	1	1	1	1	1
TO_8	1	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 12. Матрица смежности графа детали «Пуансон»

	TO_1	TO_2	TO_3	TO_4	TO_5	TO_6	TO_7	TO_8
TO_1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,05	0,05	0,05
TO_2	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,05	0,05	0,05
TO_3	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,05	0,05	0,05
TO_4	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,05	0,05	0,05
TO_5	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,05	0,05	0,05
TO_6	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,36
TO_7	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,36
TO_8	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,12	0,12	0,13

Рис. 13. Матрица вероятностей переходов детали «Пуансон»

В результате нахождения кратчайшего пути был получен следующий результат: кратчайшим путем является $\{TO_1, TO_2, TO_3, TO_4, TO_5, TO_8, TO_6, TO_7\}$; время прохождения пути составило 188,3 ч (23,5 рабочих смены).

Реальное значение длительности производственного цикла, полученное после изготовления изделия, равняется 169 ч.

Таким образом, в работе решена важная прикладная задача: повышение эффективности производственных систем путем прогнозирования длительности производственного цикла на этапе конструкторской подготовки производства. Кроме того, по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Анализ статистических данных по технологическим маршрутам подтвердил наличие типовых технологических маршрутов.
2. Анализ собранных данных по межоперационным перерывам подтвердил нормальность распределения величины межоперационного перерыва для полученных пар технологических операций.

Список литературы

1. Крутихин, А. Д. Разработка автоматизированной системы мониторинга многоименных машиностроительных производств на основе теории сложности и методов штрих-кодирования / А. Д. Крутихин, А. П. Кузнецов // Научные и методические проблемы подготовки конкурентоспособных специалистов для Удмуртии : материалы науч.-метод. конф., май 2007 г. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007. – 164–170.
2. Крутихин, А. Д. Мониторинг многоименных машиностроительных производств на основе теории сложности и методов штрих-кодирования / А. Д. Крутихин, А. П. Кузнецов // Естественные и технические науки. – 2008. – № 5 (37). – С. 301–306.
3. Шарин, Ю. С. Теория сложности // Ю. С. Шарин, Б. А. Якимович, В. Г. Толмачев, А. И. Коршунов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1999.
4. Таха, Х. А. Введение в исследование операций / Хэмди А. Таха ; пер. с англ. – 6-е изд. – М. : Вильямс, 2001. – 912 с. : ил.

5. Božek, P. Riadenie procesov na virtuálnej scene / Pavol Božek, Oliver Moravčík // Procesné riadenie 2006 : Zborník z medzinárodnej odbornej konferencie / nadát. Medzinárodná odborná konferencia. Poprad, 15.-16.6.2006. – Poprad : Slovenská asociácia procesného riadenia, 2006. – S. 32–39.
6. Božek, P. Virtuálna technológia nielen ekonomická kategória / Pavol Božek // Strojárstvo – Strojnírenství. – Roč. 12, č. 3 (2008). – S. 66–67.
7. Математическая статистика : учебник для техникумов / под ред. А. М. Дина. – М. : Высш. шк., 1975. – 398 с. : ил.
8. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул : учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1988. – 239 с. : ил.

УДК 621.783.Б52

Н. П. Кузнецов, доктор технических наук, профессор

М. А. Тарасова, инженер

Ижевский государственный технический университет

СТРАХОВОЕ МОШЕННИЧЕСТВО И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМ

Анализируются виды мошенничества в автостраховании в России, рассматриваются способы их выявления.

В настоящее время страховой рынок России переживает бум страхового мошенничества, особенно в сфере ОСАГО. По оценкам страховых компаний России, высказанных их руководителями и экспертами в СМИ, динамика страхового мошенничества выглядит следующим образом [1]:

2002–2003 гг. выплаты по мошенническим претензиям составляли 10...15 % от общего объема произведенных выплат;

2004 г. – 20...30 %;

2005 г. – до 40 %.

Зачастую факты страхового мошенничества сложнодоказуемы, страховые компании вынуждены выплачивать деньги, даже если обстоятельства страхового случая вызывают сомнения. Количество отказов в выплате на сегодняшний день составляет не более 3...5 %, но их могло бы быть гораздо больше.

Принято считать, что с учетом случаев недоказанного мошенничества общие объемы страхового мошенничества составляют 15...20 % от рынка страховых услуг. Из спектра видов мошенничества в сфере ОСАГО наиболее трудно выявляемыми считаются следующие виды [1]:

- инсценировка ДТП;
- инсценировка повреждений транспортного средства в результате ДТП;
- предоставление ложной информации о событии при оформлении заявления.

При этом мошенничество указанных видов чаще всего обусловлено действиями клиента, направленными на обман страховой компании. По мнению экспертов, темпы развития страхового мошенничества в России в 2–4 раза превышают темпы развития самой страховой индустрии и по вине мошенников компании теряют до 500 млн долл. в год.

Мошенничество в автостраховании в России очень развито и принимает масштабные размеры. Поэтому нужны способы выявления страхового мошенничества,