

УДК 621.9

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОТОКА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Мелкозерова О.М., Миргородская Е.В.

### STATISTICAL ANALYSIS OF FLOW CUTTING TOOL AUTOMATED PRODUCTION MACHINING

Melkozerova O.M., Mirgorodskaya E.V.

В работе представлен статистический метод анализа потока режущего инструмента на примере конкретной детали тела вращения. Построена аналитическая группировка поверхностей детали на основании технологических параметров (точности и шероховатости), учтена форма и размер детали. Это позволяет определить количество и номенклатуру необходимого инструмента для организации автоматизированного производства. При помощи статистического анализа возможно также определить производительность труда при использовании инструмента из двух материалов для единицы изделия или для группы деталей.

**Ключевые слова:** точность, шероховатость, аналитическая группировка, организация производства.

**Постановка проблемы.** Важной задачей для успешной организации технологической подготовки производства является обеспечение необходимого количества и вида инструмента для обработки деталей, разной номенклатуры, определенного количества, с заданными техническими характеристиками.

Разработанный унифицированный технологический процесс учитывает необходимый набор инструмента для изготовления детали, но не учитывает его количество для обработки группы сходных по технологическим параметрам деталей и партии деталей.

Предлагается решить вопрос обеспечения необходимого количества инструмента методом сводки, группирования и анализа некоторых технологических параметров деталей, входящих в группу.

Для этого необходимо построить вариационные ряды распределения по технологическим признакам (к примеру, точность, шероховатость, соосность) поверхностей, из которых состоит деталь или группа деталей. Группу деталей формируют, как правило, путем добавления или исключения некоторых поверхностей. Здесь также следует учесть форму и размеры обрабатываемой поверхности. Таким образом, получим соответствие определенного каче-

ства поверхностей и частоту, с которой данный технологический признак встречается.

Рассмотрим деталь типа тела вращения (в нашем случае вал-шестерня). В таблице 1 представлены размеры и технологические параметры поверхностей детали.

Т а б л и ц а 1  
Размеры и технологические параметры  
поверхностей детали

№	Тип размера	Длина L, мм	Поле допуска, квалитет	Допуск T, мкм	Rz, мкм
1	Торец	166	h14	1000	100
2	Диаметр	45	k6	16	2,5
3	Проточка	41	h12	12	50
4	Торец	40	h9	62	10
5	Диаметр	55	h9	74	10
6	Фаска	2×45	h12	100	50
7	Шестерня	155	h9	100	10
8	Фаска	2×45	h12	100	50
9	Торец	90	h12	350	50
10	Фаска	2×45	h12	100	50
11	Проточка	45	h12	250	50
12	Диаметр	45	k6	16	2,5
13	Торец	32	h12	250	50
14	Фаска	2×45	h12	100	50
15	Проточка	45	h12	250	50
16	Диаметр	35	h9	62	5
17	Торец	16	h9	43	5
18	Фаска	2×45	h12	100	50
19	Квадрат	20	h11	130	10
20	Торец	166	h14	1000	100
21	Диаметр	12	H7	18	3,2
22	Диаметр	20	H7	21	3,2
23	Фаска	2×45	h12	100	50
24	Фаска	2×45	h12	100	50
25	Диаметр	20	H14	520	100

**Цель статьи.** По исходным техническим параметрам группы деталей определить необходимое

количество и номенклатуру режущего инструмента, для обеспечения эффективной организации технологической подготовки производства.

**Основной материал статьи.**

Определяем размах варьирования  $R$  и длину интервала  $h$  для группировки поверхностей по размеру поверхности и технологическим параметрам [1,2,3]:

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (1)$$

где  $R$  – длина интервала;

$X_{\max}$ ,  $X_{\min}$  – минимальное и максимальное значение признака соответственно.

Длину интервала можно найти по формуле:

$$h = \frac{R}{m}, \quad (2)$$

где  $m$  – число групп совокупности.

Или по формуле Стерджесса:

$$h = \frac{R}{1 + 2,3 \lg(n)}, \quad (3)$$

где  $n$  – число единиц совокупности, подвергающихся группировке (в нашем случае  $n = 25$ , деталь состоит из 25 поверхностей).

Минимальное и максимальное значения параметров, размах варьирования и длина интервала представлена в таблице 2. Число групп принимаем равным шести.

Т а б л и ц а 2  
Минимальное и максимальное значение параметров, размах варьирования и длина интервала

$L_{\max}=166$ , мм	$\Delta L=164$ , мм
$L_{\min} =$ , мм	$hL=33$ , мм
$T_{\max}=1000$ , мкм	$\Delta T=988$ , мкм
$T_{\min}=12$ , мкм	$hT=198$
$Rz_{\max}=100$ , мкм	$\Delta Rz=97,5$
$Rz_{\min}=2,5$ , мкм	$hRz=20$

Вариационные ряды рассматриваемых параметров поверхностей представлены в таблице 3.

Для формирования вариационных рядов для длины поверхностей целесообразно использовать принцип построения с равными интервалами [1,2] (графа 2,3).

Для учета допуска поверхностей необходимо использовать принцип построения рядов с постепенно возрастающими интервалами, так как большинство рассматриваемых допусков поверхностей имеют значения меньше 150 [1] (графа 4, 5).

Т а б л и ц а 3  
Вариационные ряды рассматриваемых параметров поверхностей

№	L, м	mL	T, мкм	mT	Rz	mRz
1	0 - 2,1	7	0 - 16,1	0	2,5	2
2	2,1 - 35	7	16,1 - 36	4	3,2	2
3	35,1 - 68	7	36,1 - 86	4	5	2
4	68,1 - 101	1	86,1 - 126	8	10	4
5	101,1 - 134	0	126,1 - 326	5	50	12
6	134,1 - 167	3	326,1 - 1006	4	100	3
$\Sigma$		25		25		25

$mL$ ,  $mT$  и  $mRz$  – частоты, с которыми встречается исследуемые линейный размер, допуск и шероховатость, соответственно.

Что касается учета шероховатости, то здесь следует применить дискретный вариационный ряд (графа 6,7) [1].

Для расчета необходимого количества инструмента необходимо выделить группы поверхностей, которые обладают сходными размерами и соответственными технологическими параметрами. Для этого строим аналитическую группировку (таблица 4), где в ячейках представлено количество поверхностей, в скобках номера поверхностей.

При расчете количества инструмента нам необходимо учесть необходимое технологическое (основное) время, затрачиваемое на изготовление детали, то есть время на изменение формы, размеров, состояния заготовки [4].

Т а б л и ц а 4  
Аналитическая группировка поверхностей

L, мм	T, мкм						$\Sigma$
	0-16	16-36	36-86	86-126	126-26	326-1006	
0-2				7(6,8,10,14,18,23,24)			7
2-35		2(21,22)	2(16,17)		2(13,19)	1(25)	7
35-68	2(2,12)		2(4,5)		3(3,11,15)		7
68-101					1(9)		1
101-134							0
134-167				1(7)		1(1,20)	3
$\Sigma$	1	4	4	10	2	4	25

Оно определяется по формуле:

$$T_T = \frac{L}{S_m} \cdot i, \quad (4)$$

где  $L$  – полная длина перемещения детали или инструмента в направлении подачи, мм;

$S_m$  - путь детали или инструмента, пройденный в направлении подачи в одну минуту, мм;  
*i* – число проходов.

В таблице 5 представлены данные по нормам затраченного времени на изготовление поверхностей детали  $T_T$  (графа 5), в графе 4 представлено количество переходов, необходимых для обработки поверхности, *m* - частота с которой данная поверхность встречается (графа 1).

Т а б л и ц а 5  
 Нормы времени на изготовление детали

m	№п	Квалитет	i	$T_T$ , мин
2	1,20	14	1	0,05; 0,02
2	2,12	6	4	0,81; 1,46
3	3,11,15	12	1	0,01
2	4,5	9	3	0,28; 0,17
7	6,8,10,14,18,23,24	12	1	0,01
2	16,17	9	3	0,21; 0,06
1	7	7	4	123,50
1	9	12	1	0,03
1	25	14	1	0,08
2	13,19	12,11	1;2	0,01;0,15
2	21,22	7	3	3,13; 1,00

В соответствии с представленной деталью, токарный инструмент составляет 66,67% всего инструмента, сверла – 6,67%, фрезы – 2,22%, развертки 4,44%, шлифование 17,78%, фрезы для нарезания зубьев – 2,22%.

У определенного режущего инструмента существует свой период стойкости, и параметры износа, которые определяют время его эффективной работы. Из вариационных рядов у нас есть частота, с которой конкретный режущий инструмент будет использоваться для партии деталей. В документации технологического процесса рассчитаны нормы времени, которые учитывают время основной автоматической работы для всего разнообразия инструмента механической обработки. На основании всего вышесказанного мы можем оценить поток режущего инструмента для всей номенклатуры предприятия с учетом технологический параметров.

Например, из всех поверхностей при помощи точения образуются поверхности, 1-6, 8-20, затраты времени при этом составят около 3,19 минут. Если период стойкости инструмента 60 минут [5], то на каждые 18 деталей, нам необходим новый инструмент, на 10000 деталей необходимо 530 токарных резцов.

Сверлильная операция применяется при обработке поверхностей 21, 22, 25, диаметры поверхностей – 12, 20 мм, технологическое время на сверление 1,11; 0,35; 0,08 мин. Период стойкости сверла можно принять, к примеру, 35-76 мин [6], на каждые

10000 деталей нам понадобится 440-193 сверла, диаметром до 12-20мм.

При обеспечении технологической подготовки автоматизированного производства важен выбор материала инструмента и измерение производительности при этом, для чего предлагается использовать индексный метод. Необходимо учитывать количество выпущенной продукции, трудоемкость изготовления единицы изделия, общие затраты на производство партии изделия [2].

Существует два возможных подхода для расчета производительности. Первый - это учет количества продукции в единицу времени. Второй подход учет затрат времени на изготовление единицы продукции.

Количество продукции, вырабатываемое в единицу времени ( $\omega$ ) и затраты времени (*t*) на единицу продукции взаимосвязаны между собой:

$$\omega = \frac{1}{t} \tag{5}$$

Основанные на показателях выработки и производительности труда индивидуальные индексы (показатель выражает, как изменится производительность для одного типа изделия) производительности имеют вид:

$$i_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{q_1}{T_1} \cdot \frac{q_2}{T_2} \tag{6}$$

где  $\omega_1, \omega_2$  - количество продукции, вырабатываемое в единицу времени при использовании двух видов инструмента;

$T_1, T_2$  - суммарные затраты времени на изготовление данной продукции при двух различных видах инструмента;

$q_1, q_2$  - количество деталей, которое может быть произведено за время  $T_1, T_2$ .

Для второго подхода:

$$i_t = \frac{t_1}{t_2} = \frac{q_1}{T_1} \cdot \frac{q_2}{T_2} \tag{7}$$

где  $t_1, t_2$  - затраты времени на изготовление единицы изделия одного вида при двух способах обработки.

Для сравнения производительности при обработке группы деталей целесообразно воспользоваться формулой для сводного индекса производительности труда:

$$I_\omega = \frac{\sum_{i=1}^n q_{i1}}{\sum_{i=1}^n T_{i1}} : \frac{\sum_{i=1}^n q_{i2}}{\sum_{i=1}^n T_{i2}} \tag{8}$$

где  $n$  - количество деталей группы.

Первая часть формулы представляет собой среднюю выработку продукции при одном способе обработки, вторая – при другом.

Сводный индекс производительности труда по трудоемкости рассчитывается по данным о трудоемкости различных видов продукции и объемах их производства:

$$I_t = \frac{\sum_{i=1}^n t_{i1} q_{i2}}{\sum_{i=1}^n t_{i2} q_{i2}}. \quad (9)$$

Таким образом, воспользовавшись формулами (5)-(9), можно оценить, как изменится производительность при обработке различным инструментом или при изменении условий обработки (использовании нового оборудования).

#### Вывод.

В работе представлена методика, позволяющая определить количество и номенклатуру режущего инструмента, необходимого для обработки деталей с заданными технологическими параметрами и количеством. Варьирование размеров и технологических параметров позволяет выделить группы поверхностей, сходных по типу обработки, конфигурации, размеру, точности. Инструмент, выбранный для производства должен обеспечивать максимальную производительность, для этого предлагается воспользоваться индексным методом измерения производительности для единицы производимой продукции и для группы деталей, сходных по своим технологическим параметрам.

#### Литература

1. Громько, Г.Л. Теория статистики [Текст]: учеб. под редакцией Г.Л. Громько, / Г.Л. Громько. – М.: ИНФРА-М., 2005. – 476 с.
2. Мхитарян, В.С. Статистика [Текст]: учеб. под редакцией В.С. Мхитаряна, / В.С. Мхитарян. – М.: Экономист., 2005. – 671 с.
3. Гавва, В.Н. Статистический практикум [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Гавва, В.А. Колисниченко, Д.Д. Узун. – Харьков: Нац. Аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2000. – 147
4. Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя [Текст] / А.Н. Балабанов. – М.:Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
5. Износ и стойкость токарных резцов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://studopedia.net/12\\_44711\\_iznos-i-stoykost-tokarnih-reztsov.html](http://studopedia.net/12_44711_iznos-i-stoykost-tokarnih-reztsov.html) – 03.2015.
6. Сверла спиральные. межгосударственный стандарт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4294833/4294833008.htm> – 03.2015.

#### References

1. Gromyko, G.L. Teorija statistiki [Tekst]: ucheb. pod redakciej G.L. Gromyko, / G.L. Gromyko. – M.: INFRA-M., 2005. – 476 s.

2. Mhitarjan, V.S. Statistika [Tekst]: ucheb. pod redakciej V.S. Mhitarjana, / V.S. Mhitarjan. – M.: Jekonomist#, 2005. – 671 s.
3. Gavva, V.N. Statisticheskij praktikum [Tekst]: ucheb. posobie / V.N. Gavva, V.A. Kolisnichenko, D.D. Uzun. – Har'kov: Nac. Ajerokosmicheskij un-t «Har'k. aviac. in-t», 2000. – 147
4. Balabanov, A.N. Kratkij spravochnik tehnologa-mashinostroitelja [Tekst] / A.N. Balabanov. – M.:Izdatel'stvo standartov, 1992. – 464 s.
5. Iznos i stojkost' tokarnyh rezcov [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://studopedia.net/12\\_44711\\_iznos-i-stoykost-tokarnih-reztsov.html](http://studopedia.net/12_44711_iznos-i-stoykost-tokarnih-reztsov.html) – 03.2015.
6. Sverla spiral'nye. Mezhhgosudarstvennyj standart [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294833/4294833008.htm> – 03.2015.

#### Мелкозьорова О.М., Миргородська К.В. Статистичний аналіз потоку різального інструмента автоматизованого виробництва механічної обробки.

*У роботі запропоновано статистичний метод аналізу потоку різального інструмента на прикладі певної деталі тіла обертання. Побудовано аналітичне групування поверхонь деталей на базі технологічних параметрів(точності та шорсткості), врахована форма і розмір деталі. Це дозволяє визначити кількість і номенклатуру необхідного інструменту для організації автоматизованого виробництва. За допомогою статистичного аналізу можливо також визначити продуктивність праці при використанні інструменту з двох матеріалів для одиниці виробу або для групи деталей.*

**Ключові слова:** точність, шорсткість, аналітична угрупування, організація виробництва.

#### Melkozorova O.M., Mirgorodskaya E.V. Statistical analysis of flow cutting tool automated production machining.

*This paper presents a statistical method for the analysis of the flow of the cutting tool on the example of a particular part of the body rotation. An analytical group of the workpiece surface based on technological parameters (accuracy and roughness), takes into account the shape and size of the items. Varying the sizes and the process parameters allows to identify the group of surfaces of similar type processing, configuration, size and precision. This allows you to determine the number and range of necessary tools for computer-aided manufacturing organization. The tool selected for production should provide maximum performance, it is proposed to use the index method to measure the performance of units of products and components for the group, similar in its process parameters.*

**Keywords:** accuracy, roughness, analytical group, organization of production.

**Мелкозьорова О.М.** – к.т.н., асистент кафедри «Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем» Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського, „ХАІ”, e-mail: [olja.mex@gmail.com](mailto:olja.mex@gmail.com).

**Миргородська К.В.** – інженер кафедри «Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем» Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського, «ХАІ».

Рецензент: Соколов В.І. д.т.н., професор

Стаття подана 23.01.2015.