

УДК 658.53

Г.Н. Каневский, А. С. Шварев

**МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСХОДА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Рассматривается подсистема прогнозирования расхода режущего инструмента для станков с ЧПУ в рамках общей автоматизированной системы управления режущим инструментом. Изложена методика и алгоритмы определения количества инструмента. Разработаны формы представления результатов в виде сводных таблиц и диаграмм расхода по времени (диаграмм Ганта).

Полученные результаты являются основой для программной реализации алгоритмов. Могут быть использованы на предприятиях любой отрасли на участках механической обработки на станках с ЧПУ.

*Ключевые слова:* инструмент, прогнозирование расхода, методика прогнозирования, алгоритм расхода, диаграмма расхода во времени

Задача правильного и своевременного оснащения режущим инструментом машиностроительного производства существует многие десятилетия и всегда была актуальной. Особенно остро она встает на современном этапе при широком использовании станков с ЧПУ, для которых характерно применение дорогого неперетачиваемого режущего инструмента. С одной стороны заказывать много лишнего инструмента и держать его на складе невыгодно, с другой стороны часто возникает ситуация нехватки инструмента в определенные моменты производственного процесса и замены его на любой имеющийся на складе или у рабочего. Все это требует правильного прогнозирования расхода и его отслеживания в зависимости от выполнения технологического процесса и сроков запуска партий деталей. С другой стороны, внедрение на предприятиях автоматизированных систем управления производством, в том числе и на цеховом уровне, вызывает потребности встраивания задачи прогнозирования расхода инструмента в такие системы, а следовательно, создания алгоритмического и программного обеспечения решения таких задач.

Существует много различных источников, например [1–4], посвященных расчету потребности инструмента. Все они основываются на одной базовой зависимости определения количества инструмента как отношение стойкости к времени резания:

$$K = \frac{T}{t}, \quad (1)$$

где  $T$  – стойкость инструмента, мин;  $t$  – суммарное время резания инструментом, мин.

Далее в различных работах рассматриваются различные вопросы: разрабатываются нормативы для предприятий отрасли расхода инструмента, решаются экономические, организационные вопросы складского хозяйства, решаются вопросы стойкости, рассматриваются отличительные особенности различных типов производств и т.д.

В данной работе делается основной упор на особенности конструкций инструмента для станков с ЧПУ, на расход во времени инструмента или пластин с учетом разных вариантов последовательности обработки разных деталей.

Разработана методика и алгоритмы расчета и прогнозирования потребности режущего инструмента для станков с ЧПУ. Методика позволяет решить следующие задачи:

- рассчитать количество режущего инструмента, необходимого для обработки разных деталей в зависимости от величины партии запуска и программы;
- определить сроки замены или покупки режущего инструмента;
- сформировать план-график (диаграмму Ганта) расхода режущего инструмента в процессе его работы по часам, дням, неделям и т.д.

Разработанная методика и построенные на ее основе алгоритмы учитывают следующие производственные особенности и факторы:

- использование как цельного инструмента, так и со сменными многогранными пластинами;
- величину программы по каждой обрабатываемой детали;
- величину партии запуска различных деталей и их неравномерность как по величине, так и по времени запуска;
- обработку деталей последовательно на разных станках;
- использование одного и того же инструмента на разных станках при обработке как одной и той же детали, так и разных деталей;
- использование одного и того же инструмента при обработке разных деталей на одном станке;
- любую последовательность обработки разных деталей и партий деталей на станке: как последовательно по партиям запуска, так и смешанных партий из разных деталей;
- возможность определения потребности режущего инструмента на деталь, партию, программу;
- использование статистики времени резания деталей и стойкости режущего инструмента и оперативную корректировку алгоритма.

Исходной информацией для решения перечисленных задач являются следующие данные:

1. Оформленные в определенном формате технологические процессы изготовления каждой детали с указанием времени резания по каждому переходу и/или инструменту.
2. Величина партии запуска каждой детали на конкретном станке
3. Дата и время запуска партии каждой детали
4. Величина программы выпуска по каждой детали
5. Стойкость каждого цельного инструмента или грани пластины в минутах.
6. Тип инструмента – цельный или со сменными пластинами. В последнем случае надо задать тип пластины или число граней.

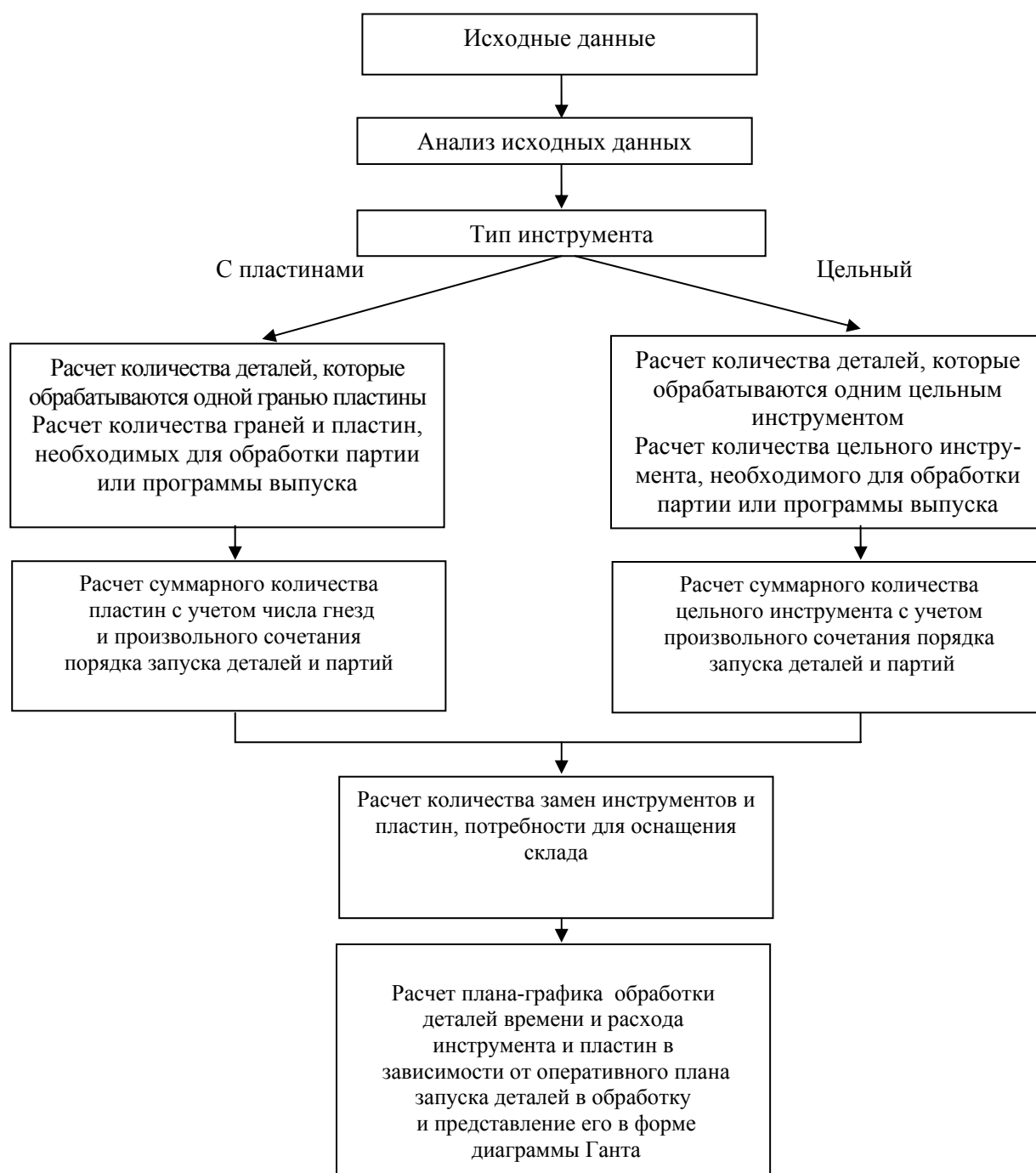
Выходной информацией являются таблицы и календарные диаграммы расхода инструмента и сроки его замены (приобретения).

Общий алгоритм расчета и прогнозирования приведен на рис. 1.

Этап 1. Формирование исходных данных. Информация выбирается из двух источников. Первый – оформленные по определенной структуре технологические процессы изготовления деталей. Из них автоматически выбираются обозначение, наименование режущего инструмента (цельного или многогранных пластин) и время резания конкретным инструментом или гранью пластины по каждой детали. Второй – оперативный план запуска отдельных деталей или партий деталей, из которых выбирается дата и время запуска деталей с указанием конкретного станка. Пример таблицы с исходными данными применительно к 9 инструментам приведен в табл. 1.

Этап 2. Расчет величин расхода режущего инструмента. На этом этапе рассчитываются следующие величины:

- количество деталей, которые можно обработать одним цельным инструментом или одной пластиной за период стойкости,
- количество цельного инструмента или пластин, необходимое для обработки партии запуска или программы одинаковых деталей (по одной технологии),
- количество инструмента или пластин, необходимое для обработки партии или программы разных деталей в произвольной последовательности.



**Рис. 1.** Схема расчета и прогнозирования расхода режущего инструмента для станков с ЧПУ

В зависимости от плана-графика последовательность запуска деталей может быть разной: а) сначала изготавливаются детали первой партии, затем второй и т.д. до обработки всей программы одинаковых деталей,

б) сначала обрабатывается первая партия детали №1, затем первая партия детали №2 и т.д. После этого запускаются вторые, третьи и др. партии деталей,

в) детали обрабатываются из разных партий в произвольной последовательности.

При этом в зависимости от времени резания может получиться ситуация, когда грань или цельный инструмент может обработать либо только часть одной детали, либо много деталей. В зависимости от этого по-разному рассчитывается количество деталей. Так число одинаковых деталей одной партии, которые можно обработать одной гранью пластины или цельным инструментом до затупления за период стойкости, определяется по формуле:

$$K_{\text{дет}} = \frac{T}{t_0}, \quad (2)$$

где  $T$  – стойкость инструмента или грани пластины;  $t_0$  – время резания инструмента в соответствии с технологическим процессом.

Таблица 1

## Пример исходных данных

№ инстр.	Наименование инструмента	Цельный или с пластинами	Время резания цельным инструментом или гранью пластины, мин				Заданная стойкость инструмента, T, мин
			технология 1	технология 2	технология 3	и т.д.	
01	Центровка	цельный	0,86	0,2			60
02	Фреза 20	цельный	16,28				55
03	Фреза 12	цельный	9,35	13,73			55
04	Сверло 9	цельный	0,05				55
05	Сверло 5,6	цельный	0,03				55
06	Фреза 63 R390-063Q22-11M	6 шт 2-х гранных пластин		83,43	121,43		60
07	Фреза 20 R390-020A20-11M	3 шт 2-х гранных пластин		7,93	94,76		60
08	Фреза Ø20 sandvik R216.34-20050-AK38P	цельный			3,98		50
09	Фреза фасочная R215.64-12A20-4512	3 шт. 4-х гранных пластин			1,28		55
Партия запуска деталей			10	10	7		

Количество разных деталей при обработке одним инструментом в зависимости от того, обработка происходит последовательно по партиям или в смешанном варианте, будет определяться по формулам (3) или (4) соответственно:

$$K_{\text{пос}} = \frac{T}{\sum t_{0i}}, \quad (3)$$

где  $\sum t_{0i}$  – суммарное время резания деталей одной партии одним инструментом,

$$K_{\text{смеш}} = \frac{T_i}{\sum t_{0i}}, \quad (4)$$

где  $t_{0i}$  – время обработки  $n$ -й детали;  $T_i$  – стойкость инструмента или грани пластины применительно к конкретной операции  $i$ -й детали

Количество цельного инструмента, необходимого для обработки партии или программы:

$$K_{\text{цельн}} = \frac{N_i \cdot Ka}{K_{\text{дет}}}, \quad (5)$$

где  $N_i$  – программа или партия выпуска деталей,  $Ka$  – коэффициент аварийного запаса,  $Ka=1,15$ ,  $K_{дет}$  – количество деталей, которых можно обработать одним цельным инструментом за период стойкости.

Аналогично определяется количество граней пластин и пластин в целом для обработки партии или программы деталей:

$$K_{гр} = \frac{N_i \cdot Ka}{K_{дет}}, \tag{6}$$

$$K_{пл} = \frac{K_{гр}}{n}, \tag{7}$$

где  $n$  – количество граней у одной пластины.

В связи с тем, что сборный инструмент включает в себя несколько посадочных гнезд и, соответственно, пластин, при условии обработки разных деталей в произвольной последовательности, формула (7) преобразуется к виду

$$K_{сум.пл} = K_{пл} \cdot N_{г}, \tag{8}$$

где  $N_{г}$  – количество пластин (гнезд под пластины) в инструменте.

По результатам расчета формируются таблицы расчета потребности инструмента или пластин как по каждой технологии, так и по для обработки партий деталей (табл. 2 для выборочного инструмента и табл. 3).

Таблица 2

Результаты расчётов по потребности инструмента

№ инструмента	Наименование инструмента	Количество цельного инструмента или пластин на одну деталь	Количество цельного инструмента		Количество пластин	
			на программу выпуска	на партию запуска	на программу выпуска	на партию запуска
06	Фреза 63 R390-063Q22-11M (6 двухгранных пластин)	6,98			593,5	48,88
07	Фреза 20 R390-020A20-11M (3 двухгранные пластины)	2,72			231,6	19,07
08	Фреза Ø20 Sandvik R216.34-20050-AK38P	0,09	7,78	0,64		
09	Фреза фасочная R215.6412A20-4512 (3 четырёхгранные пластины)	0,02			1,87	0,15

Таблица 3

## Сводная информация потребности инструмента

№ инструмента	Наименование инструмента	Суммарное на всю партию время резания и число замен инструмента или комплекта пластин				Потребность инструмента на одну партию
		Технологический процесс 1	Технологический процесс 2	Технологический процесс 3	и т.д.	
		Партия 10 шт.	Партия 10 шт.	Партия 7 шт.		
01	Центровка	8,6	2			1 инструмент
02	Фреза 20	162,8 замена 2 раза				3 инструмента
03	Фреза 12	93,5 замена 1 раз	137,3 замена 2 раза			4 инструмента
04	Сверло 9	0,5				1 инструмент
05	Сверло 5,6	0,3				1 инструмент
06	Фреза 63 R390-063Q22-11M (6 двухгранных пластин)		834,3 замена 7 раз	850,01 замена 7 раз		15 комплектов по 6 пластин каждый
07	Фреза 20 R390-020A20-11M (3 двухгранные пластин)		79,3	693,32 замена 6 раз		7 комплектов по 3 пластины каждый
08	Фреза 20 Sandvik R216.34-20050-AK38P			27,86 замена 1 раз		2 инструмента
09	Фреза фасочная R215.64-12A20-4512 (3 четырехгранные пластины)			8,96		1 комплект из 3-х пластин

Этап 3. Составление потребности инструмента и плана – графика работы инструментов, даты и времени смены инструмента или пластин, а также необходимости закупки с учетом складских запасов.




На рис. 2 изображен план-график, показывающий потребность в замене и покупке режущего инструмента в зависимости от его наличия на складе, где слева располагается порядковый номер инструмента, а сверху по горизонтали даты и время замены инструмента. Цифры в центральных ячейках означают время замены инструмента.

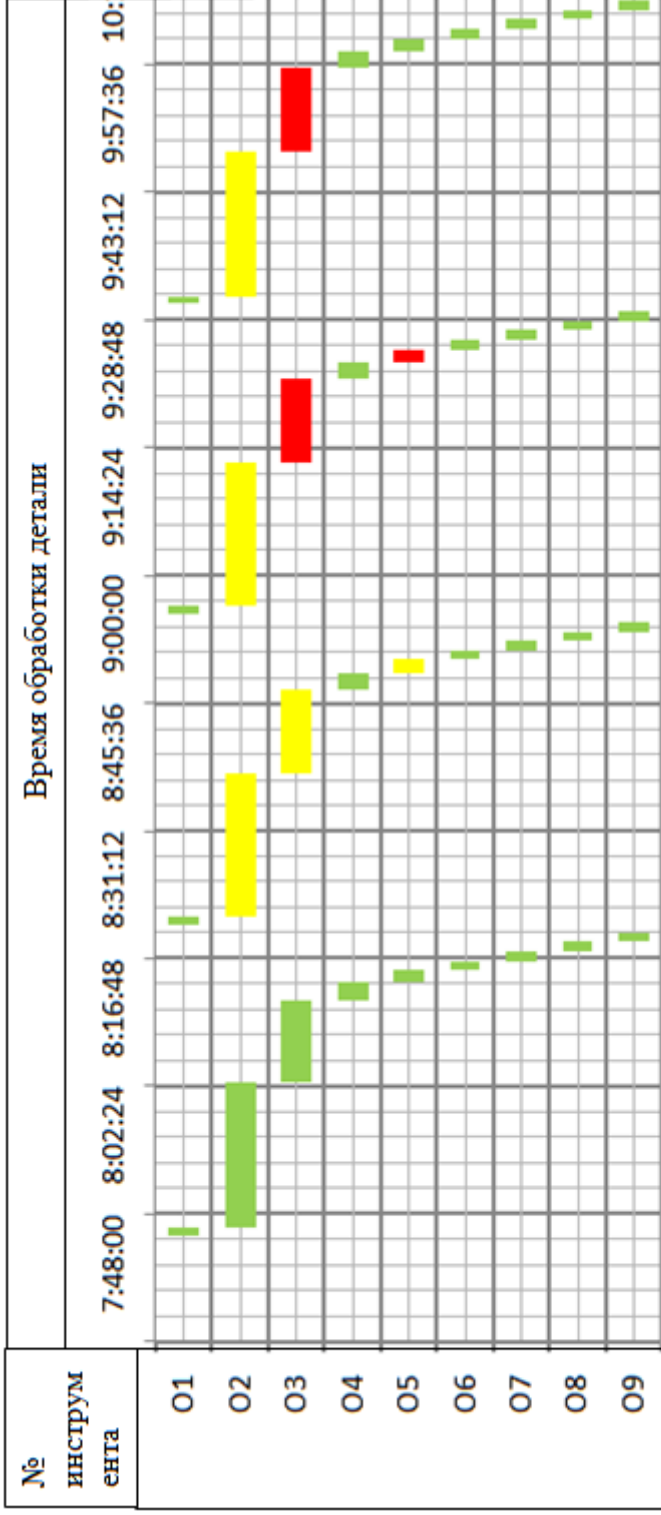
На рис. 3 можно увидеть фрагмент диаграммы Ганта, которая показывает последовательную обработку партии деталей. Слева по вертикали расположены порядковые номера инструментов, а вверху по горизонтали время, когда инструмент начинаем «свою работу». Длина ячеек отражает время резания.

Разработанный алгоритм является основой для программной реализации и создания подсистемы планирования расхода режущего инструмента для станков с ЧПУ, носит универсальный характер и может быть использован на любом предприятии, имеющим парк станков с ЧПУ.

№ инструмента	Дата и время замены инструмента										Дата и время необходимости закупки инструмента				
	01.09.2016	02.09.2016	03.09.2016	04.09.2016	05.09.2016	06.09.2016	07.09.2016	08.09.2016	09.09.2016	10.09.2016	11.09.2016	12.09.2016	13.09.2016	14.09.2016	15.09.2016
01	14:06	13:06	10:41												
02	12:16	9:06;14:16	13:25	12:07											
03	10:31; 13:31	8:31; 11:31; 14:31										12:19		9:43	
04			Замена инструмента не требуется												
05			Замена инструмента не требуется												
06			Замена инструмента не требуется												
07	12:43	9:43:00;14:43													
08			Замена инструмента не требуется												
09	14:51											13:51			

Рис. 2. Иллюстрация, показывающая потребность в замене и покупке режущего инструмента в зависимости от его наличия на складе:  
поставка на склад

-  - цвет данной ячейки показывает, что инструмента достаточно на складе для обработки необходимой партии деталей;
-  - цвет данной ячейки показывает, что инструмента не хватает на требуемую партию деталей;
-  - цвет данной ячейки показывает, что требуется поставка инструмента на склад



Деталь 4

Деталь 3

Деталь 2

Деталь 1

**Рис. 3. Фрагмент диаграммы Ганта последовательной обработки одной партии деталей:**

- цвет данной ячейки показывает, что инструмента достаточно на складе для обработки партии деталей;
- цвет данной ячейки показывает, что инструмента не хватает на требуемую партию деталей;
- цвет данной ячейки показывает, что требуется поставка инструмента на склад





**Библиографический список**

1. **Пашков, В.К.** Организация инструментального хозяйства. Справочные материалы: учеб. пособие / В.К. Пашков, С.В. Щепочкин. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. – 114 с.
2. <http://www.bestreferat.ru/referat-206617.html>
3. Нормирование потребности в покупном металлорежущем инструменте для организаций мин-монтаж спецстроя СССР всн 422-86
4. <http://www.up-pro.ru/encyclopedia/instrumentalnoe-hozuajstvo.html>

*Дата поступления  
в редакцию 06.04.2017*

**G.N Kanevsky, A.S Shvarev**

**PREDICTION METHOD OF AUTOMATED FLOW CUTTING TOOLS  
FOR CNC MACHINE TOOLS**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

**Purpose:** We consider a subsystem of the cutting tool consumption forecasting for the CNC in the overall automated cutting tool management system.

**Design/methodology/approach:** The technique and algorithms for determining the amount of the instrument. Developed presentation of the results in the form of pivot tables and time flow chart (Gantt chart).

**Findings:** The results are the basis for the software implementation of algorithms. They can be used in enterprises of any industry in the areas of machining on CNC machines.

**Originalitu/value:** It allows you to optimize warehousing.

*Key words:* flow forecasting, forecasting technique, flow algorithm flow chart in time.