

УДК 621.941.24

DOI: 10.33764/2618-981X-2020-6-1-91-98

## **АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

*Николай Егорович Гавриченко*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (923)777-17-72, e-mail: dewhole1@gmail.com

*Павел Вадимович Петров*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и приборостроения, тел. (905)958-50-92, e-mail: krasko.petroff@yandex.ru

В статье рассматривается концепция гибкой и динамичной классификации металлорежущих станков типа «токарный обрабатывающий центр» (ТОЦ) для изготовления резанием сложных металлических деталей оптических приборов. Предполагается создавать специализированные базы данных с формализованным описанием структурных элементов ТОЦ и программным образом выполнять множественные классификации, полагаясь на различные факторы. Выполнен анализ проспектов и электронных ресурсов станкостроительных фирм, определен обобщенный состав структурных элементов и параметров современных ТОЦ.

**Ключевые слова:** токарные обрабатывающие центры, классификация, структурный элемент, параметры структурного элемента, концепция гибкой и динамичной классификации.

## **ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF MANUFACTURING CENTERS FOCUSED ON MECHANICAL PART OF OPTICAL DEVICES**

*Nikolay E. Gavrichenko*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (923)777-17-72, e-mail: dewhole1@gmail.com

*Pavel V. Petrov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph.D., Associate Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (905)958-50-92, e-mail: krasko.petroff@yandex.ru

The article deals with the concept of flexible and dynamic classification of metal-cutting machines of the "turning processing center" (TPC) type for the production of complex metal parts of optical devices by cutting. It is intended to create specialized databases with a formalized description of the structural elements of the TPC and automatically perform multiple classifications, relying on various factors. The comprehensive analysis of machine-tool companies is made; the generalized structure of structural elements and parameters of modern TPC is defined.

**Key words:** turning processing centers, classification, structural element, structural element parameters, flexible and dynamic classification concept.

## ***Введение***

Любой оптический и оптико-электронный прибор как сборочная единица представляет собой систему деталей, соединённых определённым образом. Механическая часть приборов состоит, как правило, из металлических деталей. Технология изготовления таких деталей становится всё разнообразней. Однако на сегодня можно говорить только о двух наиболее реальных методах формообразования. Классический, основной метод – обработка резанием. Перспективный – технология аддитивного производства [1]. Вопрос об их соотношении, нынешнем и будущем, является темой отдельного исследования и выходит за рамки данной статьи.

Главная задача данной работы – анализ и классификация металлорежущих станков с ЧПУ типа «обрабатывающий центр» (ОЦ) как наиболее эффективного современного средства изготовления сложных металлических деталей оптических приборов резанием. В свою очередь, прикладное назначение классификации состоит в выявлении технологических особенностей изготовления металлических деталей оптических приборов на ОЦ. Знание таких особенностей позволит решить две взаимоисключающие задачи: выбора наиболее рациональной модели ОЦ или наиболее эффективного применения заданной модели ОЦ.

## ***Методы и материалы***

Для получения результатов использовались системный подход, поиск, анализ и классификация информации, полученной из электронных ресурсов и технической литературы по теме статьи.

## ***Результаты***

Различают две большие группы ОЦ: токарные обрабатывающие центра (ТОЦ) и обрабатывающие центра сверлильно-фрезерно-расточной группы (ОЦ СФР). Конструктивно-технологическое различие между группами, в последнее время, стирается. Остается главное: в ТОЦ обрабатываемое изделие большее время вращается, меньшее – неподвижно и поворачивается, а в ОЦ СФР, как правило, неподвижно и реже поворачивается. Для сокращения размерности поставленной задачи рассмотрим классификацию только ТОЦ. Классификация может быть основана, в общем случае, на следующем современном представлении структурных элементов ТОЦ (рис. 1).

Обобщенный состав структурных элементов современных ТОЦ выявлен авторами путём анализа описаний моделей ТОЦ по проспектам станкостроительных фирм [2–10]. В структурный компонент «простейшего» ТОЦ входят элементы «А» и «В». Под элементом «А» понимается передняя бабка с приспособлением под заготовку и возможностью позиционного поворота главного шпинделя вокруг оси Z. Элемент «В» предполагает одну револьверную головку с приводными гнездами. Модели ТОЦ такой компоновки имели место в период становления концепции обрабатывающих центров и на сегодняшний день не встречаются.

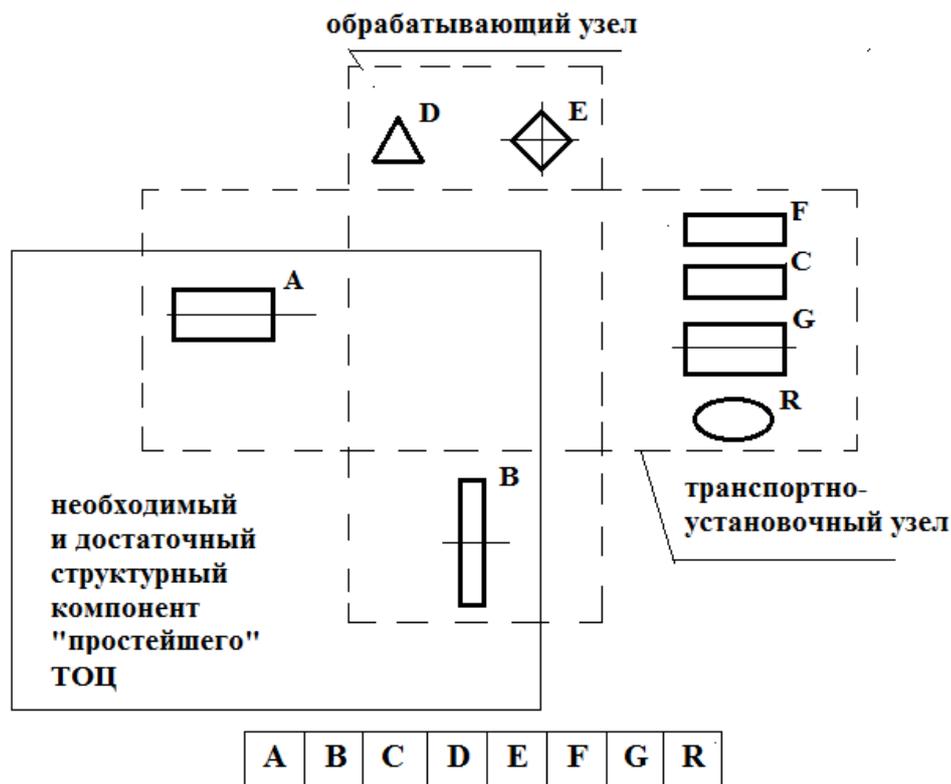


Рис. 1. Обобщенный состав структурных элементов современных ТОЦ и общий вид идентификатора модели ТОЦ

А – передняя бабка с главным шпинделем под исходную заготовку; В – система револьверных головок с приводными гнездами под режущие инструменты; С – задняя бабка с центром, как дополнительная опора для не жестких заготовок; D – система линеек режущих инструментов, включая приводные; E – одноинструментальная шпиндельная бабка с многоинструментальным магазином (не показан); F – задняя бабка с контршпинделем для установки штучной заготовки; G – задняя бабка сдвоенная, с центром и контршпинделем; R – робот для перемещения заготовок в рабочей зоне станка

Условно любую компоновку ТОЦ можно представить как систему двух узлов: транспортно-установочного и обрабатывающего.

В общем случае, в транспортно-установочный узел ТОЦ могут входить пять структурных элементов: «А», «С», «F», «G» и «R» (рис. 1).

Элемент «А» является обязательным и был пояснен выше.

Элемент «С» представляет собой заднюю бабку с жестким центром, для обеспечения дополнительной опоры при установке на ТОЦ нежестких исходных заготовок (как штучных, так и кратных). Элемент «С» не является обязательным, но широко распространён.

Элемент «F» представляет собой заднюю бабку с приспособлением под штучную заготовку и возможностью позиционного поворота контршпинделя вокруг оси Z, синхронного с главным шпинделем. Элемент «F» не является обязательным, но широко распространён.

Элемент «G» представляет собой сдвоенную заднюю бабку, в которой на общей платформе присутствуют и жесткий центр, и контршпиндель с приспособлением. Данное конструктивное решение пока обнаружено только в одном современном ТОЦ модели SPRINT 50 фирмы «DMG».

Элемент «R» представлен роботом, который применяется для перемещения штучной заготовки и детали в рабочей зоне станка. Данное конструктивное решение также обнаружено только в одном современном ТОЦ модели I-42 Robo фирмы «QUICK-TECH» [10].

Одновременное присутствие в транспортно-установочном узле ТОЦ элементов «A», «C», «F», «G» и «R» не возможно. На практике встречаются пять комбинаций элементов: «A», «A»+«C», «A»+«F», «A»+«G», «A»+«R».

В общем случае, в обрабатывающий узел ТОЦ могут входить три структурных элемента: «B», «D», «E».

Элемент «B» представляет собой от одной до четырех револьверных головок с приводными гнездами. На сегодня элемент «B» является наиболее распространенным в ТОЦ.

Элемент «D» представляет собой систему линеек режущих инструментов, включая приводные. Появление за последнее время в ТОЦ такого элемента, возможно, свидетельствует о реальной альтернативе револьверным головкам. В результате применения линейно расположенных инструментов сокращается путь их перемещения, увеличивается жесткость инструментоносителя, уменьшаются размеры рабочей зоны станка. На сегодня элемент «D» распространен в ТОЦ меньше, чем элемент «B», но чаще, чем элемент «E».

Элемент «E» представляет собой одноинструментальную и многоосевую шпиндельную бабку с многоинструментальным магазином, как в ОЦ СФР. Применение такого структурного элемента резко увеличивает число гнезд под инструменты (до 100 и выше) и позволяет изготавливать очень сложные изделия, но приводит к увеличению габаритных размеров станка и его удорожанию. На сегодня модели ТОЦ с элементом «E» пока не получили распространения.

На практике встречаются пять комбинации элементов обрабатывающего узла: «B», «D», «E», «B»+«D», «B»+«E».

Фиксируя наличие или отсутствие структурных элементов (из заданного списка), можно идентифицировать конкретные модели ТОЦ (табл. 1).

Известно, что производители ОЦ подстраиваются под потребителя: один и тот же станок выпускается в разных модификациях. Например, создание ТОЦ модели TNX 65 фирмы «TRAUB» предусматривает пять модификаций с разным составом структурных элементов. В этом случае, станок потребует пять описаний. Для примера в таблицу 1 внесены все эти модификации.

При любой классификации необходимо ввести условия (границы) образования класса. Так, классифицируя произвольные 30 моделей ТОЦ по принципу совпадения состава структурных элементов, наметились шесть классов: № 1, 3, 21; № 25, 26; № 2, 7–9, 13, 14, 23, 27, 29, 30; № 5, 6, 24; № 10–12; № 17, 22. Число классов можно сократить за счет учета параметров структурных элементов, и тем самым перейти ко второму уровню классификации. Состав и число таких пара-

метров были определены авторами субъективным образом, и представлены на рис. 2 по каждому структурному элементу ТОЦ. Граничными условиями могут выступать также наличие моделей ТОЦ на предприятии, размеры обрабатываемого изделия и стоимость машино-часа работы станка.

Таблица 1

Сведения о составе структурных элементов некоторых ТОЦ

№ п/п	Условное обозначение состава структурных элементов модели ТОЦ, согласно общему виду идентификатора станка:								Обозначение модели ТОЦ, станкостроительная фирма
	A	B	C	D	E	F	G	R	
1	1	1	1	0	0	0	0	0	SL-30, «HAAS»
2	1	1	0	0	0	1	0	0	TL-25, «HAAS»
3	1	1	1	0	0	0	0	0	TNA 400, «TRAUB»
4	1	1	0	0	0	0	0	0	TNS-30/42D, «TRAUB»
5	1	1	0	0	1	1	0	0	TNX 65*, «TRAUB»
6	1	1	0	0	1	1	0	0	TNX 65**, «TRAUB»
7	1	1	0	0	0	1	0	0	TNX 65***, «TRAUB»
8	1	1	0	0	0	1	0	0	TNX 65****, «TRAUB»
9	1	1	0	0	0	1	0	0	TNX 65*****, «TRAUB»
10	1	1	0	1	0	0	0	0	TNM 42, «TRAUB»
11	1	1	0	1	0	0	0	0	Simultan 60, «HABEGGER»
12	1	1	0	1	0	0	0	0	GS30-4, «INDEX»
13	1	1	0	0	0	1	0	0	G300, «INDEX»
14	1	1	0	0	0	1	0	0	GT-50, «GILDEMEISTER»
15	1	1	0	1	0	0	0	1	I-42 Robo, фирма «QUICK-TECH»
16	1	0	0	1	0	1	0	0	I-42 Ultimate, «QUICK-TECH»
17	1	0	0	1	0	0	0	0	I-42 Eco, «QUICK-TECH»
18	1	0	0	0	1	1	0	0	CTX gamma 2000TC, «DMG»
19	1	1	0	0	0	0	1	0	SPRINT 50, «DMG»
20	1	1	0	1	0	1	0	0	LineaLunga 25D, «KNUTH»
21	1	1	1	0	0	0	0	0	Merkur 225R, «KNUTH»
22	1	0	0	1	0	0	0	0	Roturn 400 GT, «KNUTH»
23	1	1	0	0	0	1	0	0	GEMINI 250SY, «STAHLWERK»
24	1	1	0	0	1	1	0	0	UniCen 500, «MONFORTS»
25	1	0	0	1	0	1	0	0	S-turn 45X TMCY, «DEG»
26	1	0	0	1	0	1	0	0	S-turn 32B TMCY, «DEG»
27	1	1	0	0	0	1	0	0	DUO4230, «Boley»
28	1	1	0	0	0	0	0	0	1П420ПФ40, ОАО «Беверс»
29	1	1	0	0	0	1	0	0	МК7130Ф3, ОАО «Красный пролетарий»
30	1	1	0	0	0	1	0	0	МК7542МФ3, ОАО «Красный пролетарий»

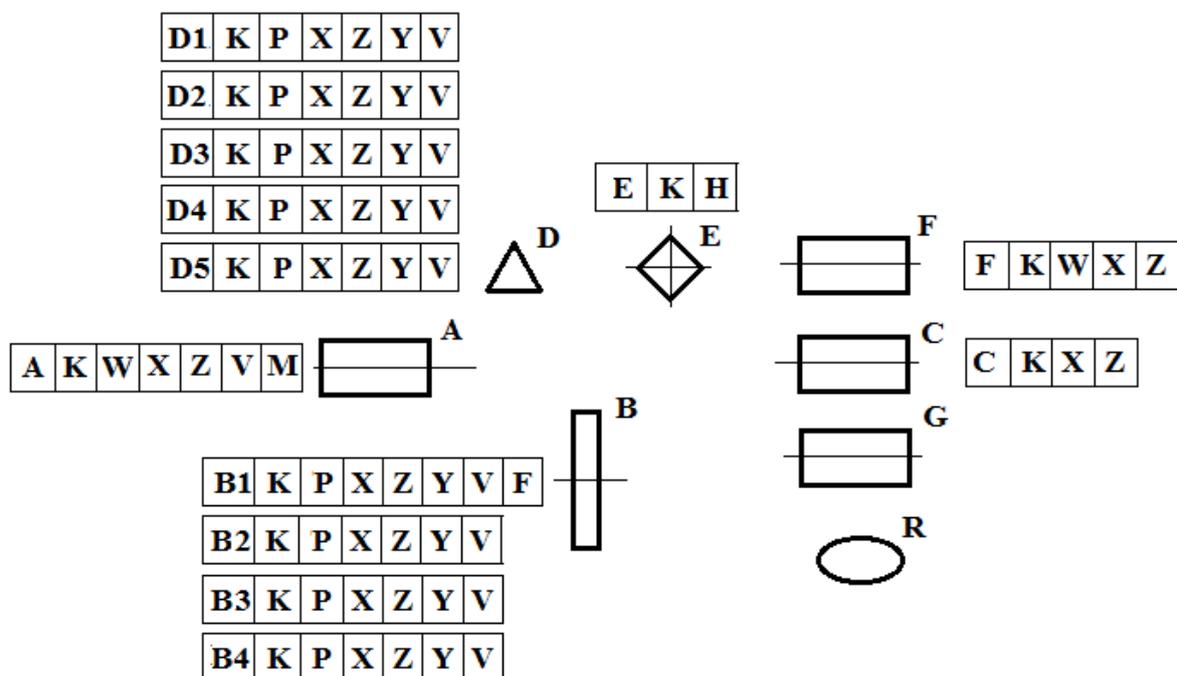


Рис. 2. Состав параметров структурных элементов современных ТОЦ

В состав параметров элемента «А» включены: К – число шпинделей (в настоящее время, К = 1); W – наличие поворота главного шпинделя вокруг оси Z (для всех ТОЦ W = 1); X, Z – наличие перемещений передней бабки вдоль X и Z (из 26 моделей ТОЦ в табл. 1 такой возможностью обладают № 25, 26); V – наличие поворота вокруг оси Y (такой возможностью ТОЦ пока не обладают); M – наличие грузочного устройства (встречается редко).

В состав параметров элемента «С» включены: К – число задних центров (для всех ТОЦ К = 1); X, Z – наличие перемещений задней бабки вдоль X и Z (для всех ТОЦ Z = 1, X принимает значения 0 или 1).

Состав параметров элемента «F» аналогичен элементу «С». Дополнительно он включает параметр W – наличие поворота контршпинделя вокруг оси Z (для всех ТОЦ с контршпинделем W = 1).

Установлено, что наибольшее число револьверных головок в ТОЦ равно четырем. В состав параметров каждого из элементов «В» включены: К – число гнезд в револьверной головке (РГ); P – наличие приводных гнезд в РГ; X, Z, Y – наличие перемещений РГ вдоль X, Z, Y (как правило, X, Z = 1; возможность перемещения вдоль Y является тенденцией последних лет; выявлены модели № 4, 27 (табл. 1) с X, Z, Y = 0 у одной из РГ); V – наличие поворота вокруг оси Y (возможность поворота вокруг оси Y является тенденцией последних лет); F – наличие контршпинделя с приспособлением в одном из приводных гнезд РГ (данное конструктивное решение выполнено в моделях ТОЦ № 4, 10–12 (табл. 1), изготовленных в 80-х г.г. прошлого века; в современных ТОЦ не наблюдается).

Установлено, что в ТОЦ наибольшее число линеек с инструментами не превышает пяти. Состав параметров каждого из элементов «D» аналогичен элементу «В».

В состав параметров элемента «Е» включены: К – число гнезд в инструментальном магазине; Н – наличие манипулятора для автоматического перемещения инструмента из магазина в шпиндель ТОО и, наоборот.

### ***Обсуждение***

Основные недостатки существующих классификаций ОЦ [11–18] состоят в их жесткой структуре, односторонности и статичности. Сделав акцент на конструктивно-технологические параметры ОЦ, предлагается формировать классификацию в реальном времени. Такая классификация может быть основана, например, на формализованном описании структурных элементов ОЦ и их параметров. Формализованное описание позволит создавать специализированные базы данных по ОЦ и программным образом выполнять множественные классификации, полагаясь на различные факторы. Например, с учётом времени внедрения станков в производство приборов, можно выполнить ретроспективную классификацию ОЦ. Анализируя характер изменения структурных элементов ОЦ и их параметров, можно прогнозировать развитие ОЦ на будущее.

### ***Заключение***

Таким образом, предлагается концепция гибкой, множественной и динамичной классификации ТОО по заданным граничным условиям. Классификация выполняется по мере необходимости, в реальном времени и программным образом. Для этого нужна постоянно пополняемая база формализованных описаний структурных элементов ТОО и их параметров. Кроме того, необходимы алгоритм и программа выявления границ классов. Планируется выполнение подобной классификации ОЦ СФР.

Прикладное назначение классификаций состоит в выявлении технологических особенностей изготовления металлических деталей оптических приборов на ОЦ с различными структурными элементами.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Суть и преимущества аддитивных технологий и производства [Электронный ресурс] URL: <https://top3dshop.ru/wiki/additive-technologies.html> (дата обращения: 02.04.2020)
2. Haas Automation, Inc – Станки с ЧПУ [Электронный ресурс] URL: <https://www.haascnc.com/ru.html> (дата обращения: 02.04.2020)
3. INDEX TRAUB - Токарные станки с ЧПУ, токарные автоматы и токарно-фрезерные обрабатывающие центры - INDEX TRAUB [Электронный ресурс] URL: <https://ru.index-traub.com/ru/> (дата обращения: 11.03.2020)
4. О компании Quick-Tech Machinery [Электронный ресурс] URL: <https://quick-tech.ru/> (дата обращения: 11.03.2020)
5. Обзор станков DMG MORI [Электронный ресурс] URL: <https://ru.dmgmori.com/products/machines> (дата обращения: 03.04.2020)
6. Металлообрабатывающие станки Knuth [Электронный ресурс] URL: <https://knuth-industry.ru/> (дата обращения: 01.04.2020)

7. Токарные станки Stahlwerk в Новосибирске [Электронный ресурс] URL: <https://novosibirsk.tiu.ru/Tokarnye-stanki;158311-Stahlwerk> (дата обращения: 05.04.2020)
8. Станки Monforts: продукция премиум-класса [Электронный ресурс] URL: <https://www.informdom.com/metall обрабо тка/2013/1/stanki-monforts-produkciya-premium-klassa.html> (дата обращения: 05.04.2020)
9. Каталог оборудования (станков) [Электронный ресурс] URL: <https://deg.ru/catalog> (дата обращения: 18.03.2020)
10. ПроТехнологии [Электронный ресурс] / отдел «Оборудование. Металлорежущее оборудование. Токарное оборудование. I-42 ROBO». – Электрон. дан. – М., 2009. – URL: <https://protechnolog.ru/> – Загл. с экрана. (дата обращения: 30.03.2020)
11. Металлорежущие станки: классификация и общие сведения - Многоцелевые станки (станки типа обрабатывающий центр) [Электронный ресурс] URL: <http://mashmex.ru/metallstanki/98-metalloreguschie-stanki.html?start=35> (дата обращения: 06.03.2020)
12. Обрабатывающие центры [Электронный ресурс] URL: <http://ib-gr.ru/categories.php?id=37> (дата обращения: 15.03.2020)
13. Обрабатывающие центры – многооперационные, многоцелевые станки [Электронный ресурс] URL: <https://extxe.com/3584/obrabatyvajushhie-centry-mnogo-operacionnye-mnogocelvye-stanki/> (дата обращения: 06.04.2020)
14. Классификация станков с ЧПУ, их виды и возможности [Электронный ресурс] URL: <https://top3dshop.ru/blog/klassifikatsija-stankov-s-chpu.html> (дата обращения: 29.04.2020)
15. Классификация станков с ЧПУ [Электронный ресурс] URL: <http://antrel.ru/cnc/klassifikaciya-stankov-s-chpu/> (дата обращения: 02.04.2020)
16. Станки с ЧПУ: классификация, параметры, принцип программирования [Электронный ресурс] URL: <https://vseochpu.ru/stanki-s-chpu/> (дата обращения: 02.04.2020)
17. Токарно-фрезерные обрабатывающие центры по металлу – универсальные станки с ЧПУ [Электронный ресурс] URL: <https://yandex.ru/tokarnyj-obrabatyvayushchij-centr.html> (дата обращения: 05.04.2020)
18. Кашкадамов И.В. Технологические возможности токарных многоцелевых станков. – М. : Машиностроение, 1991. – 80 с.

© Н. Е. Гавриченко, П. В. Петров, 2020