

Кравцов А.Н.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, Россия

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ И ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Kravtsov A.

Ural federal university of the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

FIELD-PERFORMANCE DATA OF SURFACES OF DETAILS OF BLOCK AND MODULAR TURNING CUTTERS AND THEIR MAINTENANCE

Рассмотрена система комплексных параметров, применяемая при технологическом обеспечении эксплуатационных свойств деталей блочно-модульных токарных резцов, методика двухступенчатого обеспечения данных свойств, с применением графических методов системной оптимизации. Приведены конструкции токарных инструментов, их системный анализ и результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: Эксплуатационные свойства, блочно-модульный инструмент.

Введение

В связи с все более широким освоением промышленностью токарных обрабатывающих центров с ЧПУ, в последнее время, возникла необходимость применения многоступенчатых инструментов с модульными блоками, как например, блочно-модульных резцов, которые позволяют производить быструю и удобную замену их рабочей части. В тоже время, такая задача потребует предъявления к этим инструментам повышенных требований в части их эксплуатационных свойств. Причем эти требования распространяются как на уровень (диапазон) этих свойств, так и на их количество. Поэтому все вышеперечисленное требует введения не только изменения к подходу в области регламентации качества поверхностей инструментов, но и ставят задачу многокритериальной системной оптимизации.

Цель

Целью предложенной статьи является описание блочно-модульных токарных резцов, как объекта технологического исследования при обеспечении их эксплуатационных свойств, систематизация методов технологического моделирования при помощи комплексных параметров состояния их поверхностей.

Исследование

Из множества эксплуатационных свойств деталей инструментов наиболее ярко выделяются такие как – износостойкость, контактная жесткость, коррозионная стойкость поверхностей, усталостная прочность, прочность сцепления покрытий и др. В теории технологического обеспечения эксплуатационных свойств, согласно классической схеме, принято регламентировать определенный набор параметров качества поверхностей. Этот аспект прекрасно рассмотрен в работах, таких ученых как, И.В. Крагельского, В.С. Комбалова, Э.В. Рыжова, А.Г. Сулова и др. [1, 2, 3].

Классическая схема решения этой задачи хорошо себя зарекомендовала при обеспечении малого ограниченного набора свойств, как например одного или двух-трех. Хотя выше перечисленные авторы и учитывают физику процессов эксплуатации при назначении данной системы параметров через эти ограниченные наборы, пусть и частично, но не решают рассматриваемую задачу при обеспечении большого числа эксплуатационных свойств.

Принято считать, что комплексный параметр, учитывая физическую картину эксплуатации, например трения и износа, считается безразмерной величиной и включает в себя те параметры качества поверхности, которые оказывают основное влияние на процесс эксплуатации.

При решении рассматриваемой задачи технологического обеспечения эксплуатационных свойств инструментов применяются комплексные параметры. Поэтому, выделяется два вида таких параметров –

технологических и расчетно-конструкторских. Их формальные значения выводятся из перечисленных выше условий эксплуатации [2, 4].

Считается, что для технологического обеспечения эксплуатационных свойств поверхностей деталей, необходимо, чтобы конструкторско-расчетное значение параметра было меньше, либо равным, его технологическому значению. Это условие положено в разработанную методику моделирования.

Единого комплексного параметра состояния поверхности, характеризующего все эксплуатационные свойства сразу, не существует, хотя в научных публикациях [2] говорится о такой необходимости, это объясняется не совершенством методик их получения. Авторы работы [2] применяют для обеспечения двух и более эксплуатационных свойств регрессионно-статистический анализ при многокритериальной регламентации параметров качества поверхности. Но использовать его для этих целей весьма сложно. Поэтому, используя системную оптимизацию, предложенную автором данной статьи, можно найти, для заданной поверхности, с предъявленной к ней системой эксплуатационных свойств, для заданных методов обработки, области, которые будут характеризовать достижение ограниченного набора этих свойств. Следовательно для того чтобы, обеспечить большой ограниченный набор различных эксплуатационных свойств соответствующими методами обработки необходимо рассматривать комплексные параметры в качестве функций эксплуатации, включающие параметры шероховатости, волнистости, макроотклонений, физико-механических свойств.

Комплексные параметры, в свою очередь, не являются статическими величинами, а изменяются при эксплуатации, не зависят от исходной шероховатости поверхности. При этом принимается, что они являются безразмерными комплексами. При снижении расчетно-конструкторского значения комплексного параметра D (долговечности) с 0,20 до 0,04 ед. число поломок пластины режущего инструмента (резца) снизилось с 16% до 6% [5]. В тоже время при уменьшении значения параметра Π (несущей способности) с 0,05 до 0,016 ед. соответственно и регламентируемом параметре шероховатости $R_a = 0,16$ мкм (среднее арифметическое отклонение профиля), привело к повышению стойкости режущих пластин инструментов (резцов) с 3 до 20 мин [6]. А также, при снижении комплексного параметра I (равномерного износа) с 7 до 3 ед. соответственно и регламентируемом параметре качества $H_p = 2,5$ мкм (высота сглаживания макроотклонений), величина линейного смещения вершины резца снизится с 0,014 до 0,004 мм [4].

По сравнению с традиционной методикой регламентацией качества поверхностей инструмента регламентация при помощи комплексных параметров их состояния позволяет добиться повышения виброустойчивости на (15 ÷ 20) %, снижения разрушающей подачи на (30 ÷ 60) %, уменьшения вспомогательного времени на обработке в (1.5 ÷ 2) раза [4]. Также эти мероприятия, как это показано выше и в работах автора [4, 7], привели к снижению интенсивности поломок режущих пластин и повышению их стойкости, увеличению жесткости опорных поверхностей инструментов, повышению их долговечности, износостойкости.

Все приведенные выше рассуждения свидетельствуют о том, что регламентацию состояния поверхностей деталей режущих инструментов, при обеспечении их эксплуатационных свойств, следует проводить с применением комплексных параметров их состояния на основе рассмотренных далее методов моделирования.

С разделением комплексных параметров на технологические и расчетно-конструкторские, возникает задача упрощения регламентации, единства подхода и снижения вероятности ошибок технологических решений. Один из вариантов такого решения это применение графических методов системной оптимизации.

При таком двухступенчатом технологическом обеспечении, где, разделены задачи конструктора и технолога, критериями по определению метода обработки на финишном этапе, а также и режимов резания, являются необходимые условия максимума площадей эффективного значения эксплуатационных свойств при рассматриваемом методе обработки ОЭМО (СОЭМО), минимума проекции функции затрат на их ось, а также максимума плотности распределения вероятности при ограниченном наборе регламентируемых параметрах качества поверхности.

На рис. 1 показано, что в пределах одного этапа обработки, в зависимости от выбранного метода, как например – чистовое точение и шлифование, вероятность обеспечения заданного эксплуатационного свойства составляет 66% и 46% соответственно (Комплексный параметр K_x). Где, ОДМО – область достижимых значений эксплуатационных свойств при рассматриваемом методе обработки (область D); ОРЭС – область регламентируемых значений эксплуатационных свойств (область P); ОЭМО – область эффективных значений эксплуатационных свойств при рассматриваемом методе обработки (область A); R_{ai} – регламентируемый параметр качества поверхности; K_x – регламентируемый комплексный параметр при обеспечении заданного эксплуатационного свойства.

Это однозначно говорит о приоритете полирования над всеми остальными рассмотренными методами обработки при обеспечении эксплуатационного свойства – искро- и взрыво- защищенности (герметичности), при отвлечении от учета затрат.

При не выполнении, одного или нескольких из этих условий, следует либо сменить метод обработки на финишном этапе технологического процесса, либо сменить регламентируемые параметры качества поверхности, либо увеличить число этапов обработки поверхности.

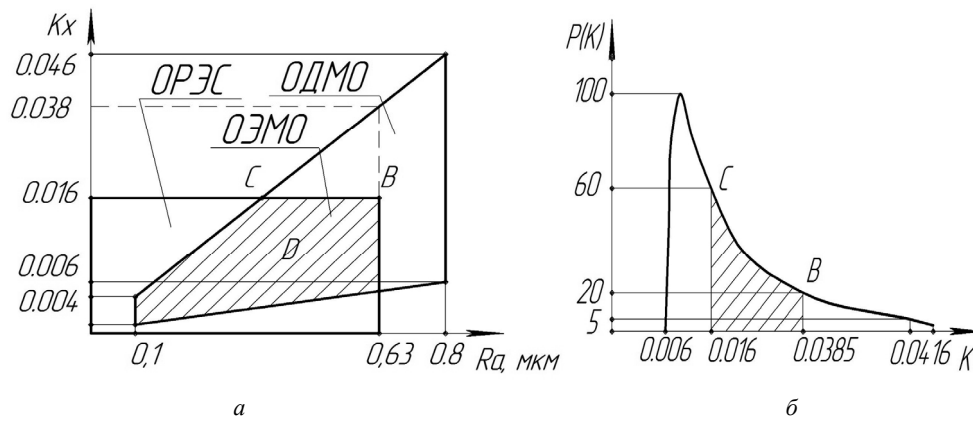


Рис. 1. а - Схема выбора метода обработки и б - функция плотности вероятности $\Phi(K_x)$ при чистовом точении поверхности, при обеспечении эксплуатационного свойства искро- и взрыво- защищенности

Если же это не дало желаемого результата, то можно, пересмотреть перечень регламентируемых эксплуатационных свойств и выбрать из них те, которые являются доминирующими для рассматриваемых условий эксплуатации (см. рис. 2).

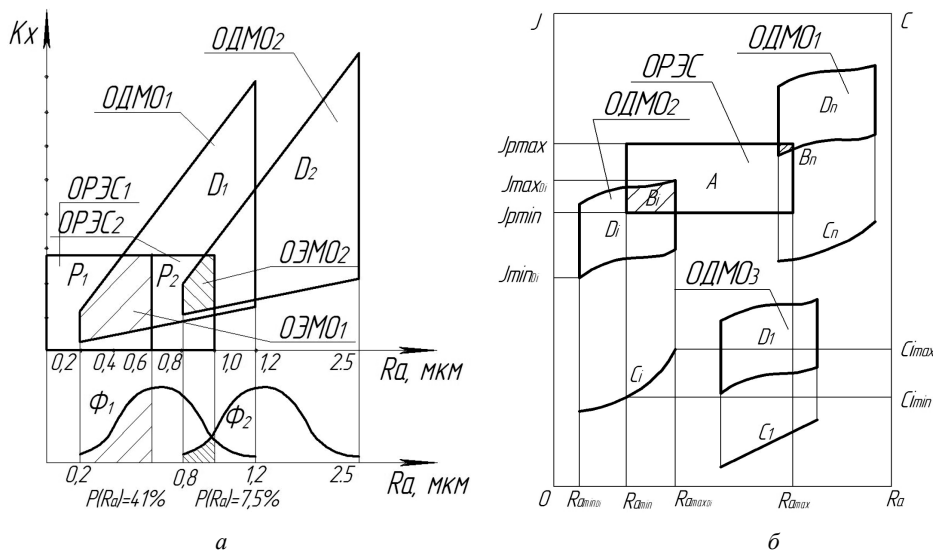


Рис. 2. Замена метода обработки при обеспечении заданного эксплуатационного свойства в случае а - неудовлетворительного значения плотности вероятности $P(R_a)$ и б - неудовлетворительной величине затрат C_i

Рассматривая рисунки на рис. 1 и 3 можно сказать, что выходной информацией конструктора и в тоже время исходными данными для технолога служит область регламентируемых значений эксплуатационных свойств ЦОРЭС (ЦОРЭС). Эта область включает все эксплуатационные свойства, которые конструктор задает технологу.

А значение этой области не зависит от, тех, которые достигнуты технологически, процесс же моделирования, заключается в установлении наложений областей достижимых значений эксплуатационных свойств при рассматриваемом методе обработки ЦОДМО (СОДМО) и рассмотренной выше областью (т.е. ЦОРЭС). Где, СОДМО – совместная область достижимых значений эксплуатационных свойств при рассматриваемом методе обработки (область В); ЦОРЭС – целевая область регламентируемых значений эксплуатационных свойств (область Р); СОЭМО – совместная область эффективных значений эксплуатационных свойств при рассматриваемом методе обработки (область А).

В тоже время, ограничением возможности применения данного моделирования является следующее: Область ЦОРЭС (ЦОРЭС) ограничена интуицией разработчика и назначение любого значения регламентации внутри нее является величиной равновероятной, а также для ряда эксплуатационных свойств, как например износостойкости, некоторые виды поверхностей трения в механизмах (как например, ходовые резьбы, зубчатые

зацепления) имеют не постоянную площадь контакта, для которых выделить период нормального износа сложно. Что говорит о невозможности построить область ОРЭС (ЦОРЭС), т.к. комплексный параметр будет постоянно изменяться в процессе эксплуатации.

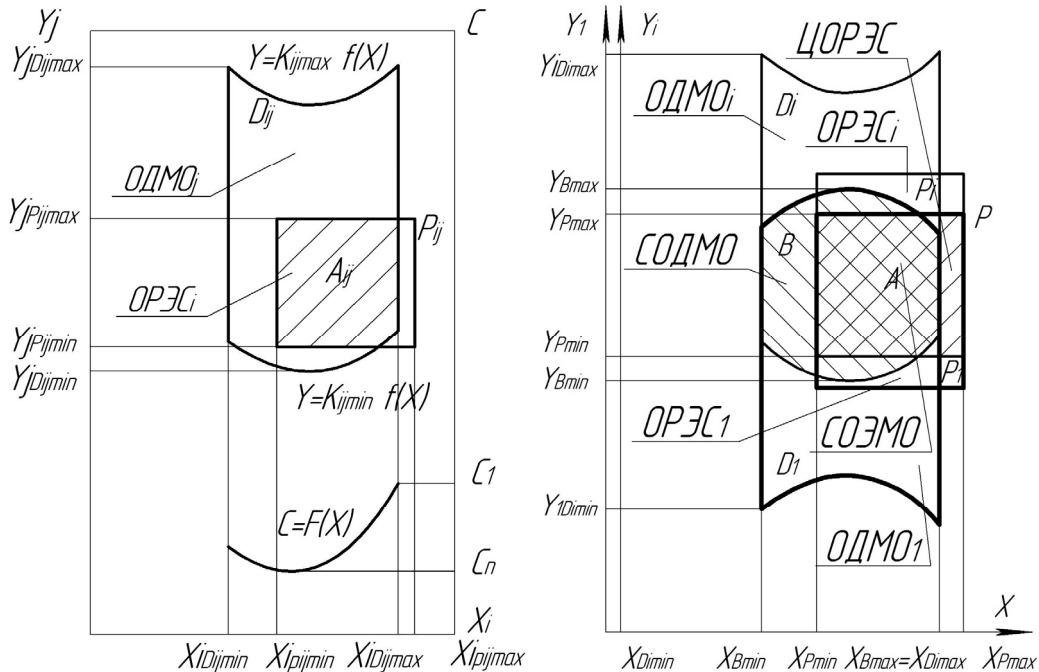


Рис. 3. а - Графическая схема выбора метода обработки при обеспечении одного эксплуатационного свойства и оптимальная величина затрат C_i ; б - Графическая схема выбора метода обработки при обеспечении нескольких эксплуатационных свойств

Возвращаясь к поверхностям деталей блочно-модульных инструментов, которые работают, обычно, имея постоянную площадь контакта и период нормального износа, можно заключить, что приведенные ограничения на детали таких режущих инструментов не накладываются.

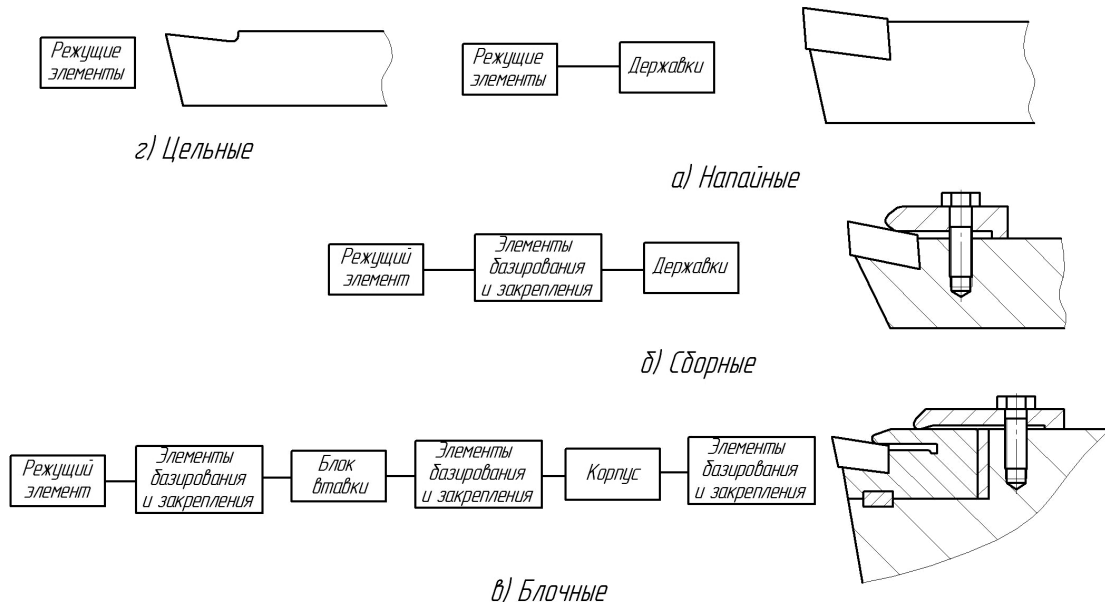


Рис. 4. Примеры токарных резцов и их структурные схемы

Блочные резцы, отличаются от всех других конструкций, наличием часто сменяемых элементов – блок-вставок и большого числа различного рода элементов до 30 и более. Поэтому к поверхностям контактного взаимодействия деталей таких инструментов предъявляются повышенные требования в части как уровня, так и числа регламентируемых эксплуатационных свойств.

Рассматривая блочные конструкции резцов, применяется теория системно-структурного анализа, позволяющая не только построить их схемы, с выявлением типов поверхностей контактного взаимодействия, но и расположить элементы их конструкций в соответствии с направлениями действия составляющих сил резания, а также выделения отдельной ветви в их конструкции – такой как, та что участвует в закреплении режущего элемента.

Системно-структурный анализ заключается в структурировании элементов конструкций инструментов по условиям их межконтактного взаимодействия, с помощью которого разработаны конструкции токарных блочно-модульных инструментов, приведенные на рис. 4 - 7. Блочно-модульный токарный инструмент с двумя элементами контроля (ЭК) [4] имеет структурную схему, изображенную на рис. 5. Элементы контроля (ЭК₁ и ЭК₂, рис. 5) измеряют составляющие силы резания P_y^{\parallel} и P_x^{\parallel} , входящие в формулы, предназначенные для определения сил, действующих на опорную поверхность контакта пластины режущего элемента и державки, а также угловые и линейные перемещения режущей пластины [4]. В дальнейшем структурная схема резца преобразуется во взвешенный граф, с присвоением его ребрам весовых коэффициентов согласно типам контактного взаимодействия его поверхностей.

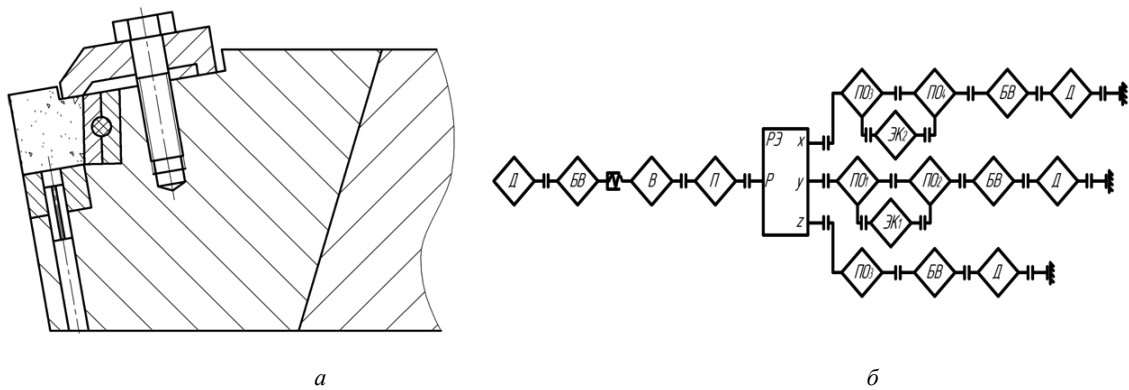


Рис. 5. а - Блочный резец для тяжелых токарных станков с двумя элементами диагностики и контроля и б - его структурная схема

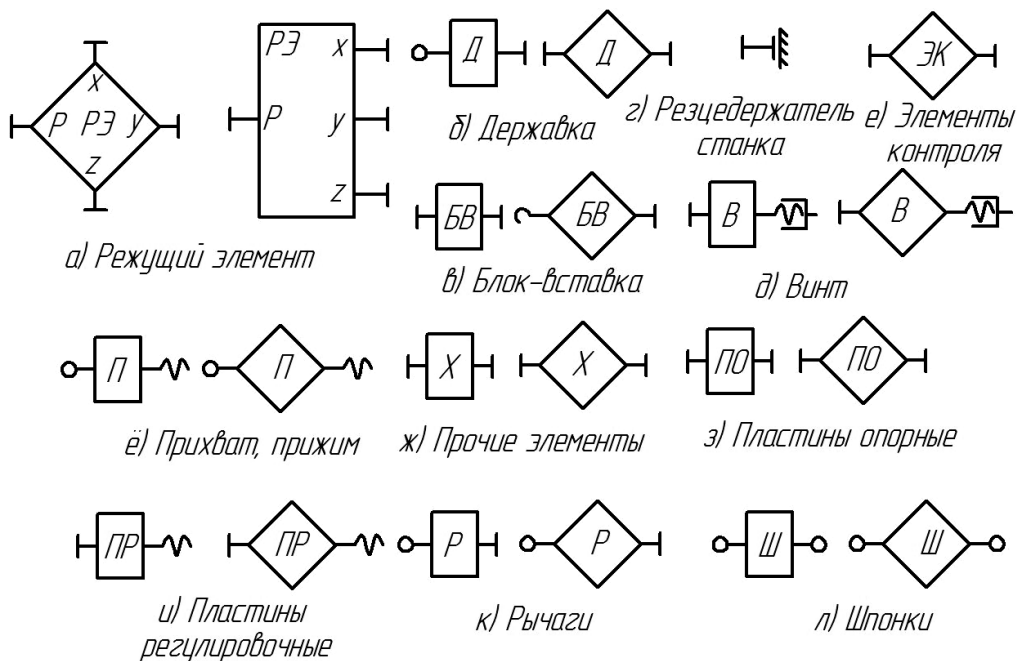


Рис. 6. Обозначение элементов блочно-модульных токарных резцов

При этом вершинами такого графа являются детали блочных резцов. Каждая ветвь, составленная для структурной схемы резца, графа рассматривается отдельно с целью представления ее в виде кортежа вершин.

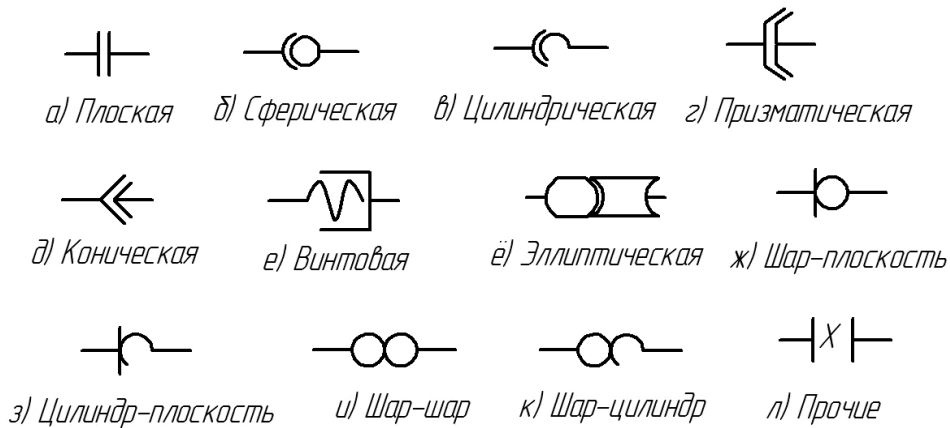


Рис. 7. Обозначение поверхностей деталей блочно-модульных токарных резцов

Также составляется матрица смежности для определения доминирующих контактных взаимодействий в конструкции блочных резцов. Принято считать, что та деталь обладает большим набором эксплуатационных свойств, в вершину графа которой приходит больше всего ребер. Решение этой задачи рассмотрено в работе [8].

Разработанная теория технологического обеспечения эксплуатационных свойств поверхностей деталей блочно-модульных токарных инструментов и их конструкции были внедрены в ряд производственных предприятий различной специализации [4].

Данные исследования деталей блочно-модульных токарных резцов подтвердили обоснованность регламентации состояния их поверхностей при помощи комплексных параметров долговечности D , равномерного износа I , несущей способности Π и других.

Выводы

Проведенное исследование в работе [4], показало, что для блочно-модульных токарных резцов, такие их показатели, как линейный износ, величина разрушающей подачи и др. при одних и тех же регламентируемых параметрах качества поверхностей деталей этих инструментов, имели меньшую дисперсию рассеяния, чем при использовании традиционной методики регламентации состояния их поверхностей.

Также, введение моделирования технологического обеспечения эксплуатационных свойств поверхностей инструментов, при помощи системной оптимизации, позволяет в процессе разработки технологических процессов, наиболее полно использовать возможности методов их обработки.

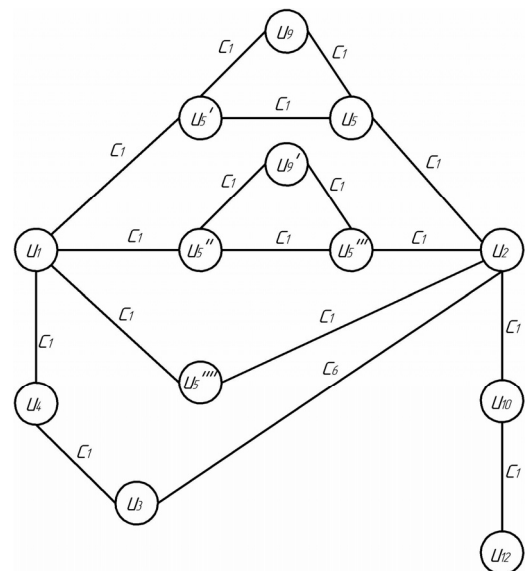


Рис. 8. Взвешенный граф основных элементов и контактных взаимодействий блочных резцов

Анотація.

Розглянута система комплексних параметрів, що застосовується при технологічному забезпеченні експлуатаційних властивостей деталей блочно-модульних токарних різців, методика двоступінчастого забезпечення даних властивостей, із застосуванням графічних методів системної оптимізації. Наведені конструкції токарських інструментів, їх системний аналіз і результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: Експлуатаційні властивості, блочно-модульний інструмент.

Abstract.

The system of complex parameters is considered which was applied to technological maintenance of field-performance data of details of block and modular turning cutters. The technique of two-level maintenance of these properties with application of graphic methods of system optimization is considered. Designs of turning cutters, their system analysis and results of experimental researches are considered.

The purpose: the Exposition of block-modular turning cutting tools as plant of technological probe at security of their operation properties, systematisation of methods of simulation with application of complex parametres of a condition of surfaces.

Probe: Consists in apply the two-stage circuit of technological security of operation properties of surfaces of details of cutting tools with application of technological and settlement-design values of complex parametres with their subsequent comparison by certain criteria.

Results: Probes of details of block-modular turning cutting tools have confirmed validity of a regulation of a condition of their surfaces by means of complex parametres. For block-modular turning cutting tools, their such indexes as linear deterioration, magnitude of destroying feeding, etc. at the same regulated parametres of quality of surfaces of details of these instruments, had a smaller variance of dispersion, than at use of a traditional technique of a regulation of a condition of their surfaces. Also, introduction of simulation of technological security of operation properties of surfaces of instruments, by means of system optimisation, allows in the course of working out of master schedules, most completely to use possibilities of methods of their handling.

Keywords: The field-performance data, block and modular tool.

1. Рыжов Э.В. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин. Киев.: Наук. Думка. 1984. – 272с.
2. Инженерия поверхностей деталей [Текст] / Колл. авт.; Под ред. А.Г. Сулова. М.: «Машиностроение», 2008. – 320 с.
3. Kragelsky I.V. Friction and Wear: Calculation Methods / I.V. Kragelsky, M.N. Dobychin, V.S. Kombalov; Elsevier Science & Technology, 1982. - 450 p.
4. Кравцов А.Н. Обеспечение эксплуатационных свойств поверхностей деталей при изготовлении [Текст] / А.Н. Кравцов, Н.В. Кравцов; Закрытое акционерное об-во "ОНИКС" (Об-ние науч., инженерных и коммерческих структур) - Ирбит: ОНИКС, 2011. – 261 с.
5. Кравцов Н.В. Повышение надежности и долговечности блочно-модульных инструментов [Текст] / Н.В. Кравцов // Проблемы повышения качества, надежности и долговечности машин. - Брянск : Изд-во БИТМа, 1989. – (с. 118 – 123).
6. Кравцов Н.В. Применение комплексных параметров при технологическом обеспечении эксплуатационных свойств сборных инструментов [Текст] / Н.В. Кравцов, А.А. Ключко // Передовой производственный опыт и научно-технические достижения: Информационный сборник. - ВНИИТЭМР. 1990. - Вып. 4. – (с. 11 – 12).
7. Кравцов Н.В. Комплексные параметры состояния поверхностей деталей блочно-модульных токарных резцов [Текст] / Н.В. Кравцов, А.Н. Кравцов // Журнал «Омский научный вестник». Серия: Приборы, машины и технологии. № 3 (113). – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012 - (с. 162 - 166).
8. Кравцов А.Н. Геометрическое моделирование взаимосвязи эксплуатационных свойств поверхностей деталей блочно-модульных токарных резцов с их показателями качества при помощи теории графов [Текст] / Кравцов А.Н. // Журнал «Вектор науки Тольяттинского государственного университета». № 3 (21). – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012 - (с.89 - 93).

REFERENCES

1. Ryzhov E.V. Technological heightening methods wear resistance of details. Kiev.: Sciences Thought. 1984. 272 p.
2. Engineering of surfaces of details: Collective of authors; Under the editorship of A.G. Suslov. Moscow: Machine industry, 2008. 320 p.
3. Kragelsky I.V., M.N. Dobychin, V.S. Kombalov Friction and Wear: Calculation Methods; Elsevier Science & Technology, 1982. 450 p.
4. Kravtsov A.N., Kravtsov N.V. Maintenance of field-performance data of surfaces of details at manufacture: Enclosed joint-stock about-in "ONIKS" (Join scientific, engineering and commercial structures). Irbit: ONIKS, 2011. 261 p.
5. Kravtsov N.V. Heightening of reliability and longevity of block-modular instruments , Problems of improvement in quality, reliability and longevity. Bryansk: Publishing house BITM, 1989. pp. 118 - 123.
6. Kravtsov N.V., A.A. Klochko Application of complex parametres at technological security of field-performance data of modular instruments, The Advanced know-how and scientific and technical reachings: the Informational collector. VNIITEMR. 1990. No. 4. pp. 11 - 12.
7. Kravtsov N.V, A.N. Kravtsov. Complex parametres of a condition of surfaces of details of block-modular turning cutting tools The Journal «Omsk scientific bulletin». no 3 (113). Omsk: Publishing house OmSTU, 2012, p. 162 - 166.
8. Kravtsov A.N. Geometrical simulation of correlation of field-performance data of surfaces of details of block-modular turning cutting tools with their indexes of quality by means of graph theories The Journal «Vector of a science of the Tolyatti state university». No. 3 (21). Tolyatti: Publishing house TSU, 2012, pp. 89 - 93.