

МИРОНЕНКО Е.В., КОВАЛЕВ В.Д., ВАСИЛЬЧЕНКО Я.В., ШАПОВАЛОВ М.В.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

В статье рассмотрены научные основы создания систем блочно-модульного инструмента для тяжелых станков, которые включают принципы создания систем блочно-модульного инструмента на основе квалиметрической оценки состояний процесса механической обработки, возможных отказов технологической системы, свойств и критериев их оптимизации, определение весомостей критериев, основы конструирования элементов блочно-модульного инструмента с учетом оценки напряженно-деформированного состояния и жесткости основных узлов, создание математической модели процесса дробления стружки их режущими элементами и вероятностной оценки стабильности дробления стружки; методологию моделирования сложных конструкций модульного инструмента с применением расчетно-аналитических методов конечных элементов, статических и динамических методов исследования системы механической обработки. Проведены исследования оптимизационных расчетов и предложена система блочно-модульного инструмента с механическим креплением пластин для чернового и получистового точения; разработаны рекомендации по эксплуатации блочно-модульного инструмента для тяжелых станков с пластинчатыми суппортами, позволяющие осуществить выбор рациональных режимов резания с обеспечением заданной стойкости инструмента. Определены показатели надежности модульного инструмента, нормы расхода основных элементов.

Ключевые слова: процесса механической обработки, технологическая система, блочно-модульный инструмент, тяжелые станки, эксплуатация, выбор рациональных режимов резания, стойкость инструмента, надежность, нормы расхода

МИРОНЕНКО С.В., КОВАЛЬОВ В.Д., ВАСИЛЬЧЕНКО Я.В., ШАПОВАЛОВ М.В.

ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ БЛОЧНО-МОДУЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

У статті розглянуті наукові основи створення систем блочно-модульного інструмента для важких верстатів, які включають принципи створення систем блочно-модульного інструмента на основі квалиметричної оцінки станів процесу механічної обробки, можливих відмов технологічної системи, властивостей і критеріїв їх оптимізації, визначення вагомості критеріїв, основи конструювання елементів блочно-модульного інструмента з урахуванням оцінки напружено-деформованого стану і жорсткості основних вузлів, створення математичної моделі процесу дроблення стружки їх ріжучими елементами і імовірнісної оцінки стабільності дроблення стружки; методологію моделювання складних конструкцій модульного інструмента із застосуванням розрахунково-аналітичних методів кінцевих елементів, статичних і динамічних методів дослідження системи механічної обробки. Проведено дослідження оптимізаційних розрахунків і запропонована система блочно-модульного інструмента з механічним кріпленням пластин для чорнового і напівчистового точіння; розроблені рекомендації по експлуатації блочно-модульного інструмента для важких верстатів з пластинчастими суппортами, що дозволяють здійснити вибір раціональних режимів різання з забезпеченням заданої стійкості інструменту. Визначено показники надійності модульного інструмента, добові норми витрат основних елементів.

Ключові слова: процес виготовлення, технологічна система, блочно-модульний інструмент, важкі верстати, експлуатація, вибір раціональних режимів різання, стійкість інструменту, надійність, добові норми витрат

MIRONENKO E.V., KOVALEV V.D., VASILCHENKO Y.V., SHAPOVALOV M.V.

TECHNOLOGICAL SYSTEM OF MECHANICAL PROCESSING OF BLOCK-MODULAR TOOL

The article discusses the scientific foundations of creating block-modular tool systems for heavy machines, which will include the principles of creating block-modular tool systems based on a qualimetric assessment of the machining process conditions, possible failures of the technological system, properties and criteria for their optimization, determination of weighting criteria, design fundamentals elements of a block-modular tool, taking into account the assessment of the stress-strain state and stiffness of the main nodes, the creation of a mathematical model of the process of crushing chips by their cutting elements and a probabilistic assessment of the stability of crushing chips; a methodology for modeling complex constructions of a modular tool using calculation and analytical methods of finite elements, static and dynamic methods for studying a machining system. Studies of optimization calculations are carried out and a system of block-modular tools with mechanical fastening of plates for roughing and semi-turning is proposed; recommendations on the operation of a block-modular tool for heavy machine tools with plate calipers have been developed, allowing the selection of rational cutting conditions to ensure the specified tool life. The reliability indicators of a modular tool, the consumption rates of the main elements are determined.

Keywords: machining process, technological system, block-modular tool, heavy machine tools, operation, selection of rational cutting conditions, tool life, reliability, flow rates

1. Введение. Эффективность процесса механической обработки деталей на тяжёлых станках в большей степени определяется надёжностью и универсальностью режущего инструмента, зависящего от множества случайных факторов. До 70 % операций, выполняемых на тяжёлых токарных станках, связаны с снятием больших сечений среза.

Это объясняется тем, что в тяжелом машиностроении наиболее широко используются заготовки, полученные методом литья,ковки,штамповки, которые характеризуются наличием больших припусков, пор, раковин, трещин, неметаллических включений и других дефектов поверхностного слоя.

Поэтому на этапе получения заготовок возникает необходимость применения черновой лезвийной обработки с целью удаления дефектного поверхностного слоя. Трудоёмкость обработки резанием таких заготовок очень велика. Например, для обработки заготовки длиной (4000 ÷ 5000) мм и диаметром 1500 мм потребуется 3 рабочих смены (около 22 часов).

После удаления дефектного слоя с поковки, деталь подвергается термообработке, а дальнейшая лезвийная обработка производится на тяжёлых токарных станках. При этом удаляется припуск до 30 мм, с целью лучшего приближения формы заготовки к профилю детали.

В результате перед окончательными (чистовыми) операциями вес детали составляет (60 ÷ 70) % от веса первоначальной заготовки. Анализ применяемых глубин резания [1, 2, 3, 4] при обработке на тяжёлых токарных станках показывает значительное рассеивание и зависимость их от размера станка. Возрастающая сложность механической обработки, её автоматизация, включая автоматизацию проектирования и жесткие требования рыночной

экономики, обуславливают необходимость системного подхода.

2. Анализ последних исследований и публикаций. Под системой понимают сочетание элементов, связанных между собой, внешней средой и обусловленную совокупностью целей. На формально-математическом языке система может быть представлена как пространство [2, 5, 6, 7]. Так, для системы механической обработки (СМО) можно записать

$$\text{СМО} = \{Y, Ц, Ф, P, R(Y, Ц), R(Y, P), R(Y, Ф), R(Ц, P), R(Ф, P)\}, \quad (1)$$

где, Y – условия, среда эксплуатации инструмента; Ц – цели проектирования, критерии; Ф – физическая часть системы; P – режимы эксплуатации системы; R – отношения между названными элементами системы.

Рассматриваемая СМО является элементом более общей производственной системы. С другой стороны, каждый элемент СМО также может быть представлен как система. Так, физическая часть СМО является технологической системой (ТС), современный инструмент, входящий в ТС, в свою очередь является достаточно сложной системой модулей и т. д.

Подобную многоуровневую систему, в которой каждый нижележащий элемент подчинен вышележащему, называют иерархической и изображают в виде графа, который может быть деревом. Дерево – это граф, который не имеет циклов, это в частности означает, что элементы одного уровня не соединены ребрами – они независимы. Мы будем изображать, если пользоваться аналогией с живым деревом, всегда перевернутые "деревья". Иерархический граф показан на рис. 1, причем для пояснения раскрыт состав только одного элемента каждого уровня.

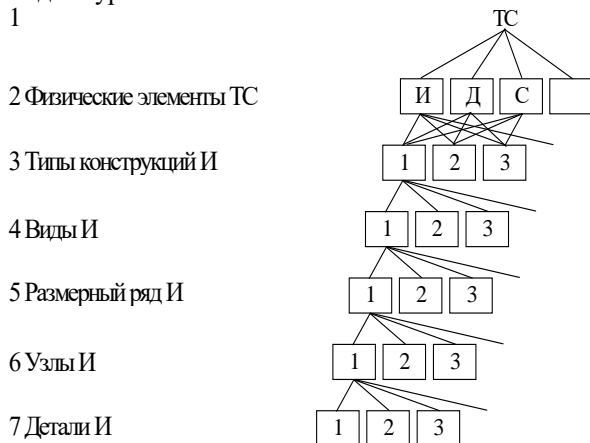


Рис. 1 – Технологическая система в виде иерархического графа (Д – деталь; И – инструмент; С – станок)

В качестве примера на рис. 2 показана модульная система инструментов для автоматизированных средних токарных станков фирмы Сандвик Коромант. Здесь на 1-ом уровне рассмотрения – корпус с узлом крепления модуля, на 2-ом – модули для обработки наружных и внутренних поверхностей, на 3-ем –

виды модулей и на 4-ом – их размерные ряды [8, 9, 10, 11].

Система инструментов обязательно должна иметь физический системо-объединяющий узел (Рис. 2 – узел крепления модулей различных видов).

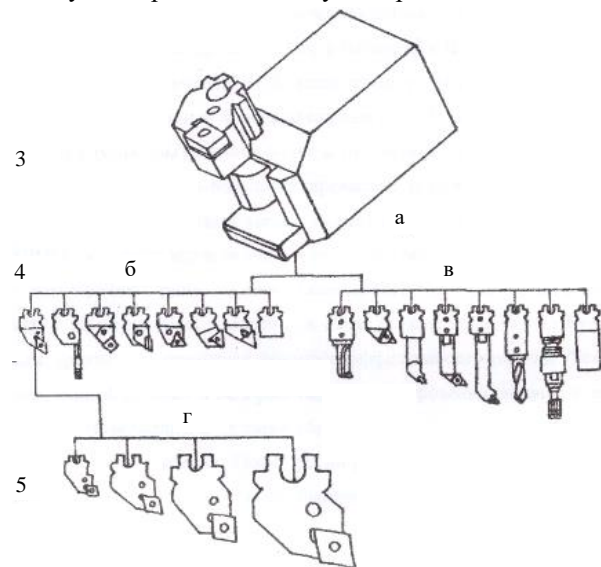


Рис. 2 – Модульная система инструментов для токарных станков фирмы «Сандвик Коромант» (Швеция): а) – корпус с узлом крепления модулей; б) – виды модулей для наружного точения; в) – виды модулей для обработки отверстий; г) – размерный ряд одного вида

Четыре элемента, образующих СМО, имеют различный характер. Например, ТС – это материальная система машинных объектов – детали, станки и инструменты, Ц – информационная система.

Связи между элементами системы также могут иметь различный характер: быть физическими или информационными.

Как правило, более полное рассмотрение системы, то есть начало анализа с более высоких уровней или охват большего числа элементов на данном уровне обеспечивает большую эффективность работы. Так, например, многие ошибки и недоработки в проектировании связаны с недостаточно полным анализом условий обработки. Нельзя рассматривать инструмент в отрыве от станка. Так, конструирование инструмента совместно с резцедержателем станков токарной группы привело к созданию новых высокоэффективных систем блочно-модульного инструмента (они рассмотрены далее).

Если одновременно с оптимизацией параметров инструмента оптимизировать режимы резания и число рабочих, обслуживающих уникальный станок, это дает более точные и эффективные результаты.

3. Цель исследования. Необходимо создать систему инструментов для определенной совокупности операций и станков. В этом случае под системой инструмента понимают совокупность типоразмерных рядов резцов для указанного оборудования.

4. Изложение основного материала. Инструмент, собираемый из унифицированных узлов и модулей, перенастраивают применительно к изменению формы обрабатываемых деталей простой компоновкой унифицированных взаимозаменяемых узлов. В этом случае традиционный инструмент заменяется комплектами, состоящими из унифицированных агрегатов и узлов, с их частичной или полной разборкой для последующей сборки в другом сочетании. Такая конструкция позволяет создавать не просто инструмент определенного типа, а систему инструмента с необходимыми сменными устройствами.

Создание систем блочно-модульного инструмента является эффективным средством удовлетворения требований потребителей к комплексному оснащению тяжелых токарных станков с ЧПУ, позволившим уменьшить число индивидуальных заказов на инструмент.

Модулем называют повторяющийся унифицированный узел, который выполняет самостоятельную функцию в различных инструментальных системах.

Блочно-модульный принцип компоновки инструмента с относительно ограниченным комплектом модулей позволяет создать без серьезных дополнительных затрат широкую номенклатуру систем инструмента, наиболее приспособленных к конкретным требованиям производства.

Исходя из особенностей блочно-модульного принципа компоновки инструмента можно выделить основные положения проектирования и реализации систем инструмента:

- модуль – это конструктивно и функционально завершенная единица, являющаяся составной частью общей системы инструмента;
- модули характеризуются наименьшим возможным числом связей для присоединения к ним других новых моделей;
- ограниченная номенклатура модулей должна обеспечивать большое количество разных сочетаний путем разнообразных компоновок и положений модулей;
- блочно-модульный принцип проектирования систем инструмента наиболее полно отвечает требованиям решения конкретной технологической задачи (создание на модульном принципе систем инструмента не имеет излишних функций, и поэтому оно должно быть экономичнее обычных инструментов с универсальными возможностями);
- сокращение времени и трудоемкости

проектирования систем инструмента, поскольку модульный принцип позволяет более полно использовать выполненные ранее разработки;

- увеличить надежность работы инструмента за счет применения модулей, наиболее предназначенных для выполнения конкретных операций;
- уменьшение разнообразия конструктивных вариантов модулей и составных их элементов улучшают условия эксплуатации и ремонтпригодности системы инструмента;
- блочно-модульное проектирование позволяет создавать новые высокопроизводительные конструкции инструмента для конкретных операций механической обработки, а не подгонять процесс под имеющийся инструмент;
- блочно-модульный принцип дает реальную возможность заменить устаревшие формы и методы создания новых конструкций инструмента и их систем;
- блочно-модульный принцип построения компоновки инструмента наиболее эффективен для тяжелых токарных станков, где в основном применяются инструменты, имеющие большие габариты $H \times B \times L = 80 \times 80 \times 1000$ мм и массу более 15 кг, что делает трудоемким смену и переналадку на новую операцию.

Одной из важных особенностей обработки заготовок на тяжелых токарных станках является широкий диапазон глубин резания. При первом проходе глубина резания может достигать 40 мм, однако во многих случаях она составляет 10 – 20 мм. Вместе с тем почти во всех случаях черновая обработка производится одним и тем же резцом с высотой державки $H = 80, 63$ мм и припаянной твердосплавной пластиной длиной $l = 50$ мм. Поэтому чаще всего используется $\frac{1}{3}$ длины пластины.

На графике (рис. 3) плотности распределения относительной длины режущей кромки (l_a/l) построенном по статистическим данным, собранными на заводах тяжелого машиностроения, с участием авторов. Абразивные и ударные воздействия на режущий инструмент вследствие наличия высокотвердых частиц и неравномерности припуска приводит к ускоренному абразивно-механическому изнашиванию, а также к хрупкому разрушению твердосплавной пластины [12, 13, 14].

Анализ влияния глубин на распределение нормальных напряжений при постоянной длине режущей кромки $l = 50$ мм [55] показал, что при глубине 10 – 20 мм экстремум растягивающих напряжений приходится на середину режущей пластины. Это приводит к возникновению микротрещин, которые переходят в макротрещины и приводят к разрушению твердосплавной режущей пластины.

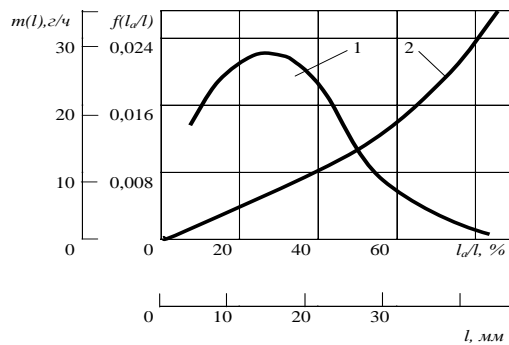


Рис. 3 – Плотность распределения относительной длины $f(l_a/l)$ режущей кромки (1) и зависимость удельного расхода m твердого сплава от длины l пластины (2); l_a – длина активной части режущей кромки; l – длина режущей кромки

При снятии больших сечений среза при нагружении $1/3$ длины режущего лезвия свободный конец витка стружки упирается в заднюю поверхность режущего лезвия резца, разрушая ее ненагруженную часть, что приводит к уменьшению числа переточек и увеличению расхода твердого сплава.

Это хорошо видно из графика зависимости расхода твердого сплава от длины режущей кромки твердосплавной пластины (рис. 3, кривая 2). С учетом анализа особенностей обработки на тяжелых станках целесообразно работать при использовании $3/4$ длины режущей кромки пластины.

Следовательно, можно сделать общий вывод: на тяжелых токарных станках необходимо иметь широкую номенклатуру твердосплавных пластин, а конструкция инструмента должна быть модульной для быстрой смены инструмента в зависимости от величины снимаемого припуска.

Для обеспечения наибольшей эффективности работы системы блочно-модульного инструмента и разработки регламентов его эксплуатации необходимо учитывать не только процесс резания, но и вспомогательное время.

Поэтому анализ условий необходимо начинать с анализа структуры времени обработки деталей на тяжелых токарных станках.

В результате анализа статистических данных, учета работы оборудования было получено отношение среднего основного времени T_o к штучному $T_{шт}$ для тяжелых токарных станков равно $0,6 \div 0,8$.

Процесс обработки в значительной мере требует времени, прямо не связанного с резанием, т.е. вспомогательного времени.

Анализ статистических данных по эксплуатации тяжелых токарных станков разных типоразмеров [3, 8, 15] показал, что в структуре времени обработки деталей на этих станках кроме основного времени имеет место – время замены детали, замена инструмента в результате отказа, замена инструмента в результате появления неудовлетворительной

стружки, контроль детали и управление станком (рис.4).

Процесс резания чередуется с операциями обслуживания технологической системы, т.е. процесс перехода системы из состояния резания в состояние восстановления. Этот процесс можно представить в виде графа состояний технологической системы (рис. 5).

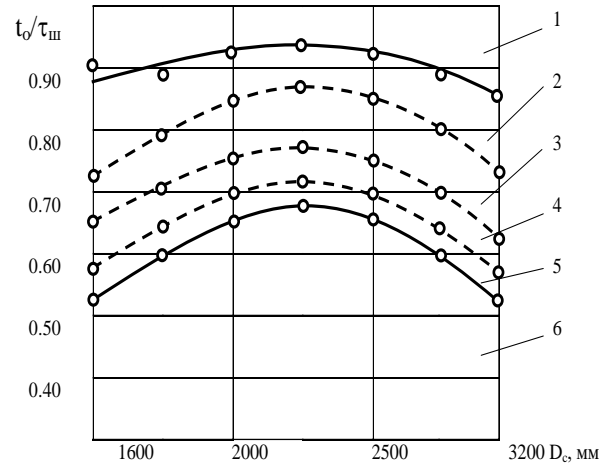


Рис. 4 – Структура времени в зависимости от размера станка (500 данных), 1 – замена детали; 2 – подналадка инструмента; 3 – замена инструмента в результате отказа; 4 – замена инструмента, в результате появления неудовлетворительной стружки; 5 – контроль размеров детали; 6 – резание

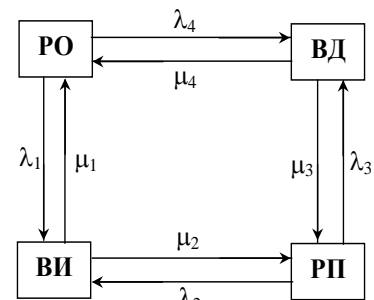


Рис. 5 – Граф переходов между состояниями (PO – резание до отказа инструмента; PP – резание до конца перехода; VI – восстановление в связи со сменой инструмента; VD – восстановление в связи со сменой детали)

Интенсивности перехода из состояния резания в состояние восстановления и обратно равны:

$$\lambda_1 = \frac{1}{T}, \quad \lambda_2 = \frac{1}{T_{пер}}, \quad \mu_1 = \frac{1}{T_B}, \quad \mu_2 = \frac{1}{T_{ВП}}, \quad (2)$$

где, T – стойкость инструмента до возникновения отказа; $T_{пер}$ – стойкость инструмента до окончания перехода; $T_{ВП}$ – время восстановления технологической системы в связи с настройкой на новый переход; T_B – время восстановления в связи с отказом инструмента.

Анализируя статистические данные о состоянии технологической системы, можно определить

вероятность нахождения ТС в соответствующем

$$\begin{cases} P_P \lambda_1 + P_P \lambda_2 = P_B \mu_1 + P_{ВП} \mu_2; \\ P_P \lambda_1 = P_B \mu_1; \\ P_P \lambda_2 = P_{ВП} \mu_2, \end{cases} \quad (3)$$

где, P_P – вероятность процесса резания; P_B – вероятность восстановления в связи с отказом инструмента; $P_{ВП}$ – вероятность восстановления в связи с настройкой на новый переход.

Для любого момента времени состояние технологической системы можно представить как: $P_P + P_B + P_{ВП} = 1$. Тогда вероятность резания будет равна:

$$P_P = \frac{1}{1 + \frac{T_B}{T} + \frac{T_{ВП}}{T_{ПЕР}}} \quad (4)$$

Процесс перехода из состояния в состояние показан в виде графа и описан уравнениями (3).

Выводы. Блочно-модульный принцип построения компоновки инструмента наиболее эффективен для тяжелых токарных станков, где в основном применяются инструменты, имеющие большие габариты $H \times B \times L = 80 \times 80 \times 1000$ мм и массу более 15 кг, что делает трудоемким смену и переналадку инструмента на новую операцию. Блочно-модульный принцип компоновки, с относительно ограниченным комплектом модулей, позволяет создавать без серьезных дополнительных затрат широкую номенклатуру систем инструмента, наиболее приспособленных к конкретным требованиям производства. Показано, что на тяжелых станках при черновом и получистовом точении, на экономически целесообразных режимах резания, доля поломок по сечению пластины колеблется от 20% до 40% от всех видов отказов. Анализ структуры отказов позволяет наметить конструктивные и технологические мероприятия по повышению прочности и надежности инструмента.

Список литературы:

1. Грабченко А.И. *Системные принципы создания агрегатно-модульного инструмента и оптимизации рабочего процесса* [Текст] / А.И. Грабченко, Е.В. Мироненко // Резание и инструмент в технологических системах. – Межд. научн. – техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2003. – Вып. 64. – С. 47 – 52.: ил.
2. Драчев О.И. *Автоматическое управление процессом точения маложестких деталей* [Текст] / О.И. Драчев, А.Н. Кравцов; ВолгГТУ – Тольятти: ЗАО «ОНИКС», 2012 – 250 с.: ил., табл.; – (Серия: Управление качеством технологических процессов в машиностроении / Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева).
3. Драчев О.И. *Обеспечение эксплуатационных свойств изделий при автоматизированном проектировании* [Текст] / О.И. Драчев, А.Н. Кравцов, Н.В. Кравцов; Закрытое акционерное об-во «ОНИКС» (Об-ние науч., инженерных и коммерческих структур) – Ирбит: ОНИКС, 2011 – 257 с.: ил., табл.; (Серия: «Автоматизированное проектирование и автоматизация производственных процессов» / Под ред. Ю.М. Соломенцева)
4. Кравцов А.Н. *Моделирование технологического обеспечения производственно-технических характеристик блочно-модульных инструментов на основе системной оптимизации* [Текст] / А.Н. Кравцов, Н.В. Кравцов // Проблемы проектирования и автоматизации машиностроительных производств: сборник научных трудов. – Волгоград: ВолгГТУ,

состоянии и представить в виде системы уравнений:

- Тольятти: Ирбит: ЗАО «ОНИКС», 2013. – 208 с.: ил., табл.; – (Серия: Управление качеством технологических процессов в машиностроении / Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева) (С. 122 – 141).
5. Кравцов А.Н. *Обеспечение эксплуатационных свойств поверхностей деталей с применением функционально-стоимостного анализа при многокритериальной регламентации параметров их поверхностного слоя* [Текст] / А.Н. Кравцов // Проблемы проектирования и автоматизации машиностроительных производств: сборник научных трудов. – Волгоград: ВолгГТУ, Тольятти: Ирбит: ЗАО «ОНИКС», 2013. – 208 с.: ил., табл.; – (Серия: Управление качеством технологических процессов в машиностроении / Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева) (С. 189 – 201).
 6. Кравцов А.Н. *Обеспечение эксплуатационных свойств поверхностей деталей с применением функционально-стоимостного анализа при многокритериальной регламентации параметров их поверхностного слоя* [Текст] / А.Н. Кравцов // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. Сборник научных трудов. – Краматорск, вып. №31, 2012. – 276 с.
 7. Кравцов А.Н. *Эксплуатационные свойства поверхностей деталей блочно-модульных токарных резцов и их обеспечение* [Текст] / А.Н. Кравцов // Вестник НТУУ «Киевский политехнический институт»: Машиностроение. № 66, 2012 (с. 56 – 62).
 8. 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).
 9. Кравцов А.Н. *Геометрическое моделирование взаимосвязи эксплуатационных свойств поверхностей деталей блочно-модульных токарных резцов с их показателями качества при помощи теории графов* [Текст] / А.Н. Кравцов // Журнал "Вектор науки ТГУ". № 3 (21), 2012 (с. 89 – 93).
 10. Кравцов А.Н. *Обеспечение эксплуатационных свойств поверхностей деталей блочно-модульных токарных резцов* [Текст] / А.Н. Кравцов // Журнал "Вектор науки ТГУ". № 2 (20), 2012 (с. 33 – 37).
 11. Кравцов А.Н. *Моделирование технологического обеспечения эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин* [Текст] / А.Н. Кравцов, Н.В. Кравцов; науч. ред. О.И. Драчев; Закрытое акционерное об-во «ОНИКС» (Об-ние науч., инженерных и коммерческих структур) – Изд. 2-е, испр., перераб. и доп. – Тольятти: ЗАО «ОНИКС», 2012 – 293 с.: ил., табл.; – (Серия: Управление качеством технологических процессов в машиностроении / общ. ред. Ю.М. Соломенцев)
 12. 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. – 267 с.
 13. Крамарь В.А. *Вопросы прикладной математики в проектировании и автоматизации производственных процессов*: Учебн. Пособие [Текст] / В.А. Крамарь, О.И. Драчев, А.Н. Кравцов; Закрытое акционерное об-во «ОНИКС» (Об-ние науч., инженерных и коммерческих структур). – Ирбит: Оникс, 2011. – 176 с.
 14. Митрофанов В.Г. *Моделирование и управление движениями формообразования при механической обработке* [Текст] / Митрофанов В.Г. [и др.]; Закрытое акционерное об-во «ОНИКС» (Об-ние науч., инженерных и коммерческих структур); – Ирбит: ОНИКС, 2011 – 239 с. (Сер.: «Автоматизированное проектирование и автоматизация производственных процессов» / Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева)
 15. Тисенко В.Н. *Инструментальные средства менеджмента* [Текст] / В.Н. Тисенко [и др.]; Закрытое акционерное об-во «ОНИКС» (Об-ние науч., инженерных и коммерческих структур); – Тольятти: ЗАО «ОНИКС», 2012 – 217 с.

References (transliterated)

1. Grabchenko A.I. *Sistemye principy` sozdaniya agregatno-modul'nogo instrumenta i optimizacii rabocheho protsessa* [Tekst] / A.I. Grabchenko, E.V. Mironenko // Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh. – Mezhd. nauchn. – tekhn. sbornik. – Khar'kov: NTU «KhPI». 2003. – Vy`p. 64. – S. 47 – 52.: il.
2. Drachev O.I. *Avtomaticheskoe upravlenie protsessom tocheniya malozhestkikh detalej* [Tekst] / O.I. Drachev, A.N. Kravczov; VolgGTU – Tol'yatti: ZAO «ONIKS», 2012 – 250 s.: il., tabl.; – (Seriya: Upravlenie kachestvom tekhnologicheskikh protsessov v mashinostroenii / Pod obshh. red. Yu.M. Solomenczeva).
3. Drachev O.I. *Obespechenie e`kspluatatsionny`kh svoystv izdelij pri avtomatizirovannom proektirovanii* [Tekst] / O.I. Drachev, A.N. Kravczov, N.V. Kravczov; Zakry`toe akcionernoe ob–vo "ONIKS" (Ob–nie nauch., inzhenerny`kh i kommercheskikh struktur) – Irbit: ONIKS, 2011 – 257 s.: il., tabl.; (Seriya: «Avtomatizirovannoe proektirovanie i avtomatizaciya proizvodstvenny`kh protsessov» / Pod red. Yu.M. Solomenczeva)
4. Kravczov A.N. *Modelirovanie tekhnologicheskogo obespecheniya proizvodstvenno–tekhnicheskikh kharakteristik blochno–modul'ny`kh instrumentov na osnove sistemoj optimizacii* [Tekst] / A.N. Kravczov, N.V. Kravczov // Problemy` proektirovaniya i avtomatizacii mashinostroitel'ny`kh proizvodstv: sbornik nauchny`kh trudov. – Volgograd: VolgGTU, Tol'yatti: Irbit: ZAO «ONIKS», 2013. – 208 s.: il., tabl.; – (Seriya: Upravlenie kachestvom tekhnologicheskikh protsessov v mashinostroenii / Pod obshh. red. Yu.M. Solomenczeva) (S. 122 – 141).
5. Kravczov A.N. *Obespechenie e`kspluatatsionny`kh svoystv poverkhnostej detalej s primeneniem funktsional'no–stoimostnogo analiza pri mnogokriterial'noj reglamentacii parametrov ikh poverkhnostnogo sloya* [Tekst] / A.N. Kravczov // Problemy` proektirovaniya i avtomatizacii mashinostroitel'ny`kh proizvodstv: sbornik nauchny`kh trudov. – Volgograd: VolgGTU, Tol'yatti: Irbit: ZAO «ONIKS», 2013. – 208 s.: il., tabl.; – (Seriya: Upravlenie kachestvom tekhnologicheskikh protsessov v mashinostroenii / Pod obshh. red. Yu.M. Solomenczeva) (S. 189 – 201).
6. Kravczov A.N. *Obespechenie e`kspluatatsionny`kh svoystv poverkhnostej detalej s primeneniem funktsional'no–stoimostnogo analiza pri mnogokriterial'noj reglamentacii parametrov ikh poverkhnostnogo sloya* [Tekst] / A.N. Kravczov // Nadezhnost' instrumenta i optimizaciya tekhnologicheskikh sistem. Sbornik nauchny`kh trudov. – Kramatorsk, vy`p. #31, 2012. – 276 s.
7. Kravczov A.N. *E`kspluatatsionny`e svoystva poverkhnostej detalej blochno–modul'ny`kh tokarny`kh rezczov i ikh obespechenie* [Tekst] / A.N. Kravczov // Vestnik NTUU «Kievskij politekhnicheskij institut»: Mashinostroenie. # 66, 2012 (s. 56 – 62).
8. Kravczov N.V. *Kompleksny`e parametry` sostoyaniya poverkhnostej detalej blochno–modul'ny`kh tokarny`kh rezczov* [Tekst] / N.V. Kravczov, A.N. Kravczov // Zhurnal «Omskij nauchny`j vestnik». Seriya: Pribory`, mashiny` i tekhnologii. # 3 (113). – Omsk: Izd–vo OmGTU, 2012 (s. 162 – 166).
9. Kravczov A.N. *Geometricheskoe modelirovanie vzaimosvyazi e`kspluatatsionny`kh svoystv poverkhnostej detalej blochno–modul'ny`kh tokarny`kh rezczov s ikh pokazatelyami kachestva pri pomoshhi teorii grafov* [Tekst] / A.N. Kravczov // Zhurnal "Vektor nauki TGU". # 3 (21), 2012 (s. 89 – 93).
10. Kravczov A.N. *Obespechenie e`kspluatatsionny`kh svoystv poverkhnostej detalej blochno–modul'ny`kh tokarny`kh rezczov* [Tekst] / A.N. Kravczov // Zhurnal "Vektor nauki TGU". # 2 (20), 2012 (s. 33 – 37).
11. Kravczov A.N. *Modelirovanie tekhnologicheskogo obespecheniya e`kspluatatsionny`kh svoystv poverkhnostej detalej mashin* [Tekst] / A.N. Kravczov, N.V. Kravczov; nauch. red. O.I. Drachev; Zakry`toe akcionernoe ob–vo "ONIKS" (Ob–nie nauch., inzhenerny`kh i kommercheskikh struktur) – Izd. 2–e, ispr., pererab. i dop. – Tol'yatti: ZAO "ONIKS", 2012 – 293 s.: il., tabl.; – (Seriya: Upravlenie kachestvom tekhnologicheskikh protsessov v mashinostroenii / obshh. red. Yu.M. Solomenczev)
12. Kravczov A.N. *Obespechenie e`kspluatatsionny`kh svoystv poverkhnostej detalej pri izgotovlenii* [Tekst] / A.N. Kravczov, N.V. Kravczov; Zakry`toe akcionernoe ob–vo "ONIKS" (Ob–nie nauch., inzhenerny`kh i kommercheskikh struktur) – Irbit: ONIKS, 2011. – 267 s.
13. Kramar` V.A. *Voprosy` prikladnoj matematiki v proektirovanii i avtomatizacii proizvodstvenny`kh protsessov: Uchebn.* Posobie [Tekst] / V.A. Kramar`, O.I. Drachyov, A.N. Kravczov; Zakry`toe akcionernoe ob–vo "ONIKS" (Ob–nie nauch., inzhenerny`kh i kommercheskikh struktur). – Irbit: Oniks, 2011. – 176 s.
14. Irbit: ONIKS, 2011 – 239 s. (Ser.: «Avtomatizirovannoe proektirovanie i avtomatizaciya proizvodstvenny`kh protsessov» / Pod obshh. red. Yu.M. Solomenczeva)
15. Tisenko V.N. *Instrumental'ny`e sredstva menedzhmenta* [Tekst] / V.N. Tisenko [i dr.]; Zakry`toe akcionernoe ob–vo "ONIKS" (Ob–nie nauch., inzhenerny`kh i kommercheskikh struktur); – Tol'yatti: ZAO «ONIKS», 2012 – 217 s.

Поступила (received) 05.04.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мироненко Євген Васильович (Мироненко Евгений Васильевич, Mironenko Evgeniy Vasilyevich) – декан, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, тел.: (050)-604-4967; e-mail: evgeny.mironenko@dgma.donetsk.ua;

Ковалев Віктор Дмитрієвич (Ковалев Виктор Дмитриевич, Kovalev Victor Dmitrievich) – ректор, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, тел.: (095)-398-9725; e-mail: kovalov.viktor@gmail.com;

Васильченко Яна Василівна (Васильченко Яна Васильевна, Vasilchenko Yana Vasilievna) – завід. кафедри, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, тел.: (050)-814-7730; e-mail: wasilchenko.ua@gmail.com,;

Шапвалов Максим Валерійович (Шапвалов Максим Валерьевич, Sharovalov Maxim Valerevich) – кандидат технічних наук, кафедра комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, тел.: (066)-336-0808; e-mail: mntk.ddma@gmail.com