

Научноёмкие технологии в машиностроении. 2022. №9 (135). С. 26-37.

Science intensive technologies in mechanical engineering. 2022. №9 (135). P. 26-37.

Научная статья

УДК 621.91

doi: 10.30987/2223-4608-2022-9-26-37

Решение проблемы импортозамещения режущих инструментов на основе ускоренной диагностики физических параметров процесса резания

Владимир Федорович Макаров¹, д.т.н.,

Михаил Владимирович Песин², д.т.н.,

Ринат Саубанович Абзаев³, аспирант

^{1, 2, 3}Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

¹ makarovv@pstu.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

² m.pesin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0194-5965>

³ pineforest.car@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Аннотация. Рассмотрены проблемы, связанные с прекращением из-за санкций поставок импортного режущего инструмента из-за рубежа и возможностью полноценной замены этих инструментов на соответствующие режущие инструменты отечественного производства. Приведены результаты комплексных сравнительных исследований влияния на физические параметры резания геометрии, материала и покрытий режущих пластинок токарных резцов различных зарубежных фирм и аналогичных отечественных пластин Кировоградского завода твердых сплавов на режимах чистового, получистового и чернового точения с использованием центра компьютерной диагностики. Установлено, что по большинству параметров режущий инструмент отечественного производства не уступает лучшим зарубежным инструментам и может быть рекомендован в качестве замены на различных машиностроительных предприятиях России.

Ключевые слова: геометрия режущих пластинок, физические параметры, шум, вибрации, силы резания, шероховатость, сравнительная оценка

Благодарности: материал подготовлен в рамках научных исследований по договорам с предприятиями АО «ОДК Пермские моторы», АО «Редуктор ПМ» и АО «КЗТС», экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования компьютерного центра диагностики процессов резания ПНИПУ.

Для цитирования: Макаров В.Ф., Песин М.В., Абзаев Р.С. Решение проблемы импортозамещения режущих инструментов на основе ускоренной диагностики физических параметров процесса резания. // Научноёмкие технологии в машиностроении. – 2022. – №9 (135). – С. 26-37. doi: 10.30987/2223-4608-2022-9-26-37

Original article

Solving the problem of import substitution of cutting tools based on accelerated diagnostics of the physical parameters of the cutting process

Vladimir F. Makarov¹, Dr. Sc.Tech.,

Mikhail V. Pesin², Dr. Sc.Tech.,

Rinat S. Abzaev³, postgraduate student

^{1, 2, 3} Perm State Technical University, Perm, Russia

¹ makarovv@pstu.ru, ² m.pesin@mail.ru, ³ pineforest.car@yandex.ru

Annotation. The problems associated with the termination of the supply of imported cutting tools from abroad due to sanctions and the possibility of a full replacement of these tools with the corresponding cutting tools of domestic production are considered. Comprehensive comparative studies of the influence on the physical parameters of cutting of geometry, material and coatings of cutting inserts of turning tools of various foreign companies and similar domestic inserts of the Kirovgrad hard alloy plant in the modes of finishing, semi-finishing and rough turning using a computer diagnostics center have been carried out. It has been established that, in most parameters, the cutting tool of domestic production is not inferior to the best foreign tools and can be recommended as a replacement for various machine-building enterprises in Russia.

Keywords: blade geometry, physical parameters, noise, vibrations, cutting forces, roughness, comparative evaluation

Acknowledgments: The material was prepared as part of scientific research under contracts with the enterprises of JSC «UEC-Perm Motors», JSC «Reductor-PM» and JSC «KZTS», experimental studies were carried out using the equipment of the computer center for diagnosing cutting processes at PNRPU.

For citation: Makarov V.F., Pesin M.V., Abzaev R.F. Solving the problem of import substitution of cutting tools based on accelerated diagnostics of the physical parameters of the cutting process. / Science intensive technologies in Mechanical Engineering, 2022, no.8 (134), pp. 26-37. doi: 10.30987/2223-4608-2022-9-26-37

Введение

Проблемы импортозамещения режущего инструмента на различных машиностроительных предприятиях и на предприятиях авиационной, ракетно-космической и оборонной техники с каждым годом становятся все более актуальными. Здесь большое значение имеет введение экономических санкций зарубежными странами, ограничивающих поставки импортного режущего инструмента, который занимает до 80...90 % объема поставок на большинство российских машиностроительных предприятий для оснащения современных дорогостоящих импортных обрабатывающих центров и станков с ЧПУ.

Поэтому рассмотрение проблем импортозамещения и нахождение путей и способов замены на полноценный отечественный инструмент является сегодня важной актуальной задачей для российского машиностроения. К этим проблемам можно отнести следующие:

1) велики затраты предприятий на режущий инструмент импортного производства, стоимость которого в 4 – 5 раз выше стоимости отечественного аналогичного инструмента;

2) отсутствуют научно обоснованные предложения и рекомендации ученых и практиков по импортозамещению различных видов режущих инструментов;

3) не разработаны современные экспериментальные методики по ускоренному выбору эффективного инструмента для различного вида обработки различных материалов;

4) существующие методики выбора режущего инструмента имеют значительные недостатки: большие материальные и временные затраты не дают полную объективную оценку эффективности работы режущих инструментов;

5) введение очередных санкций на прекращение поставки импортных режущих инструментов может значительно затруднить работу машиностроительных предприятий в РФ.

Сегодня в мире существует множество фирм, занимающихся разработкой и поставкой твер-

досплавных режущих инструментов и связанных с ними приспособлений для механической обработки. Работоспособность таких инструментов различна. Фирмы утверждают, что пластины именно их производства обеспечат повышение производительности и эффективности производства, предлагая новые разнообразные продукты и услуги, которые сокращают время и затраты на изготовление деталей. Но до настоящего времени практически никто не проводил сравнительных исследований эффективности применения пластинок различных фирм.

Сегодня в России имеется ряд инструментальных предприятий, выпускающих различные виды режущих инструментов, зачастую не уступающим импортным. Среди них нужно отметить Кировградский завод твердых сплавов, Серпуховский инструментальный завод «Твинтос», ООО «Вириал» г. С-Петербург, Свердловский инструментальный завод, Томский инструментальный завод, завод СКИФ (Белгород), завод ТСМ (Ульяновск) и др. Однако большинство машиностроительных предприятий в РФ ориентируются в основном на импортный инструмент, как более качественный, по их мнению, и более надежный и стойкий.

В связи с этим в стране проводятся многочисленные сравнительные испытания отечественных и импортных инструментов по различным методикам [1 – 5]. В результате проведенного анализа установлены следующие наиболее распространенные методики выбора лучшего режущего инструмента.

1. Метод рейтинговых оценок находит наибольшее применение на предприятиях - оценка надежности, цены, качества, условий платежа и т.п. Достоинства метода в том, что он прост, не требует сложных вычислений. Не требуется большого количества времени для реализации метода. Недостатки метода в том, что он не дает возможность выбрать эффективный инструмент (сменную многогранную пластину (СМП)) для какого-либо вида обработки.

2. Метод определения эффективности СМП

по исследованию износа инструмента. Обычно осуществляются в лабораторных условиях на предприятиях или в учебных заведениях. Достоинства метода в том, что метод достаточно прост, осуществляется на заранее выбранных режимах. Проводят обработку по времени или по количеству деталей, после которой замеряют износ. За наиболее эффективную принимается та СМП, износ которой будет наименьший. Недостатки метода большие временные и материальные затраты [4].

3. Метод измерения температуры в зоне резания. Проводится обычно в лабораторных условиях. Фиксируется температура в зоне резания в процессе резания различными СМП. Наименьшая температура соответствует более эффективной СМП. Недостатки метода в том, что он достаточно сложный и долгий, метод не дает точной оценки эффективности при использовании СОЖ [5, 6].

4. Метод определения эффективности СМП по силам и мощности резания. Метод основан на том, что измеряются силы резания P_x , P_y , P_z и мощность резания. В результате эффективной СМП является та пластинка, силы и мощность резания при которой оказались наименьшие. Недостатком метода является то, что нужно большое количество времени и материальных затрат при оценке влияния износа на рост сил резания [5, 6].

5. Метод оценки процессов стружкообразования, стружкозавивания и стружколомания. Принимается лучшей та СМП, которая обеспечивает более благоприятные условия стружкообразования на станках автоматах и на обрабатывающих центрах в условиях безлюдного производства [2, 5].

На основании проведенного анализа различных методик установлено, что в связи с широким применением цифровых технологий при мехобработке наиболее объективной представляется методика, основанная на сравнительной компьютерной диагностике таких физических параметров процесса резания, как сила резания, температура, шум, вибрации и мощность резания в зависимости от режима резания, материала и геометрии инструмента. Известно, что все эти физические параметры процесса резания изменяются в процессе износа и разрушения режущих инструментов и могут служить косвенными показателями эффективности их работы. Экспериментально доказано, что наиболее высокую стойкость имеют пластины, создающие в зоне резания минимальные

значения температуры резания, вибрации, шума резания, мощности и силы резания [7].

Методика сравнительных экспериментальных исследований

На кафедре ИТМ в ПНИПУ проведены сравнительные комплексные исследования влияния конструкции, марки инструментальных материалов режущих пластин различных ведущих зарубежных и отечественных фирм, режимов резания на изменение физических параметров резания при точении конструкционных углеродистых и нержавеющей сталей [7 - 9]. Для этого выбраны четыре наиболее известных зарубежных производителей режущих пластин для токарной обработки: Sandvic Coromant (Швеция), SECO (Швеция), Kennametal (США), Pramet (Чехия) и отечественного производителя инструментов Кировградского завода твердых сплавов КЗТС (Россия).

Для сравнительных экспериментальных исследований использовался специально разработанный в ПНИПУ компьютерный центр диагностики процесса резания (рис. 1) [8].

В состав комплексного центра входят следующие измерительные элементы:

1. Динамометр УДМ 600 с тензотрическими датчиками по трем осям – обеспечивает измерение составляющих сил резания P_z , P_x , P_y .

2. Пирометр (бесконтактный датчик температуры), искусственные и естественные термодпары - позволяет проводить как дистанционное измерение температуры режущего инструмента, так и измерение термо-ЭДС контакта резца и заготовки.

3. Датчик стационарного контроля мощности - предназначен для измерения активной мощности работающего оборудования.

4. Датчики вибрации ВД-03 - предназначены для измерения скорости и ускорения вибрации режущего инструмента.

5. Измеритель шума - электретный микрофон предназначен для измерения характеристик шума резания в процессе трения, деформации, сдвига и формирования элементов стружки.

6. Датчик фактических оборотов шпинделя станка.

7. Усилитель аналоговых сигналов из зоны резания.

8. Крейт - предназначен для коммутации входных сигнальных линий, платы аналоговой фильтрации, выходных сигнальных ли-

ний, АЦП, обеспечения их электропитанием.

9. Плата аналоговой фильтрации – предназначена для выделения диапазона частот, необходимого для оцифровки сигналов вибрации.

10. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) – предназначен для преобразования аналоговых сигналов в цифровой вид.

11. Пульт управления системой регистрации и контроля параметров оборудования включает в себя персональный компьютер,

который через АЦП производит регистрацию, анализ и обработку технических параметров оборудования.

Система регистрации и анализа сигналов представляет собой специально разработанную цифровую программу, которая выполняет регистрацию, обработку и оценку сигналов от датчиков, с отображением одновременно всех восьми результатов исследований на мониторе для оповещения персонала (рис. 2).

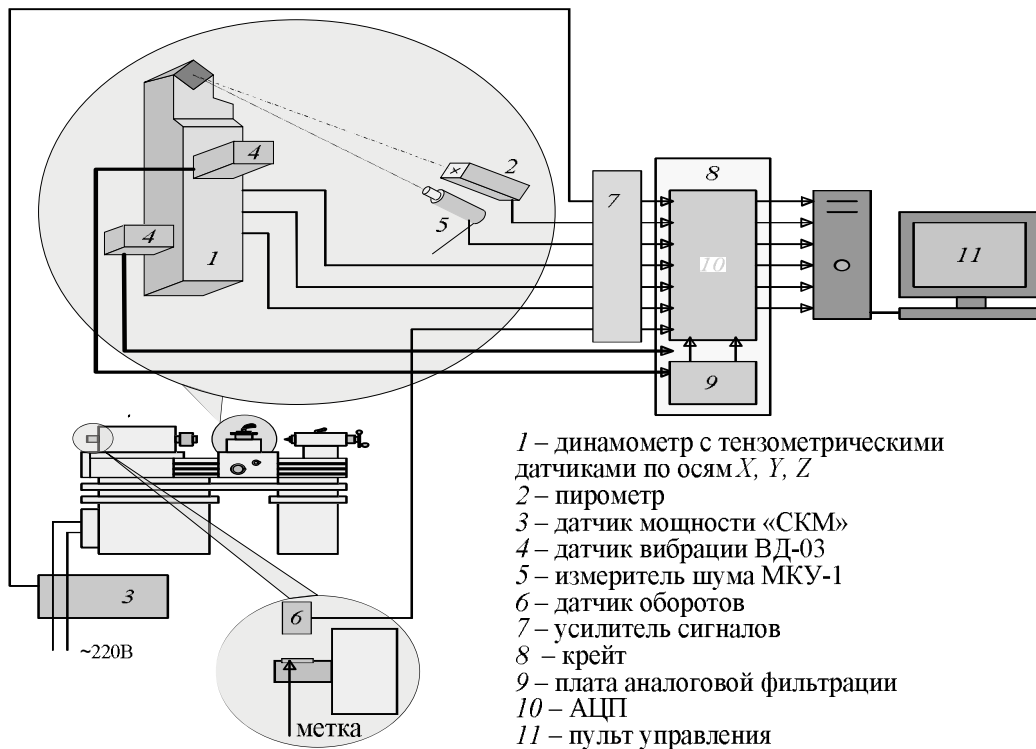
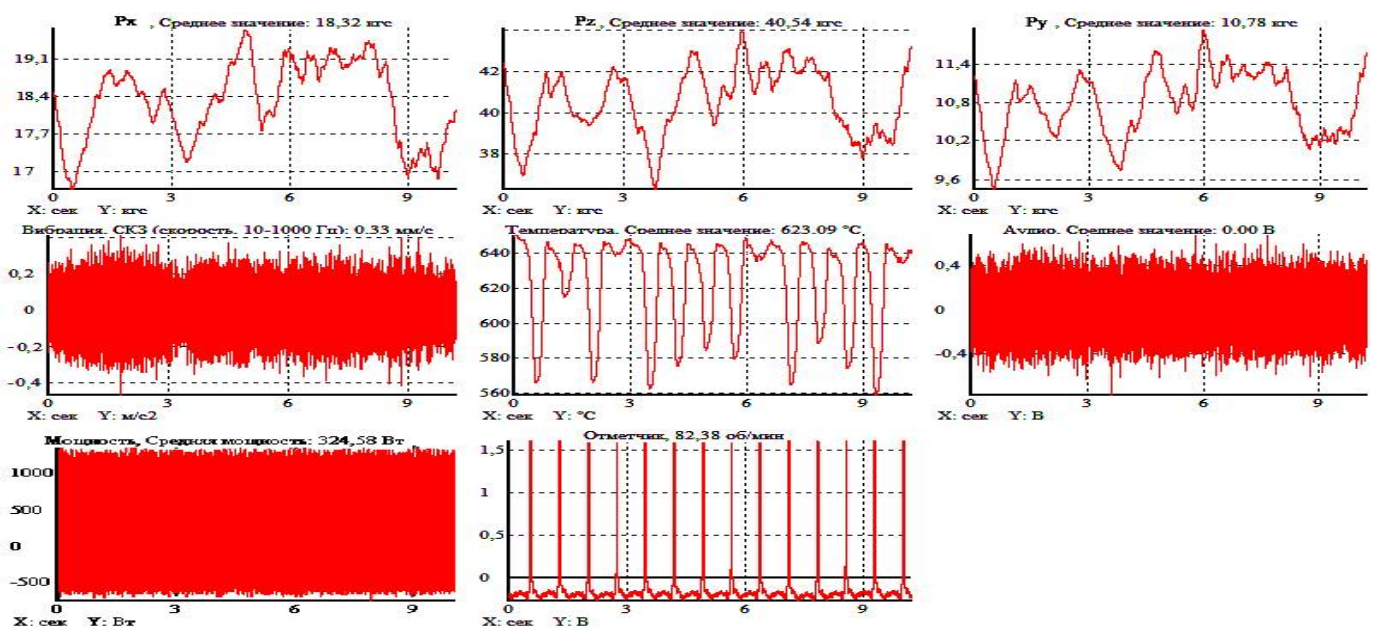


Рис. 1. Схема стенда компьютерной диагностики процесса резания



Полученные цифровые данные по каждому физическому параметру резания обрабатывались с помощью специальной компьютерной программы Камертон и представлялись на графиках в виде гистограмм сравнительных величин.

На первом этапе исследований на компьютерном центре устанавливалась взаимосвязь между величиной износа режущих инструментов по задней грани и изменением основных физических параметров процесса резания – силой, температурой, шумом, вибрацией и мощностью резания [8]. В результате исследований установлено, что увеличение износа режущего инструмента в пределах от 0,005 мм до 0,6 мм приводит к росту всех показателей величин физических параметров процесса резания. Среди всех исследуемых параметров физических величин наиболее значимыми, напрямую зависящими от износа инструмента, оказались показатели шума и вибрации процесса резания. Кроме того, получены эмпирические математические модели, устанавливающие зависимость исследуемых физических параметров от изменения режима резания: скорости, подачи и глубины резания.

Сравнительные экспериментальные исследования режущих пластин различных фирм проводились при точении с использованием державки DCLNR 2525 M12 (где $l_1 = 150$ мм; $l_2 = 32,1$ мм; $f = 32$ мм; $h = 25$ мм; $b = 25$ мм) на универсальном токарно-винторезном станке мод. 16K20.

В качестве обрабатываемых материалов для

исследований выбраны представители наиболее широко применяемых в машиностроении материалов группы Р и группы М по стандарту ИСО из углеродистой стали 45 и нержавеющей стали 30X13. Обрабатывались заготовки диаметром 80 мм; длиной 350 мм и твердостью 170 НВ. Длина рабочего хода инструмента: $L = 210$ мм. Время обработки и записи данных по каждому варианту исследований составляло 40...50 с. Обработка проводилась без применения СОЖ.

На основании каталогов представленных фирм [10] проведен анализ рекомендаций каждой фирмы по выбору форм, геометрии и материала режущих пластин, а также анализ предложений по выбору режимов резания для чистовой, получистовой и черновой обработки точением. В результате анализа выбрана наиболее распространенная пластинка из твердых сплавов формы С – ромбик 80° без заднего угла с длиной режущих кромок – 12 мм, толщиной пластины – 4,76 мм и радиусом – 0,4 мм: CNMG 120404.

Для чистовой, получистовой и черновой обработки указанных материалов каждая фирма применяла свой разработанный материал твердого сплава, свою оригинальную конструкцию передней поверхности пластинки со своим стружколомом и со своим покрытием. При выборе режимов резания все рекомендации инструментальных фирм, приведенных в каталогах, осреднялись для каждого вида обработки и назначались одинаковые средние значения скоростей, подач и глубин резания (табл. 1).

1. Осредненные режимы резания, выбранные по каталогам фирм для сравнительных исследований физических параметров процесса резания

Вид обработки точением	Скорость резания v , м/мин	Подача s , мм/об	Глубина резания t , мм
чистовая	410	0,25	1,0
получистовая	314	0,35	2,5
черновая	210	0,50	3,5

Результаты сравнительных экспериментальных исследований

Результаты обработки сравнительных данных эффективности работы режущих пластин зарубежных фирм Sandvic Coromant (Швеция),

SECO (Швеция), Kennametal (США), Pramet (Чехия) и отечественной фирмы КЗТС по физическим параметрам резания заготовок из стали 30X13 и стали 45 приведены в виде гистограмм на графиках (рис. 3 – рис. 11).

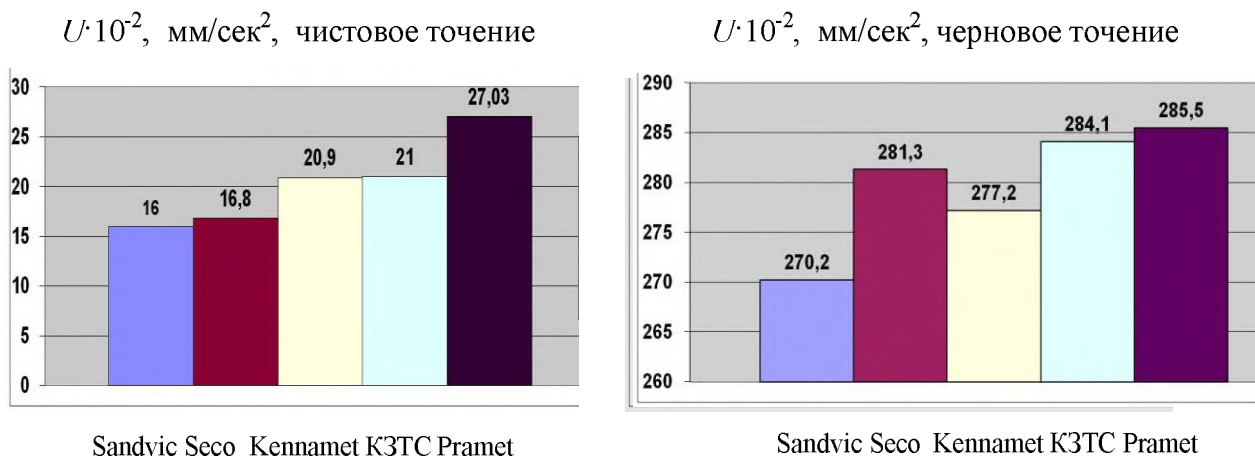


Рис. 3. Результаты сравнительных исследований изменений ускорения вибрации U (m/s^2) при резании режущими пластинами различных фирм при чистовом и черновом точении стали 30X13

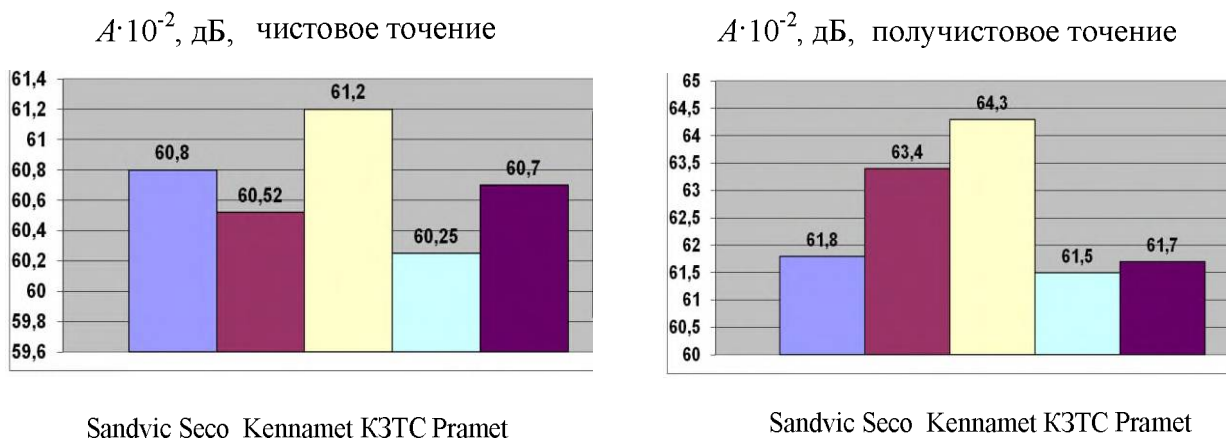


Рис. 4. Результаты сравнительных исследований шума резания режущими пластинами различных фирм при чистовом и получистовом точении стали 30X13

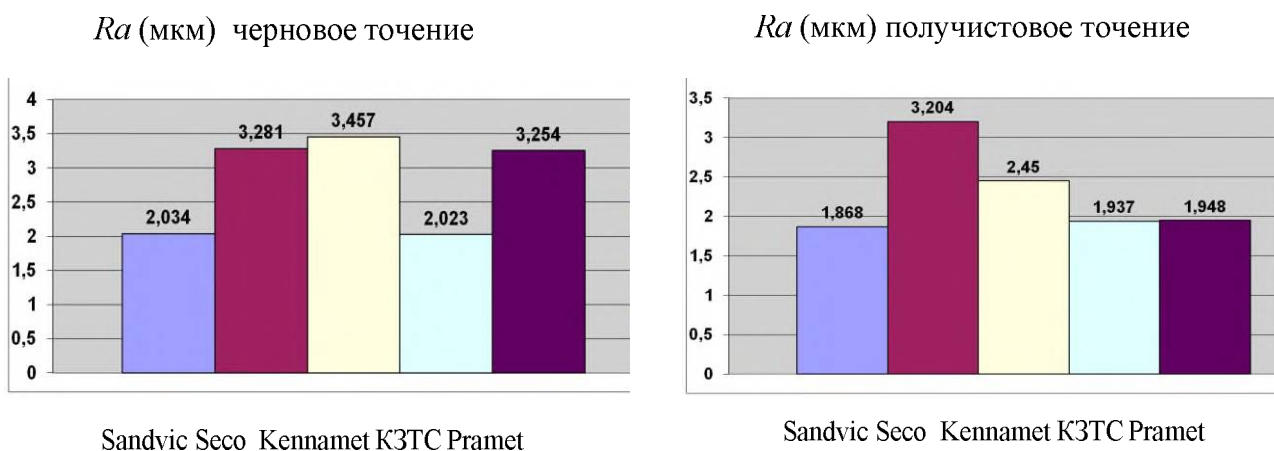


Рис. 5. Результаты сравнительных исследований шероховатости Ra (мкм) поверхностей заготовок, обработанных режущими пластинами различных фирм (1...5) при получистовом и черновом точении стали 30X13

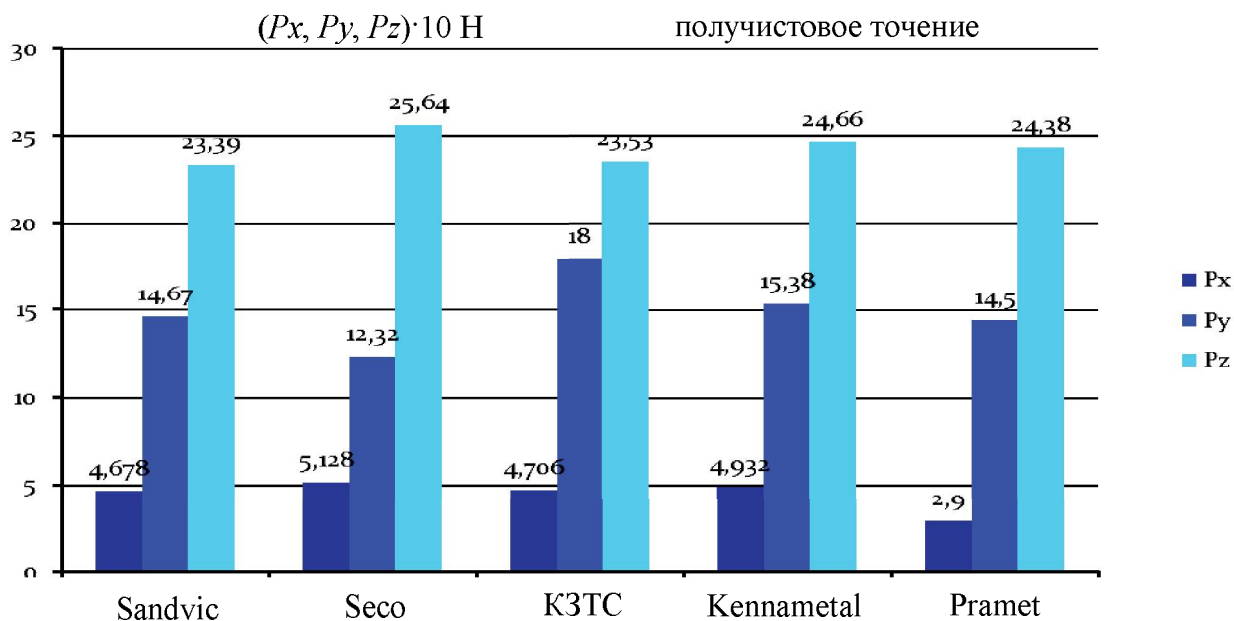


Рис. 6. Результаты сравнительных измерений составляющих силы резания P_x , P_y и P_z при полустиковом точении стали 30X13 режущими пластинами различных фирм

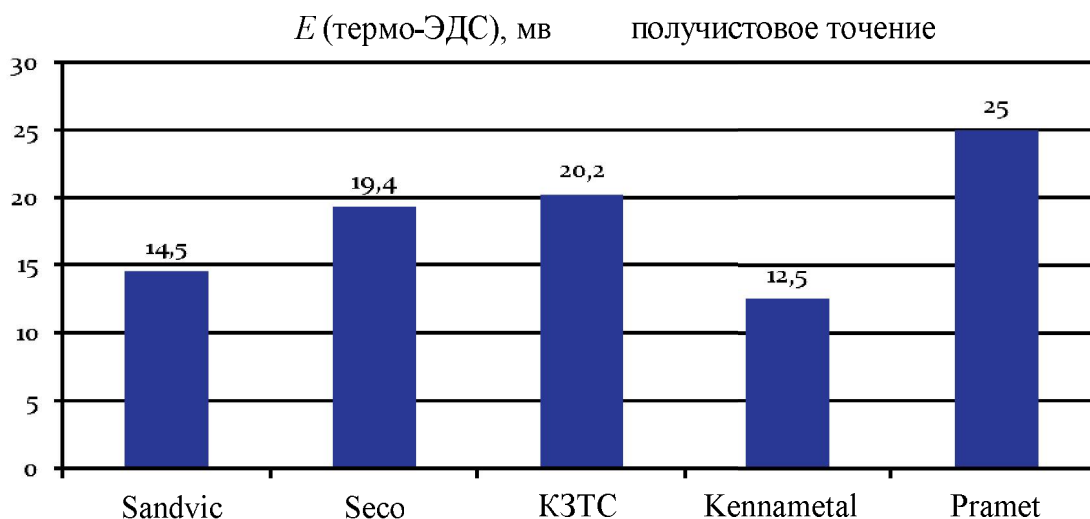


Рис. 7. Сравнительные результаты измерения температуры резания методом естественной термопары по термо-ЭДС (мВ) при полустиковом точении стали 20X13 пластинами различных фирм

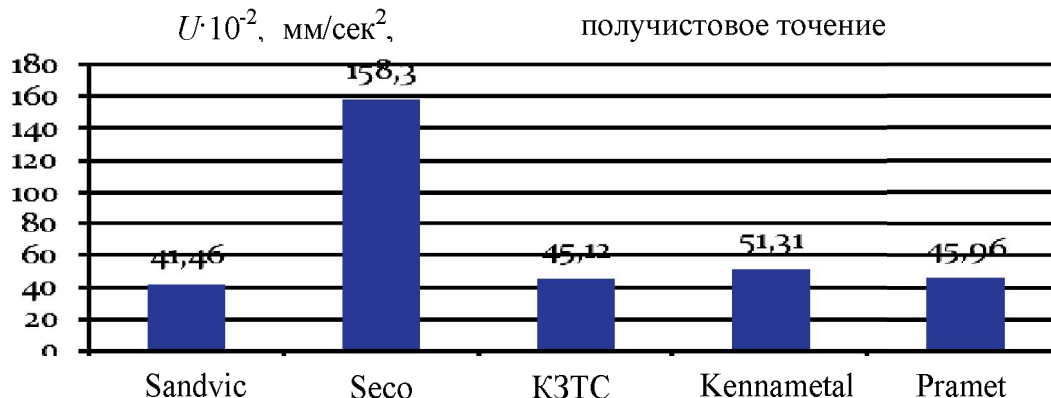


Рис. 8. Результаты сравнительных исследований ускорения вибрации при полустиковом точении стали 45 режущими пластинами различных фирм

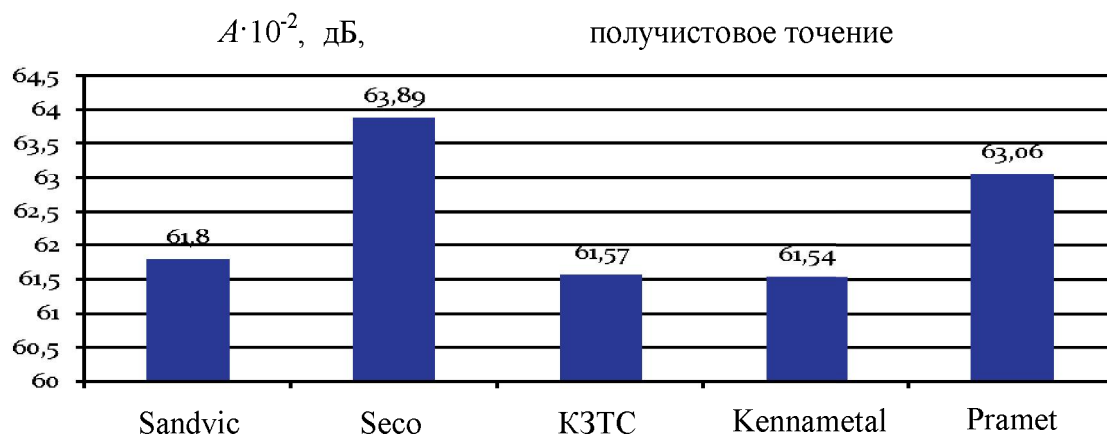


Рис. 9. Результаты сравнительных исследований шума резания режущими пластинами различных фирм при получистовом точении стали 45

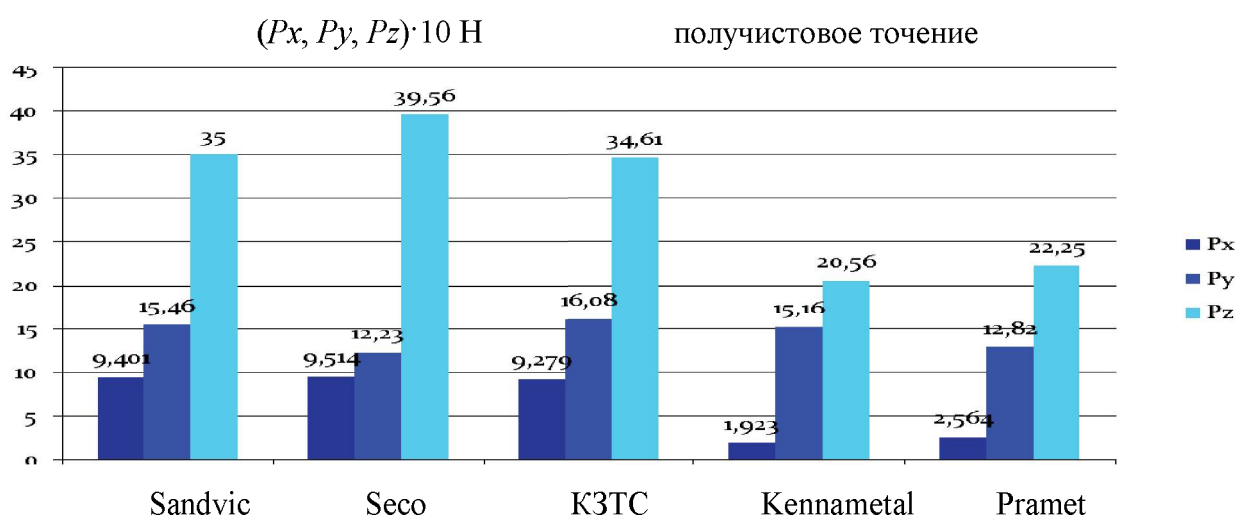


Рис. 10. Результаты сравнительных измерений составляющих силы резания P_x , P_y и P_z при получистовом точении стали 45 пластинами различных фирм

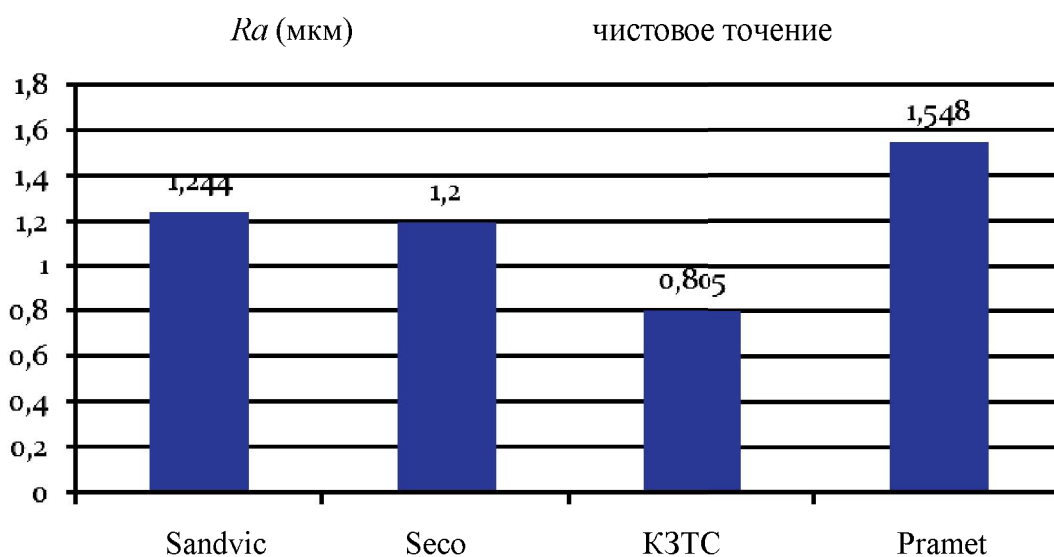


Рис. 11. Результаты сравнительных исследований шероховатости R_a (мкм) поверхностей заготовок, обработанных режущими пластинами различных фирм при чистовом точении стали 45

Результаты сравнительных экспериментальных исследований при точении стали 30X13

На рис. 3 приведены результаты сравнительных исследований ускорения вибрации при чистовом и черновом точении стали 30X13 режущими пластинами различных фирм.

На рис. 3 можно видеть, что при чистовом и черновом точении стали 30X13 пластины отечественного производителя КЗТС по уровню вибрации незначительно уступает пластинам Sandvic и Seco, однако находятся на уровне пластин Kennametal, и даже имеют меньший уровень вибрации, чем пластины Pramet. Известно [5, 6], что снижение уровня вибрации способствует снижению износа, хрупкого разрушения и обеспечивает более высокую стойкость режущих инструментов. На рис. 4 приведены сравнительные результаты исследования шума резания режущими пластинами различных фирм при чистовом и получистовом точении.

Анализ сравнительных данных (см. рис. 4) показал, что пластины КЗТС при обработке стали 30X13 имеет меньший уровень шума, чем все исследуемые зарубежные пластины как при чистовой, так и при получистовой обработке. Известно [6], что уменьшение шума резания и акустической эмиссии в зоне резания свидетельствует о более благоприятном процессе стружкообразования, меньшей упругой и пластической деформации в зоне резания и меньшей величине трения на передней и задней поверхностях инструментов. В свою очередь эти факторы способствуют значительному снижению износа и повышению эффективности работы режущих инструментов.

На рис. 5 приведены результаты сравнительных исследований шероховатости Ra (мкм) поверхностей заготовок, обработанных режущими пластинами различных фирм при получистовом и черновом точении стали 30X13.

Из графика на рис. 5 можно видеть, что отечественные режущие пластины КЗТС при черновой и получистовой обработке обеспечивают более благоприятный наименьший уровень шероховатости обработанной поверхности, также как и пластины известной зарубежной фирмы Sandvic (Швеция). Другие зарубежные фирмы Seco, Kennametal, Pramet имеют более высокий уровень шероховатости обработанной поверхности.

На рис. 6 представлены сравнительные данные по измерению составляющих силы резания P_x (первый столбик), P_y (второй столбик) и P_z (третий столбик) при получистовом точении стали 30X13 режущими пластинами различных фирм, указанных на графике.

В результате сравнения данных на рис. 6 установлено, что отечественные пластины КЗТС при получистовом точении стали 30X13 обеспечивают практически одинаковые результаты по величине P_z и P_y с фирмой Sandvic (Швеция) и снижение основной составляющей силы резания P_z на 5...10 % по сравнению с пластинами зарубежных фирм Seco, Kennametal и Pramet.

Известно [1, 2], что снижение сил резания способствует повышению износостойкости режущих инструментов. Аналогичные результаты по силам резания получены и при черновом точении.

На рис. 8 представлены сравнительные результаты измерения температуры резания методом естественной термопары по термоЭДС (мВ) при получистовом точении стали 30X13 пластинами различных фирм. В результате сравнения данных на рис. 8 установлено, что отечественные пластины КЗТС при получистовом точении стали 20X13 имеют более высокую температуру резания по сравнению с пластинами фирм Sandvic и Kennametal, сравнимую с пластинами Seco, но меньшую температуру резания, вызываемую пластинами фирмы Pramet (Чехия).

Результаты сравнительных исследований при точении стали 45

Аналогичные комплексные сравнительные исследования проведены и при обработке стали 45 режущими пластинами различных фирм. На рис. 8 приведены результаты сравнительных исследований скорости вибрации при получистовом точении стали 45 режущими пластинами различных фирм.

Анализ сравнительных данных на рис. 8 показал, что при получистовом точении стали 45 пластины отечественного производителя КЗТС по уровню вибрации находятся на уровне с зарубежными пластинами фирм Sandvic, Pramet и Kennametal, (Япония), и даже имеют в три раза меньший уровень вибрации, чем пластины Seco (Швеция). Известно [6], что снижение уровня вибрации способствует снижению износа, хрупкого разрушения и обеспечивает более высокую стойкость режущих инструментов.

На рис. 9 приведены результаты сравнительных исследований шума резания режущими пластинами различных фирм при получистовом точении стали 45 (дБ).

Анализ сравнительных данных (см. рис. 9) показал, что пластины КЗТС при получистовой обработке стали 45 имеют одинаковый уровень шума резания с пластинами зарубежных фирм Sandvic и Kennametal и ниже уровня шума резания, вызываемого пластинами фирм Seco (Швеция) и Pramet (Чехия).

Известно [6], что уменьшение шума резания и акустической эмиссии в зоне резания свидетельствует о более благоприятном процессе стружкообразования, меньшей упругой и пластической деформации в зоне резания и меньшей величине трения на передней и задней поверхностях инструментов. В свою очередь эти факторы способствуют значительному снижению износа и повышению эффективности работы режущих инструментов.

На рис. 10 представлены результаты сравнительных измерений составляющих силы резания P_x , P_y и P_z при получистовом точении стали 45 пластинами различных фирм. В результате сравнения данных, приведенных на рис. 10, установлено, что отечественные пластины КЗТС при получистовом точении стали 45 обеспечивают снижение основной составляющей силы резания P_z по сравнению с пластинами известных зарубежных фирм Sandvic и Seco, но превышают значения P_z при обработке пластинами Kennametal и Pramet.

Снижение действия силового фактора процесса резания при применении отечественных пластин КЗТС является важным показателем преимуществ в снижении износа и повышения стойкости пластин.

На рис. 11 приведены результаты сравнительных исследований шероховатости Ra (мкм) поверхностей заготовок, обработанных режущими пластинами различных фирм при чистовом точении стали 45.

Анализ приведенных на рис. 11 данных показал, что отечественные режущие пластины КЗТС при чистовой обработке обеспечивают наименьший уровень шероховатости обработанной поверхности, чем пластины зарубежных фирм Sandvic, Seco и Pramet. Эти результаты свидетельствуют о большей эффективности применения отечественных режущих пластин при чистовой обработке деталей из стали 45.

Обсуждение результатов исследований

Результаты сравнительных экспериментальных исследований физических и качественных параметров процессов точения стальных заготовок режущими пластинами зарубежных и отечественных фирм оценивались по пятибалльной системе, где по каждому исследуемому параметру определялось занятое место среди конкурирующих фирм и определялась общая сумма занятых мест каждой фирмой из пяти рассматриваемых при чистовом, получистовом и черновом точении. Результаты этих расчетов приведены в табл. 2.

2. Результаты расчетов суммарной эффективности процесса резания режущих пластин отечественных и зарубежных фирм при проведении сравнительных исследований

Вид точения	Инструментальная фирма	Сумма баллов при обработке стали 20X13	Сумма баллов при обработке стали 45
Чистовое	Сандвик Coromant (Швеция)	10	13
	Seco (Швеция)	13	12
	КЗТС (Россия)	12	11
	Pramet (Чехия)	15	14
Получистовое	Сандвик Coromant (Швеция)	7	13
	Seco (Швеция)	21	25
	КЗТС (Россия)	18	13
	Kennametal(США)	14	10
	Pramet (Чехия)	16	14
Черновое	Сандвик Coromant (Швеция)	14	12
	Seco (Швеция)	9	19
	КЗТС (Россия)	15	18
	Kennametal(США)	16	12
	Pramet (Чехия)	17	16

В результате анализа данных, приведенных в табл. 2, можно сделать следующие выводы:

1) при чистовом точении стали 20X13 режущие пластины отечественного производителя КЗТС по эффективности резания превзошли режущие пластины зарубежных фирм Pramet (Чехия) и Seco (Швеция), немного уступив фирме Sandvic Coromant (Швеция), а при чистовом точении стали 45 отечественные пластины КЗТС обошли всех зарубежных конкурентов, заняв по эффективности резания первое место;

2) при получистовом точении стали 20X13 режущие пластины отечественного производителя КЗТС по эффективности резания превзошли режущие пластины известной зарубежной фирмы Seco (Швеция), уступив фирмам Sandvic Coromant (Швеция), Kennametal (США) и Pramet (Чехия), а при получистовом точении стали 45 отечественные пластины КЗТС обошли зарубежных конкурентов Seco (Швеция), Pramet (Чехия), уступив фирме Kennametal (США) и сравнявшись по эффективности резания с Sandvic Coromant (Швеция) разделили с ней второе – третье место;

3) при черновом точении стали 20X13 режущие пластины отечественного производителя КЗТС по эффективности резания превзошли режущие пластины зарубежных фирм Kennametal (США) и Pramet (Чехия), уступив фирмам Seco (Швеция) и Sandvic Coromant (Швеция), а при черновом точении стали 45 отечественные пластины КЗТС обошли зарубежную фирму Seco (Швеция), уступив фирмам Sandvic Coromant (Швеция), Pramet (Чехия) и Kennametal (США).

Заключение

В результате проведенных сравнительных исследований эффективности резания режущими пластинами отечественных и зарубежных фирм можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что абсолютного лидера среди рассмотренных инструментальных фирм по эффективности резания стальных заготовок нет. Каждая фирма может иметь отдельные успехи и неудачи при различных видах точения различных сталей. Поэтому сравнительные испытания СМП различных производителей являются обязательным при внедрении новых техпроцессов и при замене импортных инструментов.

2. Установлено, что применение отечественных пластинок Кировградского завода твердых сплавов (Свердловская область) вместо им-

портных по параметрам качества обработанной поверхности, по физическим параметрам резания – силе и температуре резания, вибрации и шуму в зоне резания не уступает известным зарубежным фирмам, а иногда и превосходит их по режущим параметрам.

3. На основе предварительных исследований установлено, что снижение величин физических параметров в зоне резания – составляющих силы резания, температуры, шума и вибрации свидетельствует о более благоприятных условиях протекания процесса стружкообразования, уменьшении деформационных процессов, сил трения, обеспечения лучшего качества поверхностного слоя (снижения шероховатости).

4. В связи с этим, отечественные режущие пластины КЗТС могут быть эффективно применены для замены импортных режущих инструментов, тем более что и стоимость импортных инструментов выше отечественных в 3-4 раза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Безъязычный, В.Ф., Фоменко, Р.Н., Ятманова, Т.Д.** Разработка экспериментального стенда для определения эффективных режимов механической обработки резанием // Научно-технические технологии на современном этапе развития машиностроения: материалы 8 МНТК 19-21 мая 2016 г. – М.: Техполиграфцентр, 2016. – С. 25-27.

2. **Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования:** уч. пособ. / М.П. Козочкин и др. – М.: Инновационное машиностроение, 2017. – 240 с.

3. **Ингеманссон, А.Р.** Повышение эффективности обработки резанием за счет адаптивного управления в цифровых производственных системах // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2020. – № 4 (106). – С. 39-48.

4. **Козочкин, М.П., Сабиров, Ф.С.** Задачи технической диагностики при создании и эксплуатации технологического оборудования // Вестник УГАТУ. – 2012. – № 4. – С. 98-104.

5. **Динамометрическая система ускоренного определения режущих свойств инструмента** / С.В. Михайлов и др. // Справочник. Инженерный журнал. – 2015. – № 1. – С. 34-40.

6. **Горелов, В.А.** Автоматизированный многопараметровый стенд для экспресс-оптимизации режимов резания // Двигатель. – 2006. – №5 (47). – С. 12-13.

7. **Макаров, В.Ф., Абзаев, Р.С., Шохрин, А.В.** Разработка комплексного компьютерного центра диагностики процесса резания // Сб. трудов IV Межд. Н.Т.К «Современные проблемы машиностроения. Томск». – 2008. – С. 609-613.

8. **Макаров, В.Ф., Абзаев, Р.С., Истомин М.И.** Компьютерный центр диагностики процесса резания на станках с ЧПУ // Справочник. Инженерный журнал. – 2013. – №6 (195). – С. 33-37.

9. **Особенности диагностики процесса резания при сверлении композиционных материалов** / В.Ф. Макаров, И.И. Койнов и др. // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2016. – №12 (66). – С. 24-28.

10. Каталоги зарубежных фирм Sandvic Coromant (Швеция), SECO (Швеция), Kennametal (США), Pramet (Чехия) и отечественной фирмы КЗТС.

REFERENCES

1. Bezyazychny V.F., Fomenko R.N., Yatmanova T.D. Development of an experimental stand for determining the effective modes of machining // Science intensive technologies at the present stage of development of mechanical engineering: materials of 8 MNTK May 19-21, 2016, М.: Tekhpoligrafsentr, 2016. p. 25-27.

2. Diagnostics and certification of metal-cutting equipment: textbook / M.P. Kozochkin. M. Innovative engineering, 2017. 240 p.

3. Ingemansson A.R. Improving the efficiency of cutting through adaptive control in digital production systems // Science intensive technologies in mechanical engineering. - 2020. - No. 4 (106). P.39-48.

4. Kozochkin M.P., Sabirov F.S. Tasks of technical diagnostics during the creation and operation of technological equipment // Bulletin of UGATU. 2012. №4. p.98-104.

5. Dynamometric system for the accelerated determination of the cutting properties of the tool / S.V. Mikhailov [i dr.] // Handbook. Engineering Journal. 2015. No. 1. p. 34-40.

6. Gorelov V.A. Automated multi-parameter stand for express optimization of cutting conditions // Engine, 2006. No. 5 (47). p. 12-13.

7. Makarov V.F., Abzaev R.S., Shokhrin A.V. Development of an integrated computer center for diagnosing the cutting process // Proceedings of IV Int. N.T.K «Modern problems of mechanical engineering. Tomsk», 2008. p. 609-613.

8. Makarov V.F., Abzaev R.S. Computer center for diagnosing the cutting process on CNC machines Reference book. Engineering Journal. 2013. No. 6 (195). p. 33-37.

9. Makarov V. F., Koinov I. I. Features of diagnostics of the cutting process when drilling composite materials. Science intensive technologies in mechanical engineering. 2016. No. 12(66), p.24-28

10. Catalogs of foreign firms Sandvic Coromant (Sweden), SECO (Sweden), Kennametal (USA), Pramet (Czech Republic) and domestic firm KZTS.

Вклад авторов: Макаров В.Ф. – идея, разработка методики исследований, научное редактирование текста; Песин М.В. – заключение договоров с предприятиями, обработка материалов, редактирование текста статьи; Абзаев Р.С. – проведение экспериментальных исследований, сбор и обработка материалов, написание статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: Makarov V.F. – idea, development of research methodology, scientific text editing; Pesin M.V., – conclusion of contracts with enterprises, processing of materials, editing of the text of the article; Abzaev R.F. – conducting experimental research, collecting and processing materials, writing an article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.05.2022; одобрена после рецензирования 30.05.2022; принята к публикации 16.06.2022.

The article was submitted 17.05.2022; approved after reviewing 30.05.2022; assepted for publication 16.06.2022.

