

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 621.914.025.7
621.914.22
№ ГР 20170717
Инв. №

УТВЕРЖДАЮ
проректор по научной
работе

_____ Д.О. Глухов
«__» _____ 2017 г.
М.П.

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ
ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

(заключительный)

Руководитель НИР _____

подпись

Н.Н. Попок

«__» _____ 2017 г.

Новополоцк, 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы, _____ Н.Н. Попок
д.т.н., профессор подпись, дата

Ответственный _____ А.С. Максимчук
исполнитель, м.т.н. подпись, дата

Исполнитель, м.т.н. _____ С.А. Портянко
подпись, дата

Нормоконтролер _____ Л.В.Ищенко
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Отчёт 67 с., 1 ч., 39 рис., 17 табл., 22 источника, 4 приложения

БЛОЧНО-МОДУЛЬНАЯ ТОРЦОВАЯ ФРЕЗА, БЛОК РЕЗЦОВЫЙ, ПЛАСТИНА РЕЖУЩАЯ, ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ, ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, КОЭФФИЦИЕНТ УСАДКИ СТРУЖКИ

Объект исследования: блочно-модульная торцовая фреза.

Цель исследования: установление физических и технологических зависимостей характеристик процесса резания от режима обработки заготовок различными типами фрез и разработка блочно-модульной торцовой фрезы повышенной точности и жёсткости.

Методы исследования: аналитический, экспериментальный.

Результаты работы: аналитический обзор конструкций фрез; методика исследования блочно-модульных торцовых фрез; экспериментальные данные и функциональные зависимости характеристик процесса резания от режима обработки; усовершенствованная конструкция блочно-модульной торцовой фрезы и результаты лабораторных испытаний.

Степень внедрения: исследование фрезы в производственнаучно-технологического парка Полоцкого государственного университета и результатов исследований в учебном процессе.

Область применения: машиностроительные заводы, которые занимаются выпуском как режущего инструмента, так и другой продукции; учебный процесс в высших учебных заведениях на лекционных, практических, лабораторных занятиях, а также при выполнении курсовых и дипломных работ.

Экономическая эффективность: применение усовершенствованных конструкций блочно-модульных торцовых фрез на отечественных предприятиях позволит сократить затраты на закупку импортных инструментов и производство режущих инструментов, что в свою очередь позволит сократить затраты на производство продукции.

Прогнозные предложения о развитии объекта исследования: необходимо дальнейшее исследование и совершенствование конструкций блочно-модульных торцовых фрез.

СОДЕРЖАНИЕ

С.

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.....	8
2 БАЗОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ ТОРЦОВОЙ ФРЕЗЫ	25
3 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ СБОРНЫХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ.....	29
4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ СБОРНЫХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ	37
5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ ТОРЦОВОЙ ФРЕЗЫ.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	54
ПРИЛОЖЕНИЕ А	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ В	66

ВВЕДЕНИЕ

В современном машиностроении среди ведущих мировых производителей режущего инструмента и инструментальных систем наблюдаются тенденции к применению конструкций торцовых фрез, состоящих из взаимозаменяемых конструктивных модулей. Взаимозаменяемость конструктивных модулей обеспечивается за счет унификации базовых присоединительных поверхностей (режущих пластин в резцовых блоках, резцовых блоков в корпусах режущих инструментов, режущих инструментов при закреплении в шпинделе станка). Это позволяет в короткий промежуток времени собрать и адаптировать режущие инструменты к производству новой продукции и к новым технологическим процессам. При использовании модульного принципа увеличивается гибкость инструментальной системы завода, производительность и надежность работы инструмента, а также улучшаются условия эксплуатации за счет применения оптимальных конструкций и уменьшения их разнообразия. Кроме того, модульная конструкция сокращает время и трудоемкость разработки нового инструмента за счет имеющихся стандартных унифицированных модулей.

Однако проектирование данных модулей сопряжено с определенными трудностями. Во-первых, точность посадочных поверхностей соединяемых деталей (блок и инструмент) должна быть достаточно высокой, для того чтобы блок не смещался под действием сил резания, т.е. необходима высокая точность обработки. Во-вторых, конструкция блока должна быть прочной и жесткой, чтобы не подвергаться деформациям от действия сил и температур при резании, и, в тоже время, компактной, легкой, удобной в использовании. В-третьих, необходимо спроектировать зажимные элементы, которые бы надёжно зажимали блок в корпусе инструмента с необходимой силой.

Решение данной задачи актуально для Республики Беларусь. На многих предприятиях существует проблема разработки новых конструкций инструментов или усовершенствования старых. Процесс проектирования занимает много времени за счет того, что необходимо каждый раз с нуля создавать тот или иной инструмент.

Из-за большой трудоемкости работ цена нового инструмента получается высокой, что негативно сказывается на стоимости произведенных этим инструментом работ.

Поэтому на кафедре технологии и оборудования машиностроительного производства учреждения образования «Полоцкий государственный университет» ведётся разработка гаммы сборных режущих инструментов, в основе конструкций которых лежит унифицированный резцовый блок. Следовательно актуальным является создание режущего инструмента, в частности фрез, как технологичной конструкции для условий отечественного производства, так и не уступающей по надёжности и точности лучшим зарубежным аналогам.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Торцовые фрезы широко используются при обработке плоских поверхностей деталей, в том числе ступенчатых, которые невозможно обработать цилиндрическими фрезами.

Торцовые фрезы обеспечивают плавную работу даже при небольшой величине припуска, так как угол контакта с заготовкой у торцовых фрез не зависит от величины припуска и определяется шириной фрезерования и диаметром фрезы. Торцовая фреза может быть более массивной и жесткой, по сравнению с цилиндрическими фрезами, что дает возможность удобно размещать и надежно закреплять режущие элементы. Торцовое фрезерование обеспечивает большую производительность, чем цилиндрическое, поэтому в настоящее время большинство работ по фрезерованию плоских поверхностей выполняется торцовыми фрезами.

В настоящее время до половины количества применяемых в промышленности торцовых фрез составляют сборные конструкции, которые позволяют производить смену каждого из зубьев в отдельности в случае его непригодности к дальнейшей работе, что, в свою очередь, сокращает затраты на покупку инструмента. Наиболее эффективным является применение сборных торцовых фрез с возможностью регулировки зубьев. В данном случае к преимуществам сборной конструкции также добавляется возможность сокращения номенклатуры инструмента для обработки заданной поверхности детали. Но при этом, на этапе конструирования инструмента необходимо учесть ряд важных факторов, чтобы конструкция не потеряла жёсткости, точности, надёжности и, при использовании инструмента, работающего на высоких скоростях, - балансировки.

Ведущие мировые производители металлорежущего инструмента, такие как Kennametal, Seco, SandvikCoromant, Mitsubishi, Pramet, TaeguTec, Iscar, Mega-Tec, Simteki многие другие, предлагают широкий ассортимент сборных торцовых фрез

различного исполнения: с резцовыми вставками или пазами; под различный тип режущей пластины; с регулировкой вылета резцовой вставки и др.

Фреза Mill 16 производства Kennametal (США) [1, с. Е14], представленная на рисунке, имеет сборную конструкцию, в которую входит клин для прижима режущей пластины к пазу корпуса, крепёжный винт для позиционирования режущей пластины в корпусе инструмента. Данный инструмент предназначен для фрезерования чугунных и стальных отливок.



Рисунок 1 – Фреза Mill 16

Отличительной особенностью данного инструмента является применение режущей пластины с 16-ю режущими кромками (на пластинах имеется нумерация каждой кромки) 3 типов: для черновой обработки в тяжёлых условиях, получерновой обработки с низкими силами резания с наличием или без наличия зачистной кромки для обеспечения высокого качества обработанной поверхности, получистовой обработки на лёгких режимах с наличием или без наличия зачистной кромки для обеспечения высокого качества обработанной поверхности. Стабильная резание при обработке фрезой Mill 16 на глубине 5,5 мм и более позволяет обрабатывать отливки с переменной толщиной литейной корки. За счёт монолитного корпуса фреза имеет повышенную жёсткость, а мелкий шаг зубьев позволяет производить плавную обработку с низкими силами на больших подачах,

что повышает производительность и сокращает время обработки. Недостатком данного инструмента является то, что для каждого вида обработки необходимо использовать соответствующие режущие пластины, что удорожает эксплуатацию и обслуживание фрезы.

Торцовая фреза серии KBDM фирмы Kennametal [1, с. E50], изображённая на рисунке , предназначена для торцового фрезерования деталей из алюминия. Инструмент имеет сборную конструкцию с возможностью регулировки режущей пластины при помощи осевого регулировочного винта с точностью регулировки $\pm 0,005$ мм в диапазоне 0,8 мм. Закрепление режущей пластины в корпусе происходит посредством клина.



Рисунок 2 – Фреза серии KBDM

Отличительной особенностью данного инструмента является применение режущих пластин из поликристаллического алмаза (PCD), что позволяет обеспечить высочайшую твердость пластины, обеспечивающую износостойкость инструмента, в сочетании с исключительной прочностью. В зависимости от типа применяемых пластин (с зачистной кромкой или без неё) работать данной фрезой можно на глубине до 12,7 мм. Корпус фрезы изготовлен из твердого анодированного

алюминия и отличается меньшим весом и превосходной стойкостью к износу и эрозии. Фреза имеет мелкий шаг зуба, что обеспечивает сокращение времени обработки и снижение затрат. К недостаткам данной конструкции можно отнести то, что при высоких температурах резания режущим пластинам из PCD не хватает химической стойкости, что не позволяет обрабатывать стальные заготовки на повышенных режимах.

Фреза SG20 фирмы Mitsubishi (рисунок) [2, с. K021] представляет собой сборную конструкцию (рисунок), состоящую из локатора 1, предназначенного для зажимания режущей пластины круглой формы, T-образного клина 2 и S-образного клина 3, предназначенных для закрепления локатора с режущей пластиной к корпусу инструмента посредством крепёжных винтов 4. Фреза предназначена для черновой и чистовой обработки труднообрабатываемых материалов.



Рисунок 3 – Фреза SG20

Засчёт двух зажимных клиньев и локатора из твёрдого сплава данная конструкция имеет возможность обработки с глубиной резания до 8 мм. Отличительной особенностью фрезы SG20 является использование при работе круглых пластин без центрального отверстия под зажимной винт, что является

недостатком этой конструкции, т.к. использование специальных пластин значительно удорожает стоимость инструмента.



Рисунок 4 – Компоненты фрезы SG20

Более универсальной конструкцией от фирмы Mitsubishi обладает фреза OBTACUT (рисунок) [2, с. K072]. Крепление режущих пластин происходит за счёт крепёжного винта, ввинчиваемого в отверстие корпуса фрезы. Установка режущей пластины происходит по плоскости паза. Пазы под режущие пластины в корпусе инструмента выполнены таким образом, что имеется возможность устанавливать как восьмигранные, так и круглые режущие пластины. Эта особенность позволяет значительно расширить функциональные возможности инструмента: обрабатывать не только плоские поверхности, но и радиусные углы, фаски, уступы. Инструмент предназначен для обработки таких материалов как чугун, нержавеющая сталь, закалённая сталь с глубиной резания до 9 мм.



Рисунок 5 – Фреза OTCACUT

Торцовая фреза CoroMill Century (рисунок **Ошибка! Неизвестный аргумент** **ключа.**) [3, с. J13] фирмы Sandvik Coromant оснащена сменными кассетами и предназначена для обработки алюминия, чугуна и закаленной стали. Отличительной особенностью данной фрезы является то, что режущая пластина имеет рифленую поверхность, которая устанавливается на вставку, имеющую рифленую поверхность с двух параллельных сторон, и направление рифления совпадает с направлением оси корпуса фрезы, при этом рифления служат направляющими для регулировки вылета вставки относительно всей конструкции фрезы.



Рисунок 6 – Фреза CoroMill Century

Вставка устанавливается в паз корпуса фрезы, и зажимается с помощью клина-прихвата состоящего из двух составных частей, закрепляемого в тот же паз корпуса фрезы с помощью двух винтов (отверстия которых расположены перпендикулярно направлению оси фрезы). Грубая настройка в 1,0 мм осуществляется за счёт еще одного регулировочного винта имеющего форму шляпки в виде спирали (отверстие которого расположено на корпусе фрезы, непосредственно, на достаточно близком расстоянии от вставки). Точность регулировки достигается в пределах 0,1 мм.

Регулируемая торцовая фреза Auto AF (рисунок) [3, с. J89] фирмы Sandvik Coromant представляет собой сборную конструкцию, состоящую из резцовой вставки, на которую при помощи установочного винта закрепляется режущая пластина. Резцовая вставка с пластиной фиксируется установочным винтом к корпусу, а затем при помощи двух регулировочных винтов инструмент выставляется в необходимый размер. Фреза предназначена для чистовой обработки деталей общего машиностроения.



Рисунок 7 – Фреза Auto AF

Конструкция фрезы Seco Square 6 – R220.96-08C (рисунок) [4, с. 57]с базированием пластин во вкладыше по трем плоскостям. Здесь вкладыши 4 в осевом направлении упираются в стенку паза и крепятся в корпусе 1 винтом 5 и фиксируются винтом регулировочным 7. Режущие пластины 2 прижимаются с помощью винта 3 к вкладышу 4. В перпендикулярном осевом направлении базирование и регулировка осуществляется с помощью регулировочного механизма 6. При этом в одном и том же корпусе фрезы могут устанавливаться вкладыши с гнездами под различные формы и размеры режущих пластин, в том числе из разных инструментальных материалов, что упрощает ведение инструментального хозяйства.

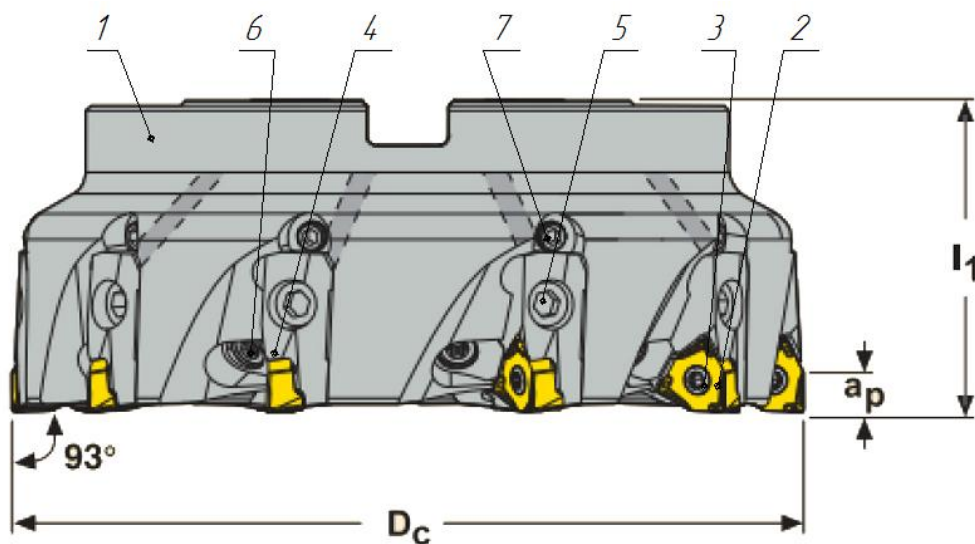


Рисунок 8 - Фреза Square 6 – R220.96-08C

Фреза F60SB22X фирмы PRAMET (рисунок) [5, с. 36] предназначена для черновой и получистовой обработки плоских поверхностей деталей. Конструкция фрезы состоит из опорной пластины, которая вставляется в паз корпуса фрезы и защищает его от деформаций и повреждений во время резания. Опорная пластина крепится к корпусу инструмента при помощи установочного винта, после этого устанавливается режущая пластина, которая поджимается клином. Клин крепится зажимным винтом к корпусу фрезы.



Рисунок 9 –Фреза F60SB22X

Использование вкладышей для крепления пластин показано на примере торцевой фрезы Iscar F45WG...-R08 (рисунок 10) [6,с.192].

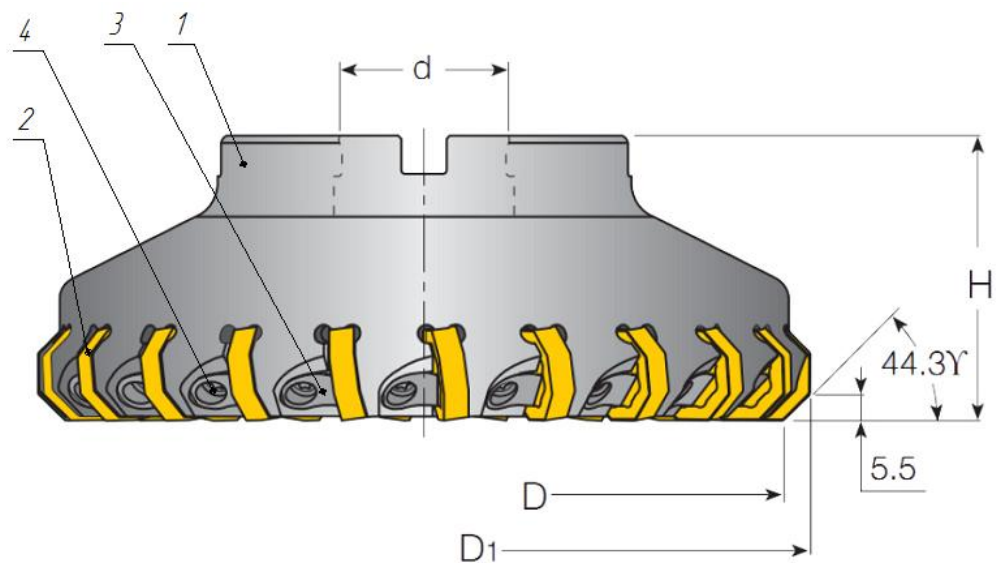


Рисунок 10 - Фреза Iscar F45WG...-R0:

1 – корпус фрезы; 2 – режущая пластинка; 3 –вкладыш; 4 – винт

Конструкция фрезы имеет обтекаемую форму. Здесь режущая пластина 2, крепится во вкладыш 3, устанавливаемый в пазах корпуса 1 и закрепляемый винтом 4. Вылет вкладышей вдоль оси задан точно благодаря тому, что они упираются в стенку паза корпуса. Режущие пластины 2 опираются на дно гнезда в корпусе фрезы 1, а в радиальном направлении - на корпус фрезы. Крепление пластин производится на вкладыш 3, который в свою очередь крепится к корпусу фрезы винтом 4. Таким образом, корпус получается технологичным, а крепление обеспечивает малое биение режущих кромок. В этой конструкции использованы вкладыши с двумя базами под пластины: по опорной плоскости и одной грани пластины.

Фреза серии Aero Mill APD (M) – A (рисунок 11) [7, с.Е96] фирмы Korloy предназначена для высокоточной и качественной обработки поверхностей при получистовом и чистовом высокоскоростном резании. Высокая эффективность обработки при высокоскоростном резании достигается благодаря легкому алюминиевому корпусу, который составляет 50% веса традиционного стального

корпуса фрезы. Универсальность при обработке достигается за счёт применения сменной пластины со шлифованной передней поверхностью и сверхтвёрдого материала. Большой передний угол сменной режущей пластины обеспечивает снижение нагрузки и обеспечивает плавность работы.

Специально разработанная система сквозного охлаждения обеспечивает стабильную подачу СОЖ через центральное отверстие корпуса к режущей пластине. Это улучшает эффективность охлаждения и удаления стружки из зоны резания.

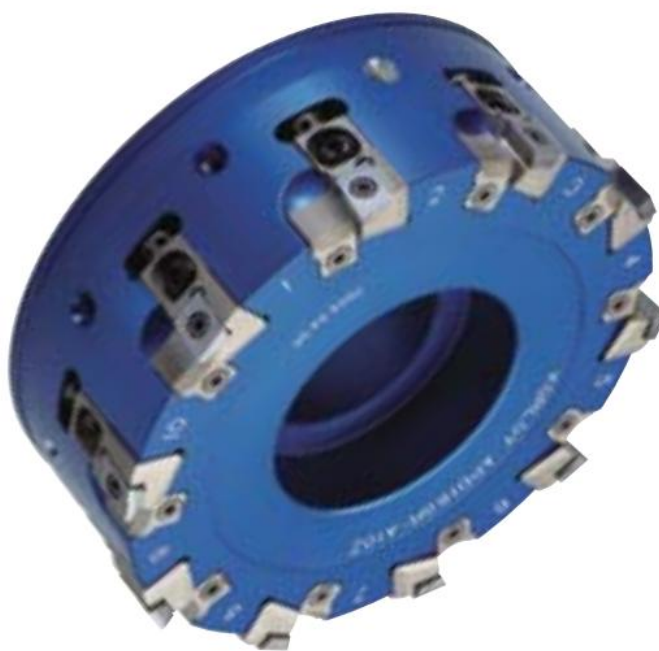


Рисунок 11 - Фреза Korloy APD(M)-A

Фреза MAPD000HR/L-Z0 фирмы Korloy (рисунок 12) [8, с.Е98] предназначена для получистовой и чистовой обработки алюминиевых сплавов. Конструкция данной фрезы позволяет регулировать вылет резцовой вставки посредством регулировочного винта. Также для достижения заданного числа оборотов инструмента в процессе обработки (до 4000 мин-1) в конструкции предусмотрен балансировочный винт. Максимальный диапазон регулирования $\pm 0,1$ мм с шагом регулирования 2 мкм.



Рисунок 12 – Фреза MAPD000HR/L-Z0

Фреза Toshiba Tungaloy (ТАС) S45OD05D (рисунок **Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**) [9, с.69] с креплением пластин 2 в гнездах корпуса 1. Крепление осуществляется винтами 3 с конической головкой. Для предохранения корпуса от повреждений при поломке пластин часто изготавливают корпус фрезы в месте крепления и зажима режущих пластинок в виде формы, подобную форме режущих пластин. Фреза такого типа наиболее проста по конструкции, компактна и имеет минимальное число деталей, но корпус этой фрезы сложен в изготовлении. При этом в данной конструкции велика опасность механического повреждения корпусов в процессе эксплуатации, а также имеется повышенное биение режущих кромок, вызываемое погрешностями изготовления гнезд под пластины.

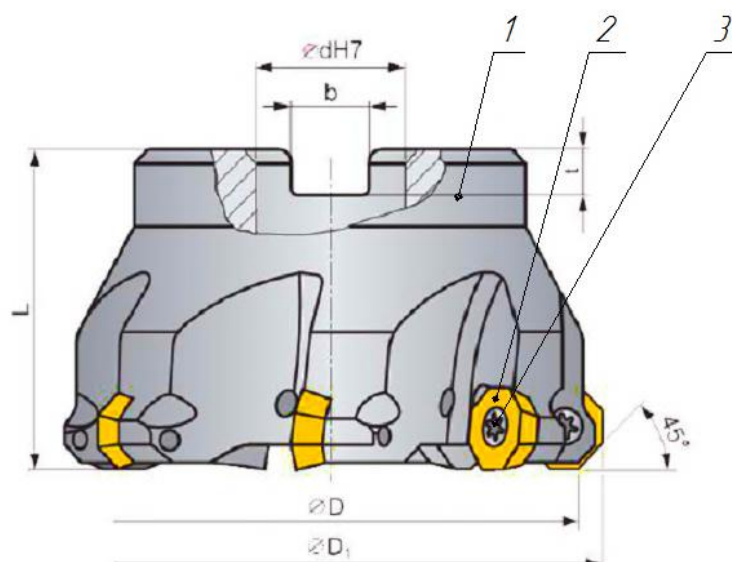


Рисунок 13 - Фреза ToshibaTungaloy (TAC) S45OD05D

Компания СКИФ-М предлагает широкий спектр регулируемых торцовых фрез кассетного исполнения для чернового, получистового и чистового фрезерования плоскостей и уступов с возможностью осевой подачи и без [10,с. С38]. Фреза MT200K...RP12 (рисунок 14) [10,с. С40] предназначена для чернового, получистового и чистового фрезерования широкого спектра материалов, включая нержавеющую сталь и алюминиевые сплавы. Конструкция инструмента содержит регулируемую винтом кассету с режущей пластиной круглой формы. Кассета устанавливается в паз корпуса инструмента и за счёт вращения регулировочного винта имеет возможность настройки на размер с точностью 0,005 мм.



Рисунок 14 - Фреза MT200K...RP12

Торцовая фреза МТ290К...АD15 (рисунок 15) [10,с. С48] предназначена для чернового, получистового и чистового фрезерования углеродистой, легированной и нержавеющей стали. Конструкция инструмента идентична конструкции фрезы МТ200К...RР12.



Рисунок 15 - фреза МТ290К...АD15

На рисунке 16 показана обобщённая конструкция фрез компании СКИФ-М [10,с. С49]. В корпусе фрезы каждый паз под кассету имеет отверстие с резьбой, в котором установлен регулировочный винт 1 с конической головкой. Своей конической поверхностью винт контактирует с соответствующей поверхностью кассеты 4. При вращении винта в левую сторону он перемещает кассету в осевом направлении, что позволяет получить особо точное расположение пластины 5.

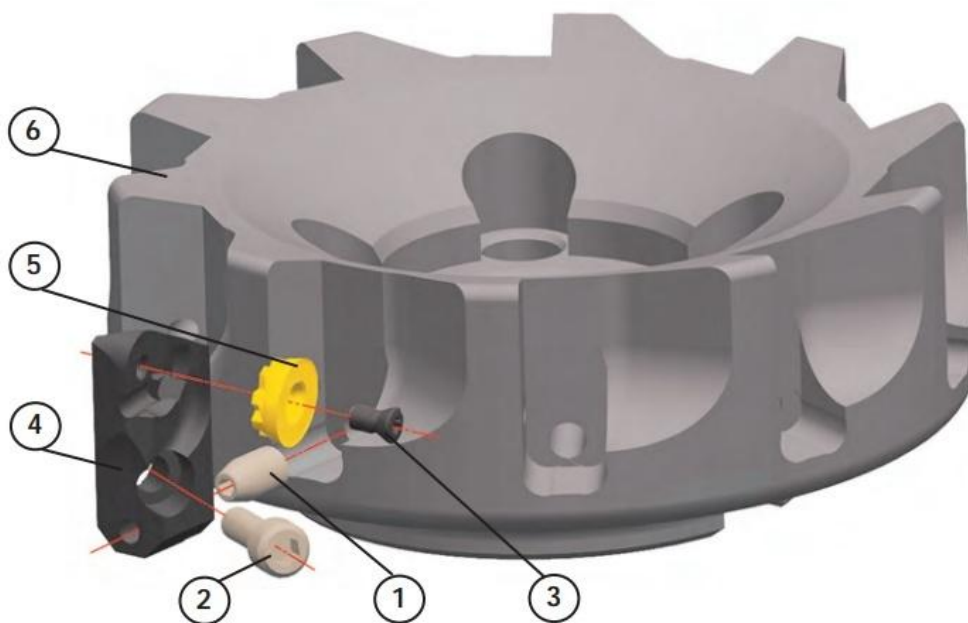


Рисунок 16 – Конструкция фрез компании СКИФ-М:

1 - регулировочный винт, 2 - винт крепления кассеты, 3 - винт крепления пластины, 4 – кассета, 5 – пластина, 6 - корпус фрезы.

Торцовая фреза TFM90SNS-12 компании TaeguTec (рисунок 17) [11, с.Е53] предназначена для чистовой обработки деталей из стали и чугуна. Конструкция состоит из регулировочного клина, который устанавливается в паз корпуса инструмента посредством регулировочного винта и режущей пластины, которая устанавливается в паз фрезы и закрепляется установочным винтом. Регулировка торцового биения инструмента происходит за счёт перемещения клина.



Рисунок 17 – Фреза TFM90SNS-12

Фреза производства фирмы WIDIA (рисунок 18) [12] состоит из корпуса 1, в котором установлены унифицированные базовые кассеты 2, зажимаемые в корпусе 1 с помощью винта 12. Величина торцового биения кассет 2 в сборе регулируется с помощью клинового механизма 4 винтом 5, величина радиального биения кассет 2 в сборе регулируется с помощью клинового механизма 6 винтом 7. В базовой кассете устанавливается сменная регулируемая кассета 9 (в виде сектора), перемещаемая по радиусу относительно центра, находящегося в вершине режущей пластины 3 с помощью регулировочного винта 10. Сменная кассета закрепляется винтами 5. Регулирование обеспечивает строго горизонтальное положение режущих кромок. Твердосплавная пластина 3 с режущим элементом имеет тороидальное отверстие для закрепления ее винтом в сменной кассете. Таким образом, все элементы фрез, кроме сменных кассет, унифицированы. Оснащая фрезу сменными кассетами с пластинами 3 различной геометрии и всевозможных форморазмеров, можно получить различные варианты фрез для выполнения любых операций.

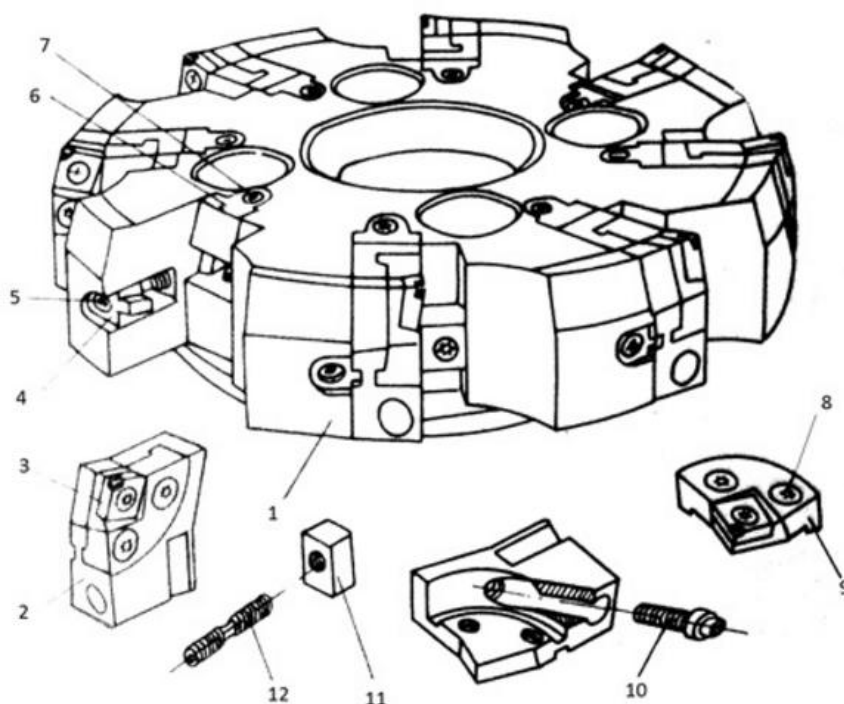


Рисунок 18 – Фреза фирмы WIDIA

Рассмотрев вышеприведенные конструкции сборных торцовых фрез, не сложно заметить тенденции к применению конструкций, состоящих из взаимозаменяемых конструктивных модулей. Взаимозаменяемость конструктивных модулей обеспечивается за счет унификации базовых соединительных поверхностей (режущих пластин в резцовых блоках, резцовых блоков в корпусах режущих инструментов, режущих инструментов при закреплении в шпинделе станка). Это позволяет в короткий промежуток времени собрать и адаптировать режущие инструменты к производству новой продукции и к новым технологическим процессам. При использовании модульного принципа увеличивается гибкость инструментальной системы завода, производительность и надежность работы инструмента, а также улучшаются условия эксплуатации за счет применения оптимальных конструкций и уменьшения их разнообразия. Кроме того, модульная конструкция сокращает время и трудоемкость разработки нового инструмента за счет имеющихся стандартных унифицированных модулей.

2 БАЗОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ ТОРЦОВОЙ РЕЗЫ

Предложена [13, 14] система закрепления режущих пластин в блочно-модульном режущем инструменте (БМРИ) (рисунок 19). Пластина режущая (ПР) в этом инструменте устанавливается в открытый поперечный паз блока резцового (БР). Модуль закрепления (МЗ₁) выполнен в виде «Г-образного» прихвата, «горизонтальная полка» которого одной частью вводится в отверстие ПР и прижимается к её передней поверхности, а другой частью вводится в контакт со скосом БР. При этом «горизонтальная полка» прихвата устанавливается по посадке в открытый продольный паз БР. «Вертикальная полка» прихвата выполнена в виде винта, вворачиваемого в «горизонтальную полку» прихвата и устанавливаемого в «овалообразное» отверстие БР, а также скоса. При зажиме винта осуществляется одновременное перемещение прихвата в горизонтальном и вертикальном направлениях и прижим ПР по основанию, боковой поверхности и отверстию. Наиболее близким по технической сущности к предложенной системе является крепление типа D по ISO [15]. Однако в отличие от этого типа крепления в предлагаемой системе пазы выполнены открытыми, базируется как пластина режущая, так и прихват, и надёжность закрепления ПР обеспечивается исключением перемещений ПР в радиальном, осевом и тангенциальном направлениях по отношению к обрабатываемой поверхности деталей в процессе резания.

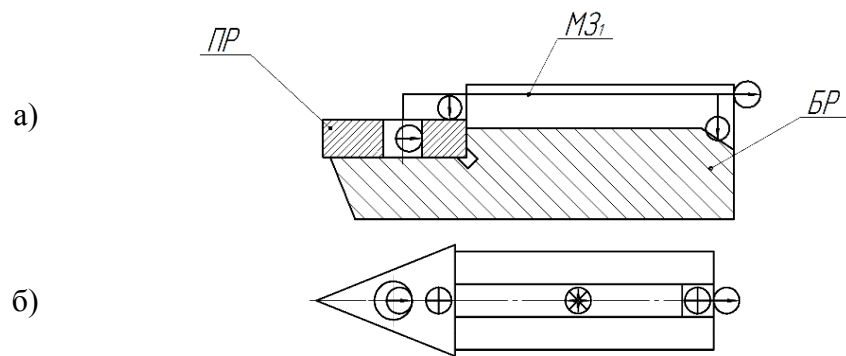


Рисунок 19 – Схема зажима пластины режущей:

а) – главный вид, б) – вид сверху;

ПР - пластина режущая, МЗ₁ – модуль зажимной, БР – блок резовый,

⊕, ⊙, ⊖ - направление действия силы зажима ПР соответственно в плоскости чертежа, от нас, на нас

⊕ - направление перемещения вверх, вниз, вправо, влево;

⊗ - запрет перемещения

Система закрепления БР в модуле корпусном (МК) (рисунок 20) также технологична при изготовлении и надёжна в эксплуатации. БР устанавливается по цилиндрической поверхности в отверстие МК до упора по торцевой поверхности, где предварительно через другое отверстие в МК введён один из элементов – модуль зажимной(МЗ₂) («сухарь»). Затем вводится другой «сухарь» и оба «сухаря» стягиваются винтом, обеспечивая тем самым надёжный зажим БР между двумя «сухарями» и исключение перемещений БР во всех направлениях. При этом расположение «сухарей» относительно БР учитывает направление действующих на ПР сил резания – силы зажима направлены по силам резания, что исключает возникновение зазоров в контактирующих поверхностях «сухарей» и корпуса блока резового при колебании системы резания.

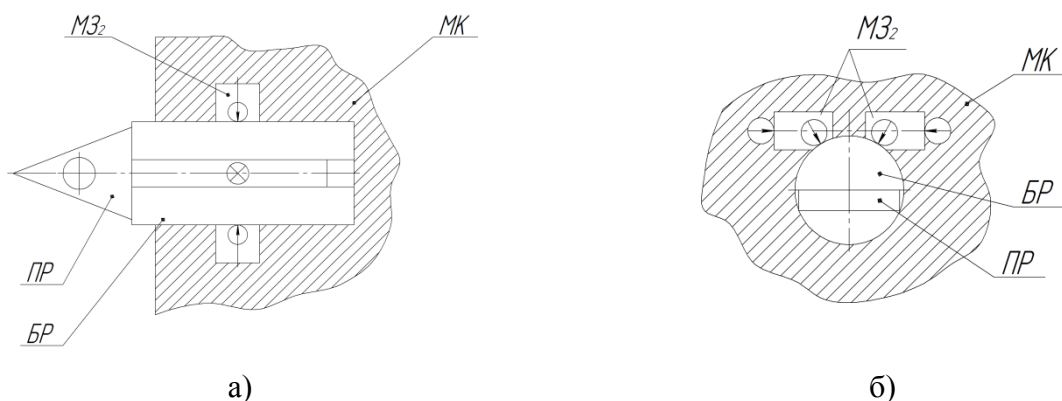


Рисунок 20 –Схема зажима блока резцового:

а) – вид сверху в разрезе, б) – поперечное сечение.

Обозначения по рисунку 19

Учитывая многоэлементность конструкций блочно-модульных режущих инструментов и наличие «стыков» между модулями и блоками, не до конца изученным является вопрос надёжности этих сборных режущих инструментов. Такие показатели надёжности, как ремонтпригодность и сохраняемость, являются для блочно-модульных режущих инструментов довольно высокими, т.к. унифицированные блоки и модули могут быть заменены в различных типах режущих инструментов. Конструкция блочно-модульной фрезы также является безотказной и долговечной, т.к. может быть произведена своевременная «реновация» вышедших из строя блоков и модулей.

Однако безотказность и долговечность отдельных блоков и модулей в пределах возможного цикла их работы будут определяться точностью изготовления их деталей и жёсткостью сборочных узлов. Жёсткость БМРИ зависит прежде всего от жёсткости закрепления режущей пластины в блоке резцовом и резцового блока в модуле корпусном.

Итогом работы над конструкцией блочно-модульной фрезы с унифицированным резцовым блоком является восьмизубая торцовая фреза диаметром 125 мм (рисунок 21).

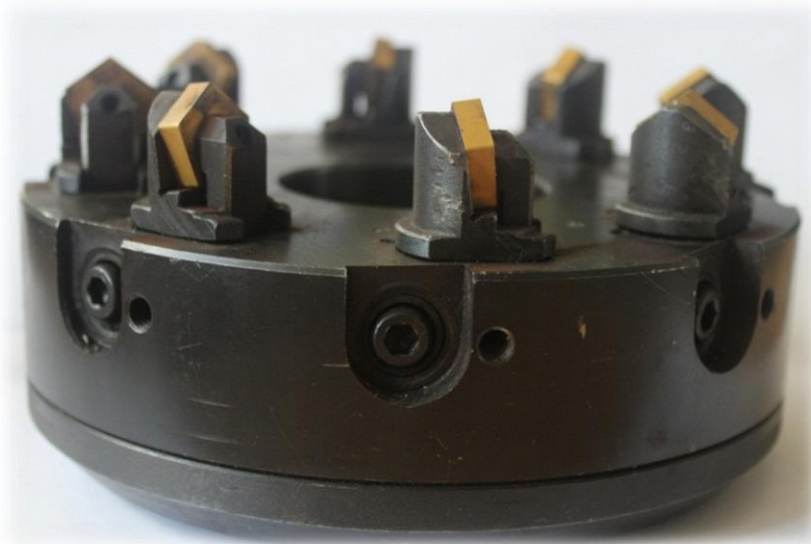


Рисунок 21 – Блочно-модульная торцовая фреза, разработанная на кафедре технологии и оборудования машиностроительного производства

Таким образом, анализ конструкций торцовых фрез зарубежных фирм и фрезы, разработанной кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства показывает, что существует тенденция повышения жёсткости и надёжности фрез как для черновой так и чистовой обработки. Это достигается путём повышения компактности размещения элементов и пластин в корпусе, и надёжным зажимом картриджей режущих пластин. Однако существует проблема взаимозаменяемости элементов конструкций фрез у различных фирм, что снижает их эффективность. Это связано с тем, что взаимозаменяемость элементов в разных конструкциях требует технически сложно осуществимых решений. Зарубежные фирмы идут по пути создания фрез под каждую деталь, конструктивный элемент, поверхность. Для отечественных предприятий это неприемлемо, т.к. значительно удорожает как производство фрез, так и их эксплуатацию. Поэтому актуальным является исследование разрабатываемых фрез в сопоставлении с известными конструкциями с целью доказательства их надёжности и жёсткости применительно к обработке различных конструктивных элементов и поверхностей.

3 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ СБОРНЫХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ

Целью проведения экспериментальных исследований является определение влияния режимов резания на характеристики процесса (температура резания; наибольшая высота профиля неровностей, среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины и средние шагну неровностей; коэффициент утолщения стружки) в зависимости от применяемой конструкции сборной торцовой фрезы.

Для проведения экспериментальных исследований в качестве инструментального аналога была выбрана фреза конструкции ВНИИ инструмента (рисунок 22). Стоит отметить: данная фреза широко применяется на отечественных предприятиях, что позволяет дать адекватную сравнительную оценку работоспособности блочно-модульной торцовой фрезы (см. рисунок 21).

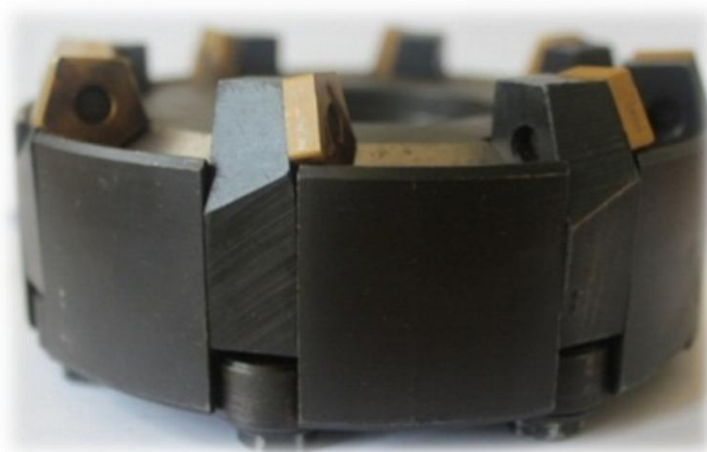


Рисунок 22 - Торцовая фреза конструкции ВНИИ инструмента

Оборудование, применяемое для проведения экспериментальных исследований:

1. Станок вертикально-фрезерный модели 6Р11 (рисунок 23)



Рисунок 23 – Станок 6P11

2. Индикатор ИЧ10Ркл.1 ГОСТ577 [16]
3. Стойка гибкая на магнитном основании типа МС-29
4. Станочные тиски 7200-0217 ГОСТ 16518 [17]
5. Пирометр Optris (рисунок 24)



Рисунок 24 - Пирометр

6. Профилометр-профилограф Абрис ПМ-7 (рисунок 25)



Рисунок 25 – Профилометр-профилограф

7. Прибор для предварительной настройки режущего инструмента для станков сверлильно-фрезерно-расточной группы типа БВ-2027 (рисунок 26)



Рисунок 26 – Прибор БВ-2027

8. Ключ динамометрический ТУ РБ 14741830.001 – 2000[18]
9. Инструментальный микроскоп БМИ-1Ц (рисунок 27) с цифровым отсчётным устройством УЦО-2



Рисунок 27 – Инструментальный микроскоп

10. Микрометр ГОСТ 6507-90 [19]

Материалы, применяемые при проведении экспериментальных исследований:

1. Материал обрабатываемой заготовки – сталь 40Х ГОСТ 4543 [20]

2. Материал режущей пластины - универсальный высокопроизводительный сплав для фрезерования сталей CM30M - P25 производства фирмы Sandvik-MKTC.

Обозначение режущей пластины: PNEA 110408

Параметры фрез:

1. Диаметр: 125 мм

2. Число зубьев: 8

3. Режимы резания: глубина резания t : 0,5; 1; 2; 3 мм; подача S_m : 85, 115, 170, 230 мм/мин; частота вращения шпинделя фрезерного станка: 500, 800, 1200, 1250 мин⁻¹.

Перед проведением экспериментальных исследований необходимо отрегулировать радиальное и торцовое биение торцовых фрез.

Для блочно-модульной торцовой фрезы (далее - БМТФ) торцовое биение регулируется следующим образом: фрезу с отжатыми «сухарями» и регулировочными винтами установить на фрезерную оправку, затем на прибор БВ – 2027. Вращая инструмент на приборе, найти резцовый блок, который выступает выше всех, и зажать «сухари» и регулировочный винт. Остальные резцовые блоки выставить по самому выступающему путём вращения регулировочного винта. После выставления на один уровень с самым выступающим, в каждом резцовом блоке зажать «сухари» и регулировочный винт.

Радиальное биение резцовых блоков в БМТФ регулируется непосредственно после установки инструмента на станок 6P12, поворачивая при этом с отжатыми «сухарями». Схема расположения точек измерения радиального и торцового биения представлена на рисунке 28.

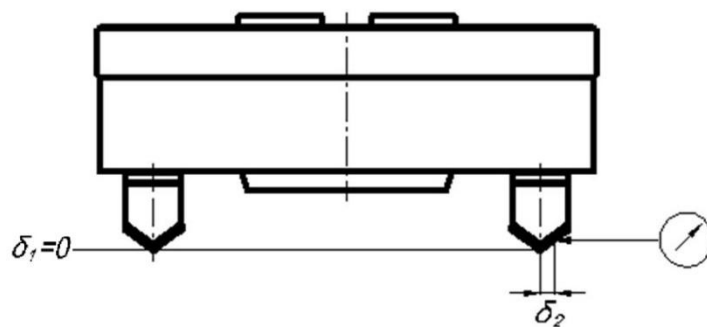


Рисунок 28- Схема измерения торцового δ_1 и радиального δ_2 биения

Конструкция фрезы ВНИИ инструмента не позволяет регулировать торцовое и радиальное биение, поэтому для точной обработки фрезу необходимо настроить следующим образом: каждую резцовую вставку зажать посредством установочного винта с усилием на динамометрическом ключе, равным 10 Нм.

После регулировки/настройки фрез приступают к экспериментальным исследованиям.

В каждой из серии опытов изменялся один из режимов резания, при этом два других оставались неизменными (для глубины резания – 2 мм, для подачи – 85 мм/мин, для частоты вращения – 125 мин^{-1}). Для каждого сочетания режима резания измерялись: температура в средней точке заготовки при обработке, а также составлялись профилограммы обработанных поверхностей. Протоколы экспериментальных исследований представлены в таблицах 1 - 3.

Таблица 1 – Протокол исследования влияния частоты вращения инструмента на характеристики процесса резания

Режимы резания			Измеренные значения характеристик процесса резания	
t , мм	S_M , мм/ мин	n , мин^{-1}	T , °С	Ra , мкм
1	330	500		
		800		
		1000		
		1250		

Таблица 2 - Протокол исследования влияния глубины резания на характеристики процесса

Режимы резания			Измеренные значения характеристик процесса резания	
t , мм	S_M , мм/мин	n , мин ⁻¹	T , °С	Ra , мкм
0,5	330	500		
1				
2				
3				

Таблица 3 - Протокол исследования влияния минутной подачи на характеристики процесса

Режимы резания			Измеренные значения характеристик процесса резания	
t , мм	S_M , мм/мин	n , мин ⁻¹	T , °С	Ra , мкм
1	85	500		
	115			
	170			
	330			

Алгоритм проведения экспериментальных исследований сборных торцовых фрез:

1. Установить фрезу на станок 6Р11.
2. Установить заготовку в тиски.
3. Выставить соответствующие режимы резания для проведения экспериментальных исследований(см. таблицы 1 - 3).
5. Провести обработку заготовки на одном из определённых в п. 3 режимах резания, измеряя температуру в зоне резания.
6. Установить обработанную в п.4 заготовку на профилометр-профилограф и снять профилограмму обработанной поверхности.

7. Изменить режимы резания на станке, установить новую заготовку и повторить пп.4-5 для каждой комбинации режимов.

8. После обработки на всех режимах установить следующую фрезу и повторить пп.3-7.

9. Обработать полученные экспериментальные данные и сделать выводы по:

- влиянию режимов резания на температуру в зоне резания;
- влиянию режимов резания на среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины;

10. Измерить износ режущих пластин для обеих фрез;

11. По полученным экспериментальным данным и зависимостям сделать выводы по проведённым исследованиям.

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ СБОРНЫХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ

Экспериментальные исследования характеристик процесса резания при обработке поверхностей сборными торцовыми фрезами конструкции ВНИИ инструмента и блочно-модульной торцовой фрезой проводились согласно алгоритма, описанного в главе 3. Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 29.



а)



б)

Рисунок 29—Общий вид экспериментальной установки для проведения экспериментальных исследований с установленными на станок фрезами:

а) конструкции ВНИИ инструмента, б) БМТФ

Исследование влияния режимов резания на температуру в зоне обработки.

В таблицах 4 - 9 представлены протоколы измерений температуры резания при проведении экспериментальных исследований.

Таблица 4 – Протокол исследования влияния частоты вращения инструмента на температуру резания для фрезы ВНИИ инструмента

Режимы резания			$T, ^\circ\text{C}$
$t, \text{мм}$	$S_M, \text{мм/мин}$	$n, \text{мин}^{-1}$	
1	330	500	33,93
		800	34,2
		1000	34,76
		1250	34,88

Таблица 5 – Протокол исследования влияния частоты вращения инструмента на температуру резания для БМТФ

Режимы резания			$T, ^\circ\text{C}$
$t, \text{мм}$	$S_M, \text{мм/мин}$	$n, \text{мин}^{-1}$	
1	330	500	29,38
		800	29,59
		1000	29,89
		1250	30,4

Таблица 6 - Протокол исследования влияния глубины резания на температуру резания для фрезы ВНИИ инструмента

Режимы резания			$T, ^\circ\text{C}$
$t, \text{мм}$	$S_M, \text{мм/мин}$	$n, \text{мин}^{-1}$	
0,5	330	500	31,2
1			36,93
2			40,42
3			41,02

Таблица 7 - Протокол исследования влияния глубины резания на температуру резания для БМТФ

Режимы резания			$T, ^\circ\text{C}$
$t, \text{мм}$	$S_M, \text{мм/мин}$	$n, \text{мин}^{-1}$	
0,5	330	500	25,93
1			29,59
2			32,22
3			36,75

Таблица 8 - Протокол исследования влияния минутной подачи на температуру резания для прорезы ВНИИ инструмента

Режимы резания			$T, ^\circ\text{C}$
$t, \text{мм}$	$S_M, \text{мм/мин}$	$n, \text{мин}^{-1}$	
1	85	500	28,54
	115		29,34
	170		30,24
	330		36,93

Таблица 9 - Протокол исследования влияния минутной подачи на температуру резания для БМТФ

Режимы резания			$T, ^\circ\text{C}$
$t, \text{мм}$	$S_M, \text{мм/мин}$	$n, \text{мин}^{-1}$	
1	85	500	24,02
	115		26,79
	170		27,32
	330		29,59

На рисунках 30 - 32 представлены сравнительные графики зависимостей температуры резания от режимов обработки.

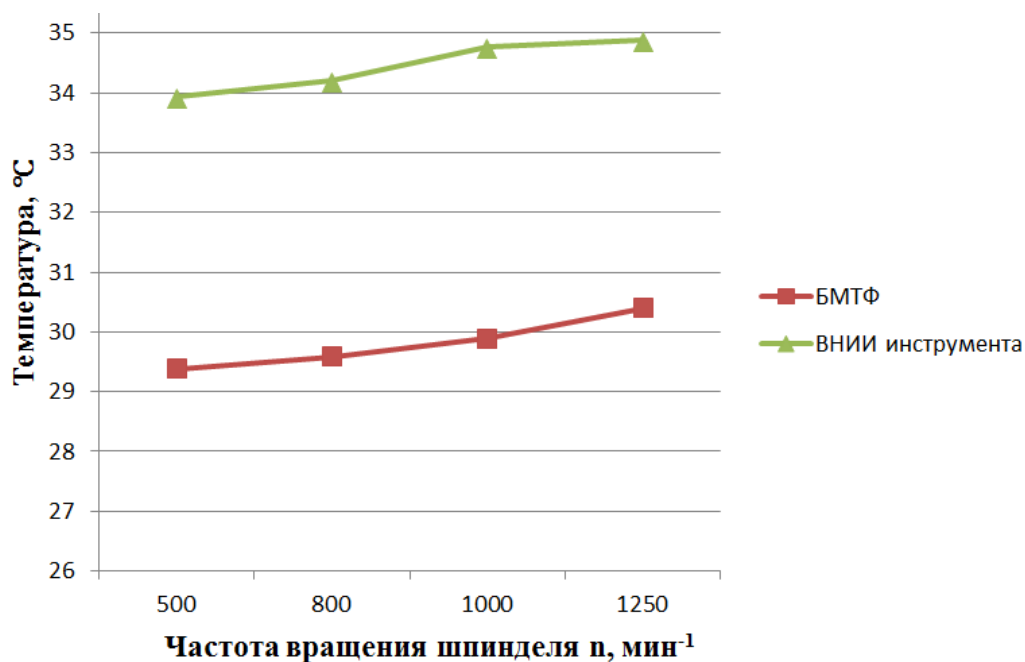


Рисунок 30 – Графики зависимостей температуры в зоне резания от частоты вращения шпинделя

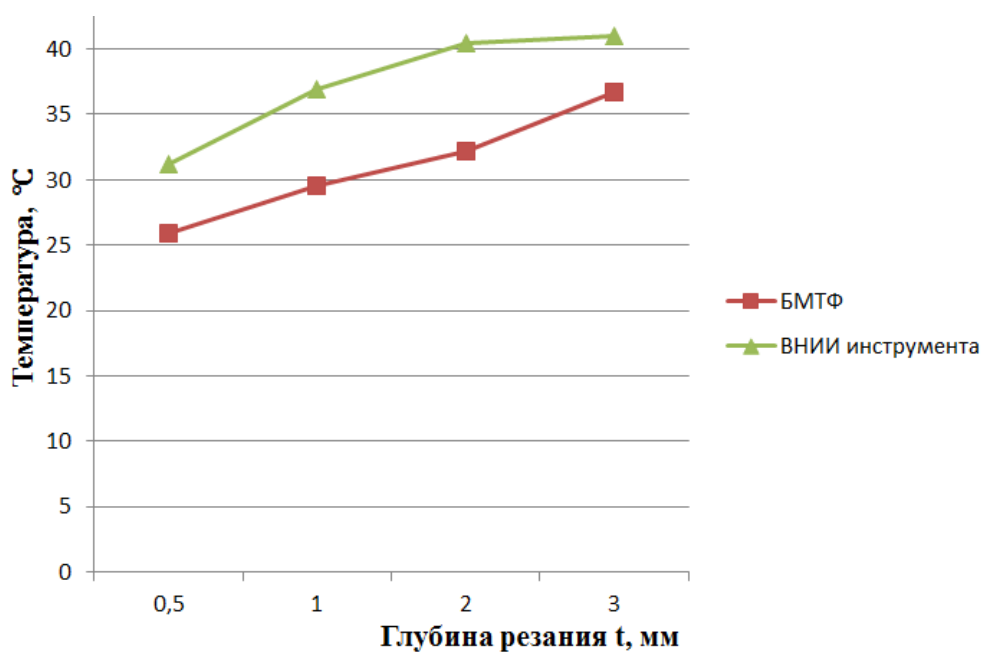


Рисунок 31 - Графики зависимостей температуры в зоне резания от глубины обработки

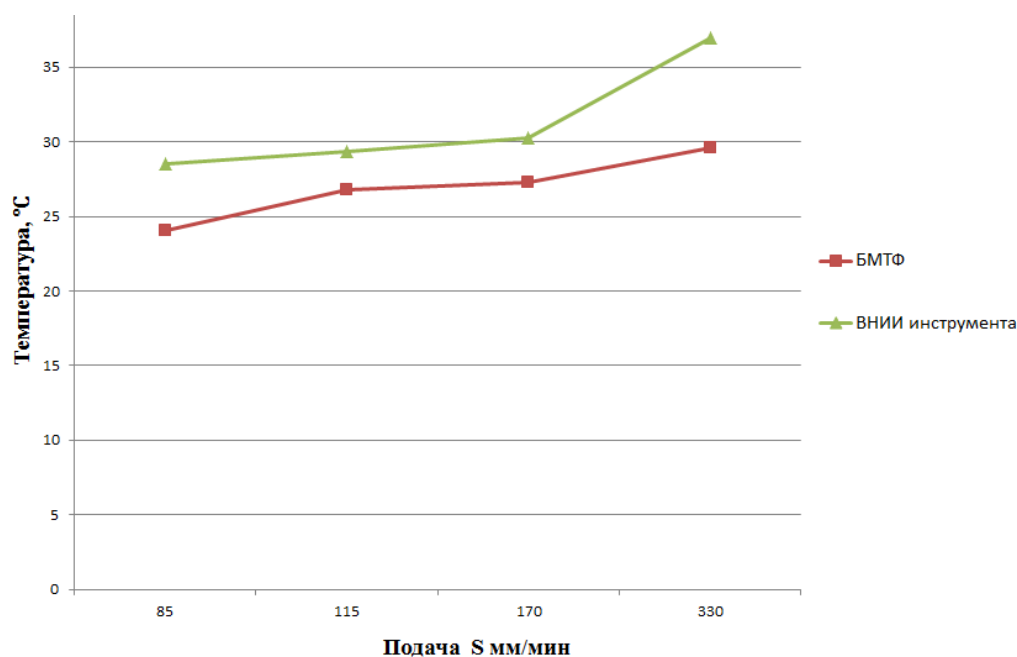


Рисунок 32 - Графики зависимостей температуры в зоне резания от минутной подачи

На основании проведенных экспериментальных исследований и полученных зависимостей можно сделать следующие выводы:

1. При увеличении подачи температура в зоне резания возрастает с одинаковой интенсивностью и величиной для обеих конструкций инструментов; это связано с тем, что повышение подачи ведет к увеличению сечения срезаемого слоя, а, следовательно, к повышению сил резания и интенсивности тепловых потоков;

2. При увеличении глубины резания температура повышается, но менее интенсивно, чем при увеличении подачи;

3. Температура поверхности резания увеличивается при увеличении скорости резания, т.к. возрастает количество теплоты резания, поступающего в обрабатываемую деталь, следовательно, общий объем теплоты резания постоянно увеличивается при увеличении скорости резания.

Исследование влияния режимов резания на среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины.

В таблицах 10 - 15 представлены протоколы измерений среднего арифметического из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой

длины (на основании обработанных профилограмм поверхностей, приведенных в приложении А) при проведении экспериментальных исследований.

Таблица 10 – Протокол исследования влияния частоты вращения инструмента на среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины для фрезы ВНИИ инструмента

Режимы резания			Ra , мкм
t , мм	S_M , мм/ мин	n , мин ⁻¹	
1	330	500	4,933
		800	4,567
		1000	4,391
		1250	4,215

Таблица 11 – Протокол исследования влияния частоты вращения инструмента на среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины для БМТФ

Режимы резания			Ra , мкм
t , мм	S_M , мм/ мин	n , мин ⁻¹	
1	330	500	4,119
		800	4,024
		1000	3,975
		1250	3,462

Таблица 12 - Протокол исследования влияния глубины резания на среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины для фрезы ВНИИ инструмента

Режимы резания			Ra , мкм
t , мм	S_M , мм/ мин	n , мин ⁻¹	
0,5	330	500	5,466
1			5,439
2			5,246
3			4,986

Таблица 13 - Протокол исследования влияния глубины резания на среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины для БМТФ

Режимы резания			Ra , мкм
t , мм	S_M , мм/мин	n , мин ⁻¹	
0,5	330	500	5,235
1			5,012
2			4,812
3			4,488

Таблица 14 - Протокол исследования влияния минутной подачи на среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины для фрезы ВНИИ инструмента

Режимы резания			Ra , мкм
t , мм	S_M , мм/мин	n , мин ⁻¹	
1	85	500	2,015
	115		3,443
	170		4,254
	330		5,439

Таблица 15 - Протокол исследования влияния минутной подачи на среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины для БМТФ

Режимы резания			Ra , мкм
t , мм	S_M , мм/мин	n , мин ⁻¹	
1	85	500	1,561
	115		2,265
	170		3,843
	330		4,87

На рисунках 33 - 35 представлены сравнительные графики зависимостей среднего арифметического из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины от режимов обработки.

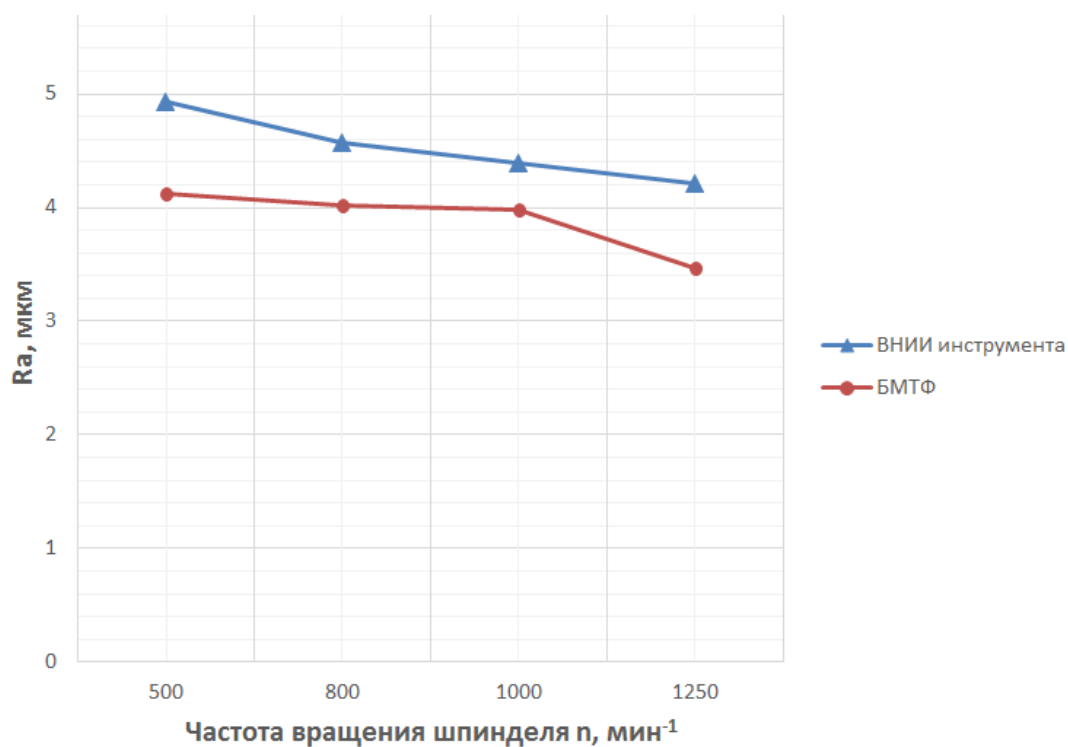


Рисунок 33 – Графики зависимостей среднего арифметического из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины от частоты вращения шпинделя

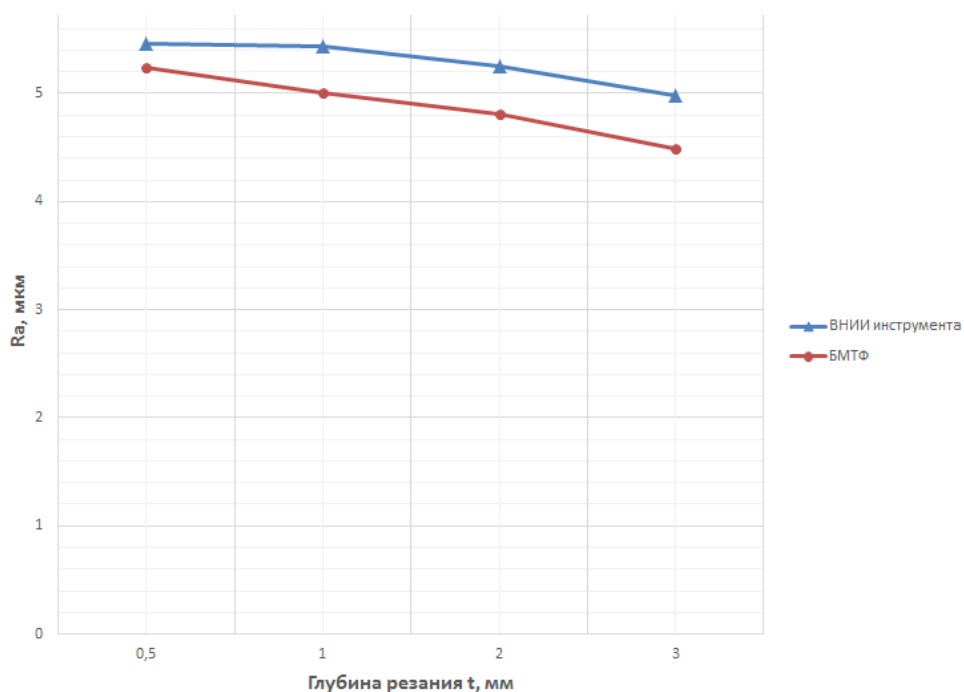


Рисунок 34 - Графики зависимостей среднего арифметического из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины от глубины обработки

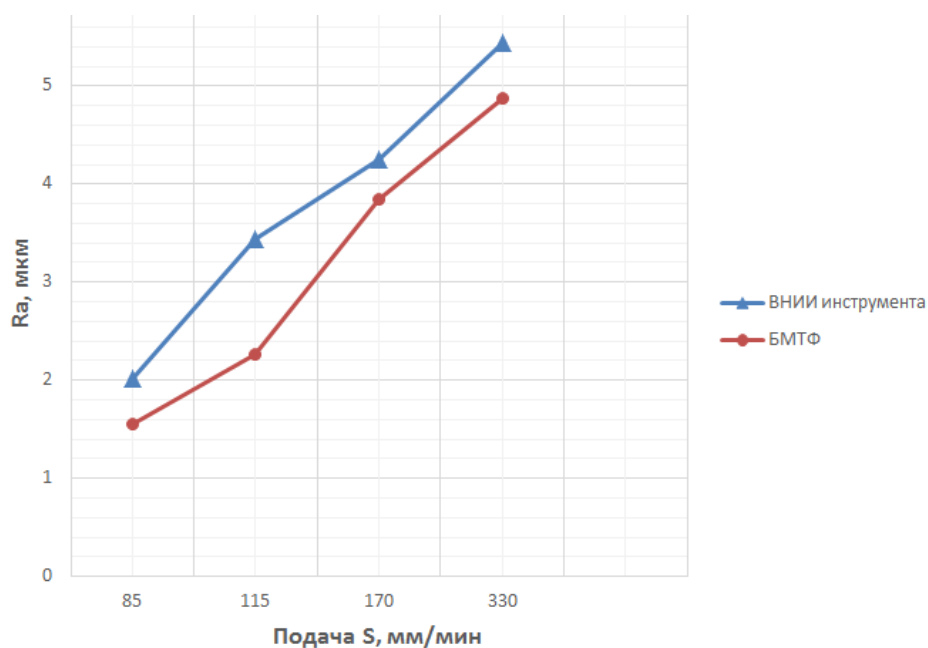


Рисунок 35 - Графики зависимостей среднего арифметического из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины от минутной подачи

На основании проведенных экспериментальных исследований и полученных зависимостей можно сделать следующие выводы:

1. Среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины по мере увеличения подачи возрастает как для фрезы ВНИИ инструмента, так и для БМТФ.

2. Увеличение глубины резания не оказывает влияния на шероховатость поверхности, следовательно, для уменьшения шероховатости обработанной поверхности следует уменьшать подачу.

3. С увеличением скорости (частоты вращения инструмента) значения среднего арифметического из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины возрастают для фрезы ВНИИ инструмента и для БМТФ.

После обработки на всех режимах был измерен износ режущих пластин, использовавшихся на обеих фрезах. Результаты измерения износа представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Измерение износа режущих пластин

Номер режущей пластины	Значение износа режущей пластины, мкм	
	Блочно-модульной торцовой фрезы	Фрезы ВНИИ инструмента
1	48	63
2	46	59
3	48	67
4	53	62
5	46	65
6	49	64
7	51	70
8	47	60

На основании проведенных экспериментальных исследований и выявленных зависимостей можно сделать следующие выводы:

1. Значение температуры в зоне резания при обработке БМТФ в среднем на 15% ниже, чем при обработке фрезой ВНИИ инструмента, что свидетельствует о том, что:

- процесс резания БМТФ проходит более плавно;
- точность позиционирования режущих пластин в корпусе инструмента для БМТФ выше, чем у фрезы ВНИИ инструмента;
- жёсткость БМТФ выше по сравнению с фрезой конструкции ВНИИ инструмента;

2. Сопоставление значений среднего арифметического из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины показало то, что упругие и пластические деформации в зоне резания ниже для БМТФ вследствие более высокой жёсткости и точности инструмента;

3. Средний износ режущих пластин, работавших на БМТФ на 20-25% меньше, чем на пластинах, работавших на фрезе ВНИИ инструмента, что свидетельствует о том, что жёсткость блочно-модульной фрезы выше, чем у фрезы ВНИИ инструмента, а также то, что биение режущих кромок у БМТФ меньше, чем у фрезы ВНИИ инструмента.

Следовательно, для повышения надёжности, точности и жёсткости БМТФ можно сделать рекомендацию к усовершенствованию конструкции за счёт увеличения жёсткости крепления блоков резцовых в модуле корпусном.

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА БЛОЧНО- МОДУЛЬНОЙ ТОРЦОВОЙ ФРЕЗЫ

На основании полученных экспериментальных данных было предложено усовершенствовать конструкцию блочно-модульной торцевой фрезы для повышения жёсткости конструкции и точности регулировки.

Предложен вариант конструкции блочно-модульной торцевой фрезы, сборочный чертёж которой представлен на рисунке 36.

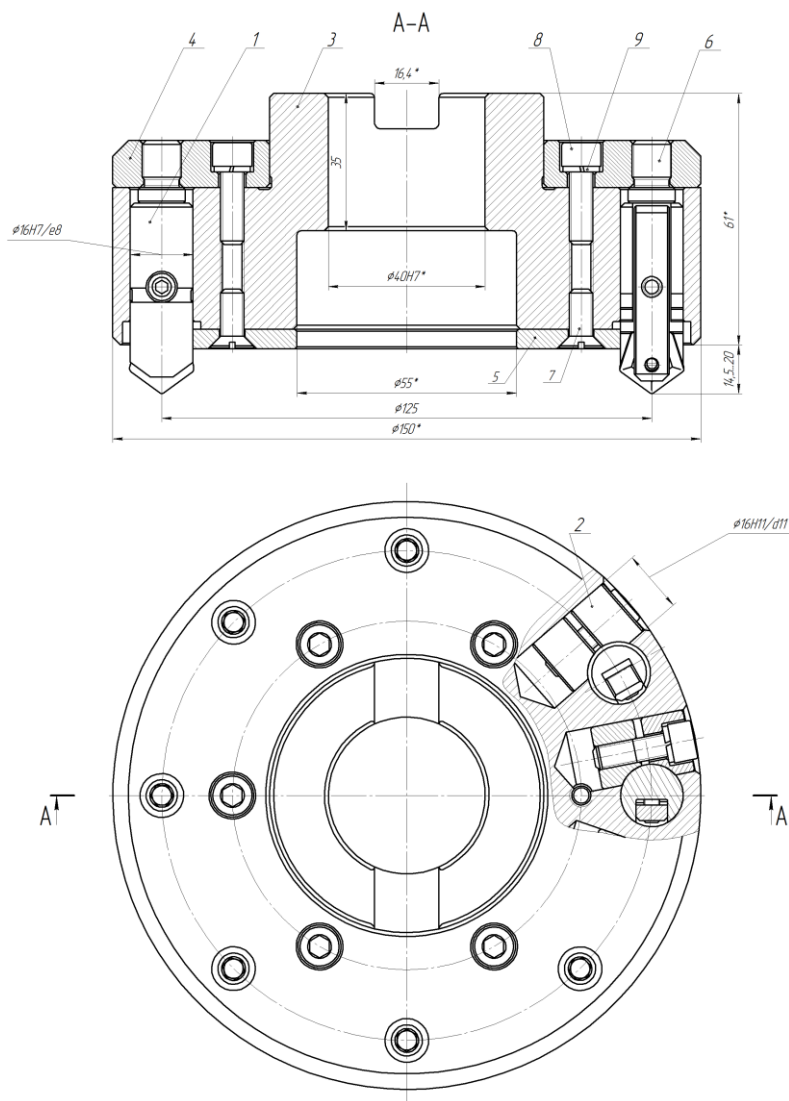


Рисунок 36 – Чертёж усовершенствованной конструкции блочно-модульной торцевой фрезы

Особенностью данной конструкции является то, что блок резцовый 1 «утоплен» в модуле корпусном 3 и установка блока происходит по двум цилиндрическим поверхностям, что позволяет, во-первых, повысить жёсткость блочно-модульной торцевой фрезы во время обработки, а во-вторых, повысить точность обработки за счёт более точной установки блоков резцовых в корпусном модуле.

Для изготовления корпуса новой конструкции блочно-модульной торцевой фрезы был взят за основу готовый корпусной модуль, в котором были расточены отверстия для установки блоков резцовых, которые в свою очередь также подверглись изменению: были отшлифованы буртики в размер расточенного отверстия корпуса для точной установки. Усовершенствованная блочно-модульная торцевая фреза представлена на рисунке

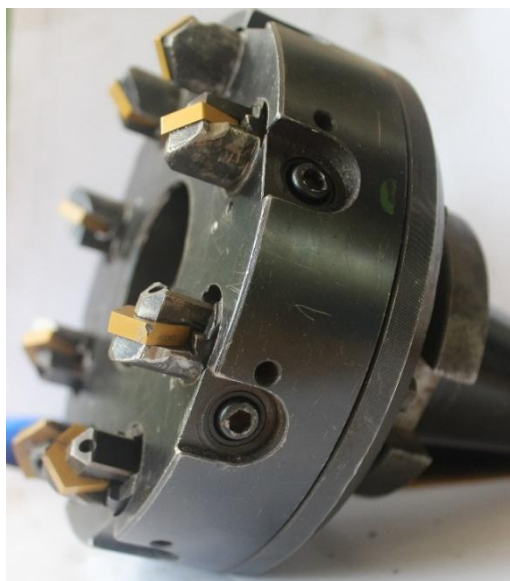


Рисунок 37 – Блочно-модульная торцевая фреза с «утопленными» блоками

Лабораторные испытания экспериментального образца блочно-модульной торцевой фрезы проводились в соответствии с рекомендациями ГОСТ 23726 «Инструмент металлорежущий. Правила приемки», ГОСТ 26595 «Фрезы торцевые с механическим креплением многогранных пластин» [21,22].

При лабораторных испытаниях усовершенствованной конструкции блочно-модульной торцевой фрезы использовались следующие режимы резания:

- глубина резания $t = 0,5..3$ мм (шаг изменения 0,5 мм);
- подача $S_m = 210$ мм/мин;
- частота вращения фрезы $n = 400$ мин⁻¹.

Испытания проводились на вертикально-фрезерном станке модели 6P11, материал заготовки - сталь 40X ГОСТ 4543, твердость заготовки- HB179...229

Методика проведения испытаний:

1. Выполнить наладку и настройку станка;
2. Установить и закрепить режущий инструмент;
3. Настроить цикл работы станка: глубина резания $t = 0,5$, подача $s_m = 210$ мм/мин, частота вращения фрезы $n = 400$ мин⁻¹;
4. Обработать заготовку 10 циклов на режимах из п.3 (при необходимости провести замену заготовки);
5. Изменить глубину резания на 0,5 мм;
6. Обработать заготовку 10 циклов с изменённой глубиной резания;
7. Повторять пп.4-6 до достижения глубины резания 3 мм включительно;

Таким образом, при проведении лабораторных испытаний усовершенствованной конструкции блочно-модульной торцевой фрезы с «утопленными» блоками поверхности заготовок были обработаны 60 раз, что может дать ориентировочную оценку работоспособности и стойкости данной усовершенствованной конструкции.

Общие виды испытания усовершенствованной конструкции блочно-модульной торцевой фрезы представлены на рисунке 38.



Рисунок 38 – Лабораторные испытания усовершенствованной конструкции БМТФ

После окончания лабораторных испытаний был измерен износ режущих пластин. Значения износа представлены в таблице 17. Диаграмма значений износа представлена на рисунке 39.

Таблица 17 – Износ режущих пластин после проведения лабораторных испытаний

Номер пластины	Износ, мкм
1	9
2	5
3	11,5
4	7,5
5	8,6
6	10,3
7	8
8	9,5

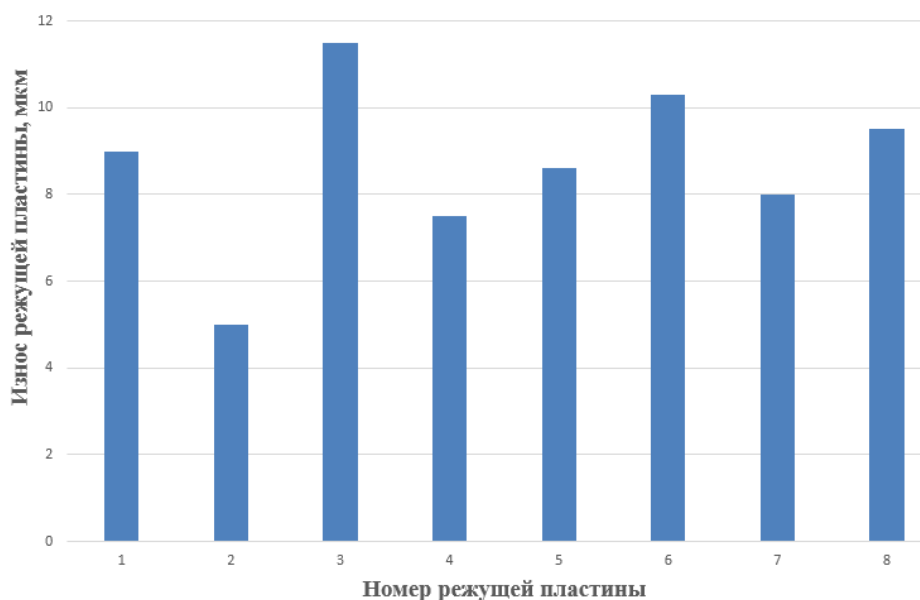


Рисунок 39- Диаграмма значений износа режущих пластин после лабораторных испытаний

Анализируя полученные значения износа режущих пластин после лабораторных испытаний усовершенствованной конструкции блочно-модульной торцевой фрезы, можно сделать вывод, что при обработке на заданных в методике проведения испытаний режимах резания стойкость усовершенствованной конструкции блочно-модульной торцевой фрезы составляет в среднем 130-150 мин. Следовательно, усовершенствованная конструкция БМТФ является работоспособной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При анализе современных конструкций сборных торцовых фрез была выявлена тенденция к применению конструкций, состоящих из взаимозаменяемых конструктивных модулей, что позволяет в короткий промежуток времени собрать и адаптировать режущие инструменты к производству новой продукции и к новым технологическим процессам.

2. Конструкция блочно-модульной торцовой фрезы является технологичной для условий отечественного производства и не уступает по надёжности и точности лучшим зарубежным аналогам, что позволяет изготавливать данный инструмент в условиях практически любого инструментального цеха на предприятиях Беларуси.

3. Разработана методика экспериментальных исследований конструкций сборных торцовых фрез, позволяющая установить зависимости характеристик процесса резания от режимов резания.

4. На основании экспериментальных исследований разработана усовершенствованная конструкция блочно-модульной торцовой фрезы и проведены её лабораторные испытания. Особенностью данной конструкции является то, что блок резцовый устанавливается по цилиндрической поверхности с упором в буртик, что увеличивает жёсткость всей конструкции. Результаты испытаний БМТФ показали её работоспособность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инновации. Каталог 2017 Kennametal[Электронный ресурс] - Режим доступа:https://www.kennametal.com/content/dam/kennametal/kennametal/ru/Resources/catalogs-literature/Metalworking/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8/A-16-05000_KMT_Innov_17_Fall_Launch_RU_LR.pdf - Дата доступа: 24.03.2017
2. Вращающийся инструмент. Каталог Mitsubishi[Электронный ресурс] - Режим доступа:http://www.mitsubishicarbide.com/EU/ru/product/pdf/c_n_other/c006r_k.pdf - Дата доступа: 26.03.2017
3. Вращающиеся инструменты. Фрезерование. Каталог фирмы SandvikCoromant[Электронный ресурс] - Режим доступа: http://sandvik.ecbook.se/se/ru/rotating_tools_2015/ - Дата доступа: 26.03.2017
4. Каталог + Техническое руководство Seco. Фрезерование[Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.secotools.com/CorpWeb/Russia/Catalogues%20RU/Catalogues%202015/RU_Catalog_Milling_2015_Inlay_LR.pdf - Дата доступа: 26.03.2017
5. Фрезерование. Каталог Pramet[Электронный ресурс] - Режим доступа:<http://pramet-tools.ru/doc/pramet-katalog-frezerovanie-2014.html>
6. RotatingToolLines. КаталогIscar[Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.iscar.by/Catalogs/publication-2017/Rotating_Tools_catalog-2017.pdf - Дата доступа: 27.03.2017
7. Korloycuttingtools. КаталогфрезерногоинструментафирмыKorloy[Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.korloy.com/newkorloy/eng/file/2014/ru/2014%20catalog_RU.pdf - Дата доступа: 27.03.2017

8. Korloycuttingtools.

Каталог фрезерного инструмента фирмы Korloy [Электронный ресурс] - Режим доступа:

[http://www.korloy.com/newkorloy/eng/file/2016/kct_2016_2017_m_Ru/2016_2017_KORLOY_CUTTING_TOOLS\(RU\).pdf](http://www.korloy.com/newkorloy/eng/file/2016/kct_2016_2017_m_Ru/2016_2017_KORLOY_CUTTING_TOOLS(RU).pdf) - Дата доступа: 27.03.2017

9. Каталог фрезерного инструмента фирмы Toshiba Tungaloy [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.tungaloy.co.jp/common/products/pdf/366.pdf>

10. Инструмент для фрезерования и сверления. Каталог Скиф-М [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.skif-m.net/temp/SKIF-M%20Catalog_2015m.pdf - Дата доступа: 28.03.2017

11. Фрезерный инструмент. Каталог TaeguTec [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.taegutec.com/Media/DownloadFiles/E_ru.pdf - Дата доступа: 28.03.2017

12. Каталог фирмы WIDIA:

https://www.widia.com/content/dam/kennametal/widia/common/resources/downloads/literature/WIDIA%20Catalogs/WIDIA%20Indexable%20Milling%20and%20Holemaking%202010%20Catalog/WIDIA%20Indexable%20Milling%20and%20Holemaking%202010%20Catalog-%20METRIC%20Sections/RU_A-09-02081_WIDIA_Indexable_Milling_Holemaking_2010.pdf - Дата доступа: 24.03.2017

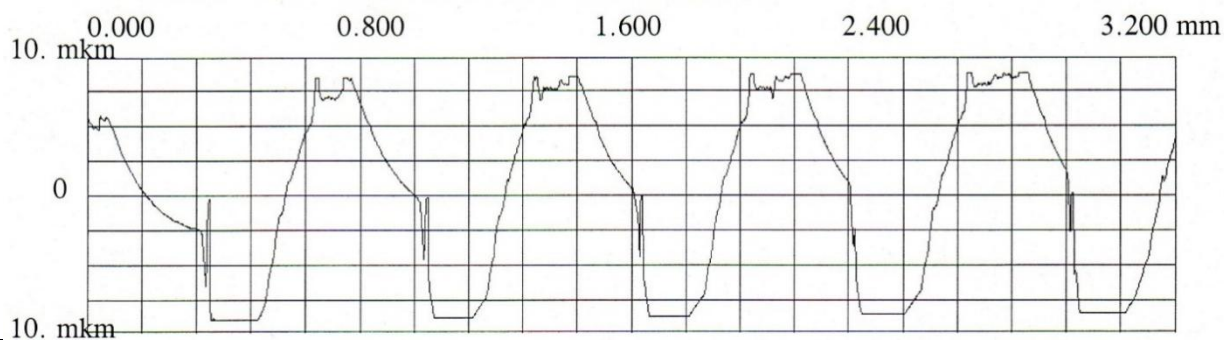
13. Пат. по заявке № а2011025. Способ установки сменной режущей пластины в режущем инструменте/ Попок Н.Н., Терентьев В.А., Хмельницкий Р.С., Сидикевич А.В., Сопиков И.Я./ Заявлено 2011.01.06. Выдано 2014.12.12

14. Пат. по заявке № а2011026. Режущий инструмент/ Попок Н.Н., Терентьев В.А., Хмельницкий Р.С., Сидикевич А.В., Сопиков И.Я./ Заявлено 2011.01.06. Выдано 2014.12.12

15. Попок, Н.Н. Анализ тенденций проектирования инструментальных систем. Ч.1. Термины и система обозначения режущих пластин, державок и модулей/ Н.Н. Попок // Вестник ПГУ, сер. В – 2012 - №3 - с.71-81

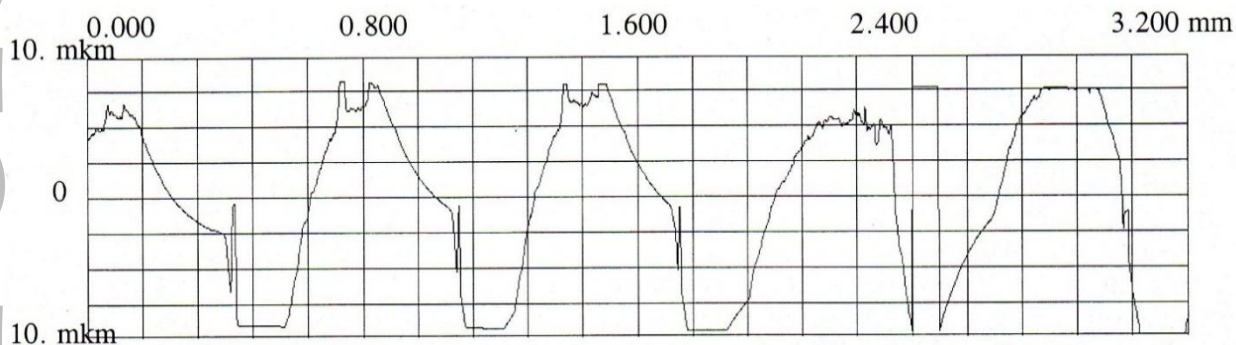
16. ГОСТ 577 – 68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. – Москва: Изд-во стандартов, 2002. – 10с.
17. ГОСТ 16518 – 96. Тиски станочные с ручным и механизированным приводами. Общие технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
18. ТУ РБ 14741830.001 – 2000. Ключи динамометрические (моментные) МТ. Минск: ООО “НИФОР”, 2000.
19. ГОСТ 6507 – 90. Микрометры. Технические условия. – Москва: Изд-во стандартов, 2004. – 11 с.
20. ГОСТ 4543 – 71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – Москва: Изд-во стандартов, 1997. – 67 с.
21. ГОСТ 23726– 79. Инструмент металлорежущий. Правила приемки. – Москва: Изд-во стандартов, 1979. – 136 с.
22. ГОСТ 26595 – 85. Фрезы торцовые с механическим креплением многогранных пластин. Типы и основные размеры. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 8 с.

Результаты исследования влияния глубины резания на параметры шероховатости при обработке фрезой торцовой ВНИИ инструмента ($n=800 \text{ мин}^{-1}$, $S=330 \text{ мм/мин}$)



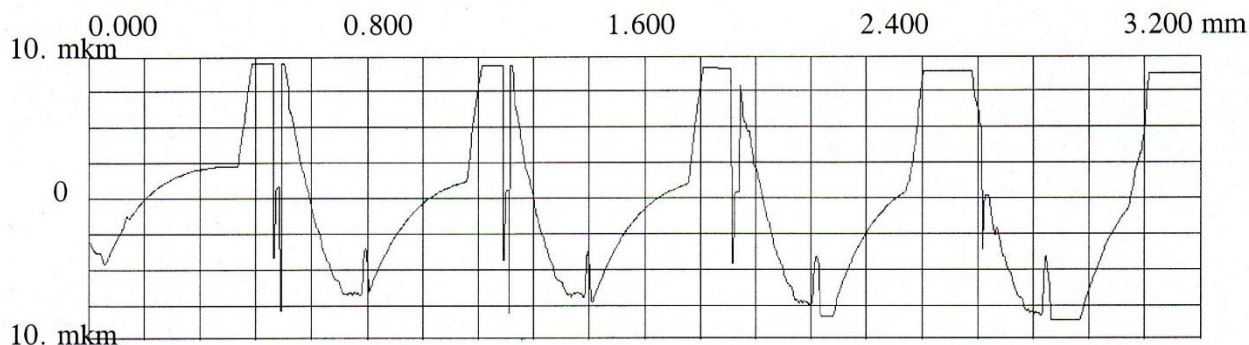
t=0,5 мм

	Ra=5,466 мкм				Rmax=19,006 мкм				Sm=219,43 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Гр, %	12,1	19,5	22,8	27,7	32,2	36,2	45,6	55,1	62,1	67,2	69,9	73,6



t=2,0 мм

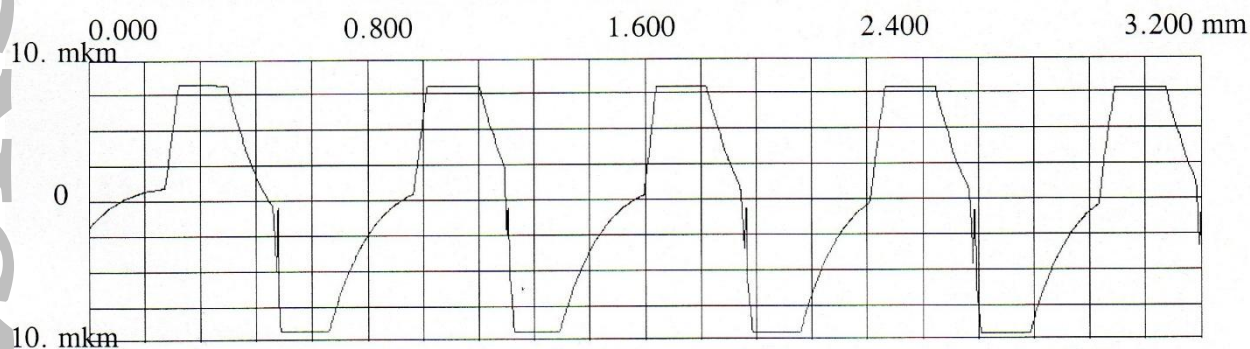
	Ra=5,246 мкм				Rmax=20,666 мкм				Sm=346,01 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Гр, %	10,8	16,8	24,4	33,5	38,7	42,7	50,1	59,8	68,5	72,3	75,7	79,6



t=3,0 мм

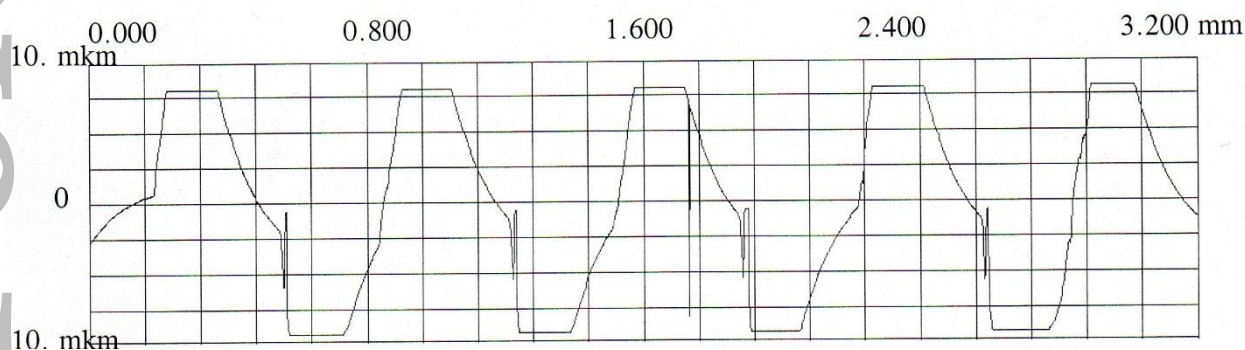
	Ra=4,986 мкм				Rmax=18,221 мкм				Sm=156,44 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Гр, %	16,7	18,0	19,0	20,4	22,1	23,7	26,4	42,0	56,2	66,6	78,2	88,9

Результаты исследования влияния глубины на параметры шероховатости при обработке БМТФ ($n=800 \text{ мин}^{-1}$, $S=330 \text{ мм/мин}$)



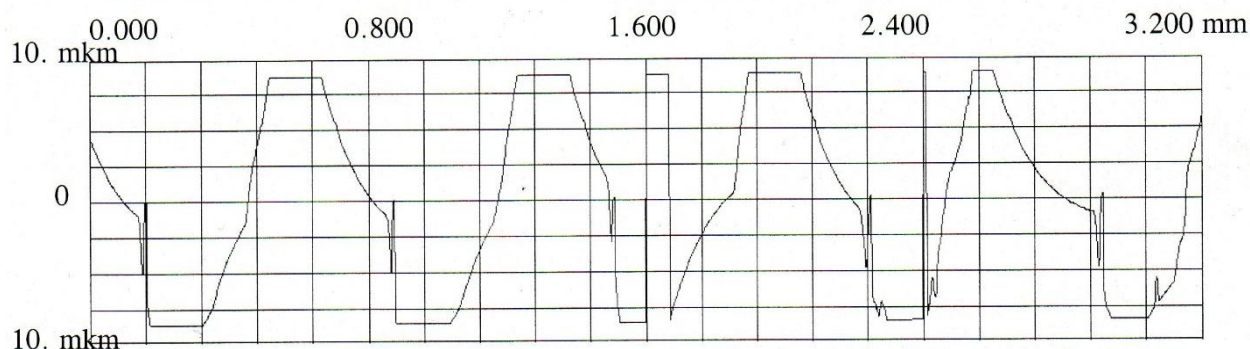
$t=0,5 \text{ мм}$

		Ra=5,235 мкм				Rmax=18,084 мкм				Sm=428,22 мкм			
P, %		5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %		24,3	26,5	28,9	31,8	33,8	36,5	41,9	55,3	65,9	71,5	75,8	79,7



$t=2,0 \text{ мм}$

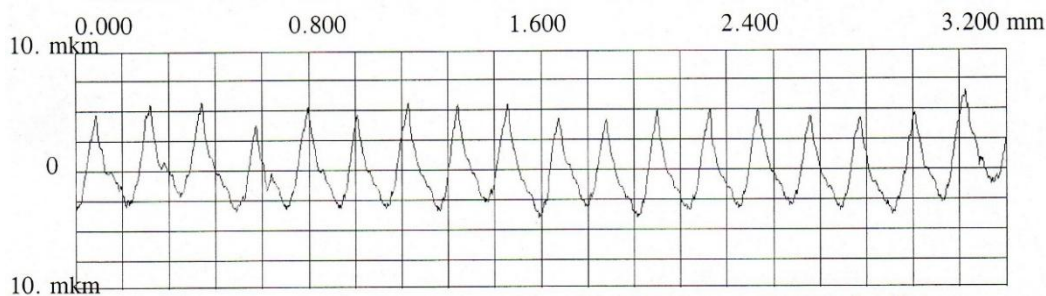
		Ra=5,022 мкм				Rmax=19,324 мкм				Sm=311,66 мкм			
P, %		5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %		24,5	26,6	28,9	31,8	34,3	37,1	43,8	55,6	65,8	70,4	74,0	76,9



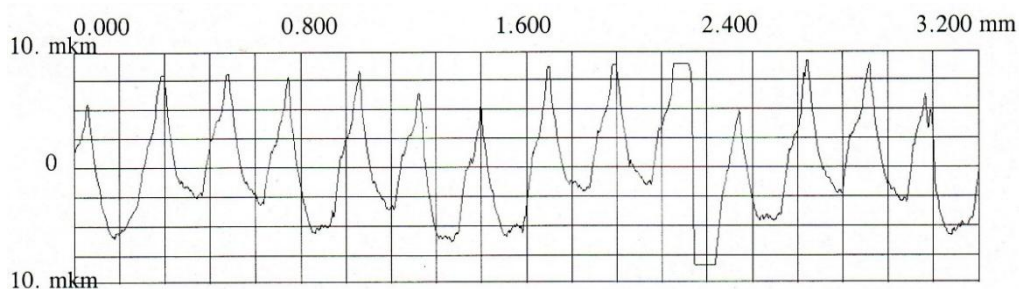
$t=3,0 \text{ мм}$

		Ra=4,488 мкм				Rmax=21,559 мкм				Sm=284, мкм			
P, %		5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %		19,9	21,9	24,0	26,9	29,2	32,5	40,3	49,6	60,6	66,1	70,2	74,9

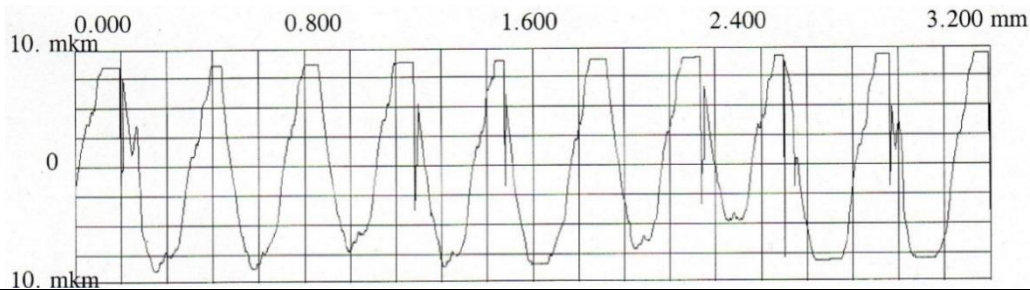
Результаты исследования влияния подачи на параметры шероховатости при обработке фрезой торцовой
ВНИИ инструмента ($t=1 \text{ мм}$, $n=800 \text{ мин}^{-1}$)



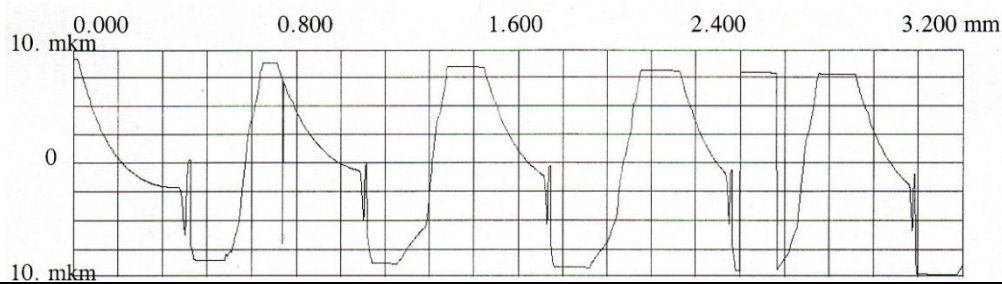
S=85 мм/мин												
Ra=1,561 мкм				Rmax=8,235 мкм				Sm=150,33 мкм				
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Тр, %	0,7	2,5	5,3	9,1	15,1	21,3	35,1	53,9	66,5	81,3	92,4	97,6



S=115 мм/мин												
Ra=2,265 мкм				Rmax=9,206 мкм				Sm=226,58 мкм				
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Тр, %	1,8	6,3	15,0	21,9	27,23	32,4	43,4	51,14	61,1	74,7	88,8	97,8

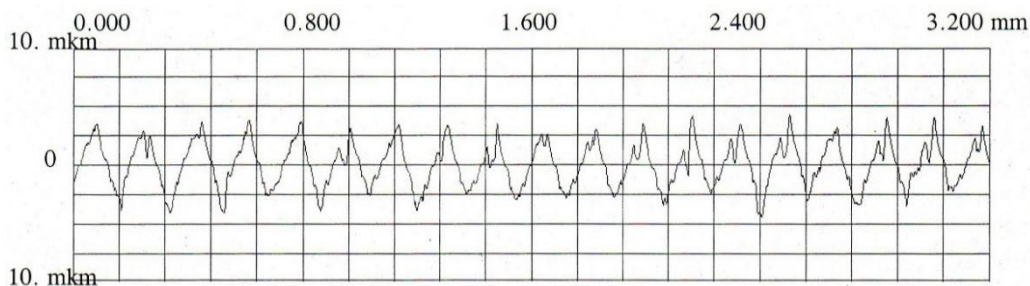


S=170 мм/мин												
Ra=3,843 мкм				Rmax=15,712 мкм				Sm=327,61 мкм				
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Тр, %	2,0	4,6	8,4	13,3	20,5	26,9	37,4	47,9	55,7	64,7	76,4	93,5



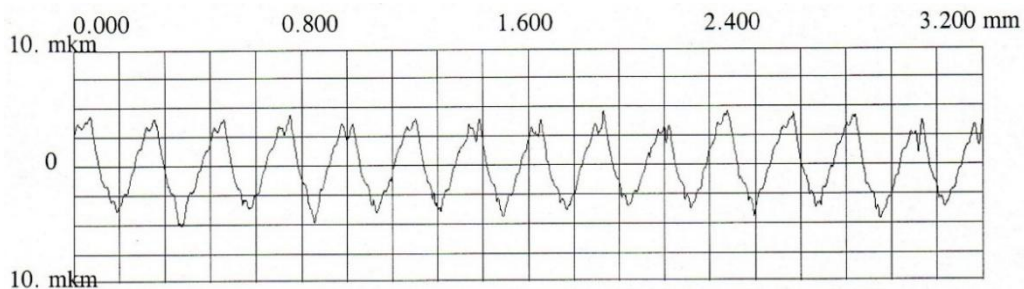
S=330 мм/мин												
Ra=5,439 мкм				Rmax=20,856 мкм				Sm=477,71 мкм				
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Тр, %	6,9	22,4	31,4	39,8	41,3	43,2	48,4	54,0	59,9	66,9	72,9	78,6

Результаты исследования влияния подачи на параметры шероховатости при обработке БМТФ
($t = 1 \text{ мм}$, $n = 800 \text{ мин}^{-1}$)



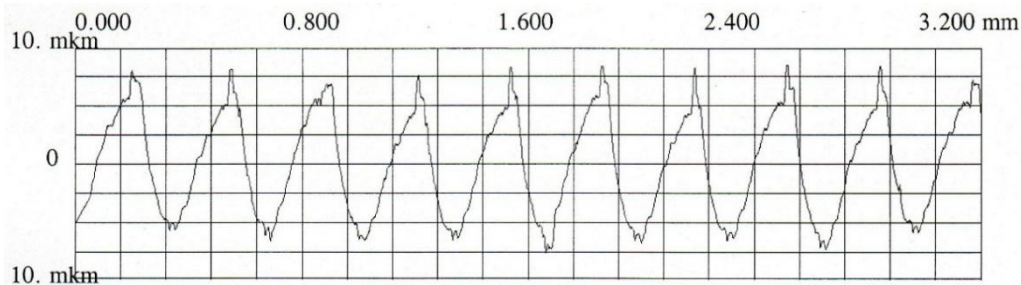
S=85 мм/мин

	Ra=2,015 мкм				Rmax=9,523 мкм				Sm=156,95 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %	0,4	0,8	2,4	4,8	7,9	11,92	21,0	29,1	40,1	56,2	74,3	92,4



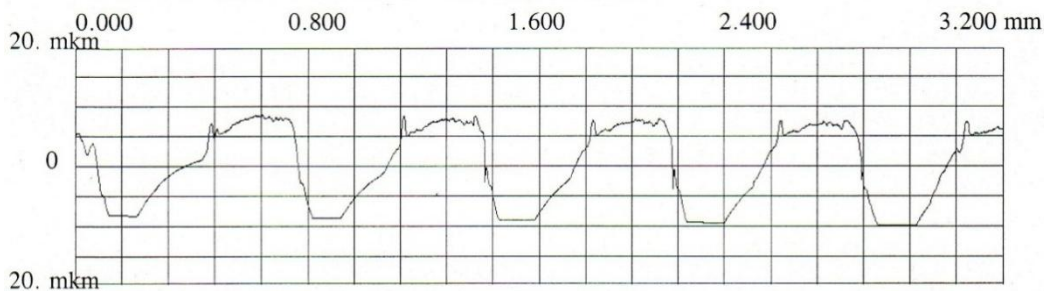
S=115 мм/мин

	Ra=3,443 мкм				Rmax=15,059 мкм				Sm=206,41 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %	3,5	6,2	8,3	10,9	14,8	20,0	32,6	44,0	58,3	74,2	85,0	97,4



S=170 мм/мин

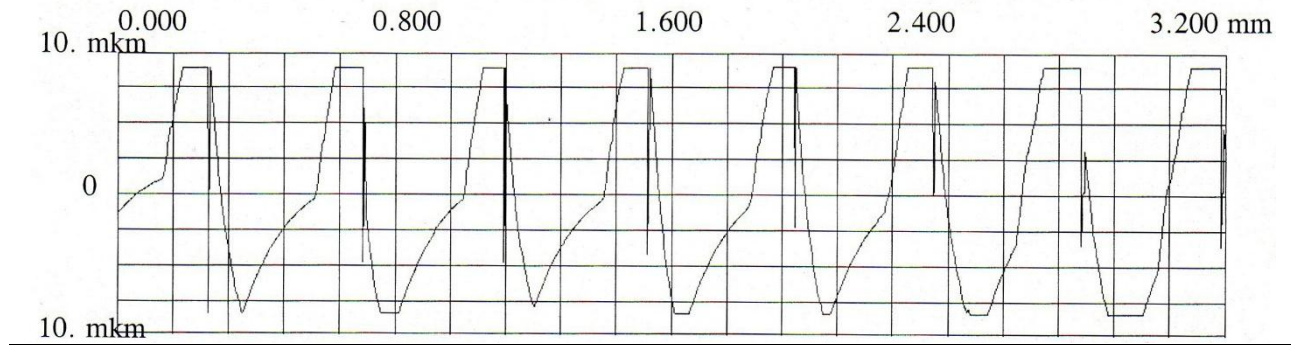
	Ra=3,568 мкм				Rmax=18,689 мкм				Sm=173,61 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %	14,6	19,8	22,8	25,1	27,9	31,5	40,8	48,8	55,1	60,7	69,2	80,7



S=330 мм/мин

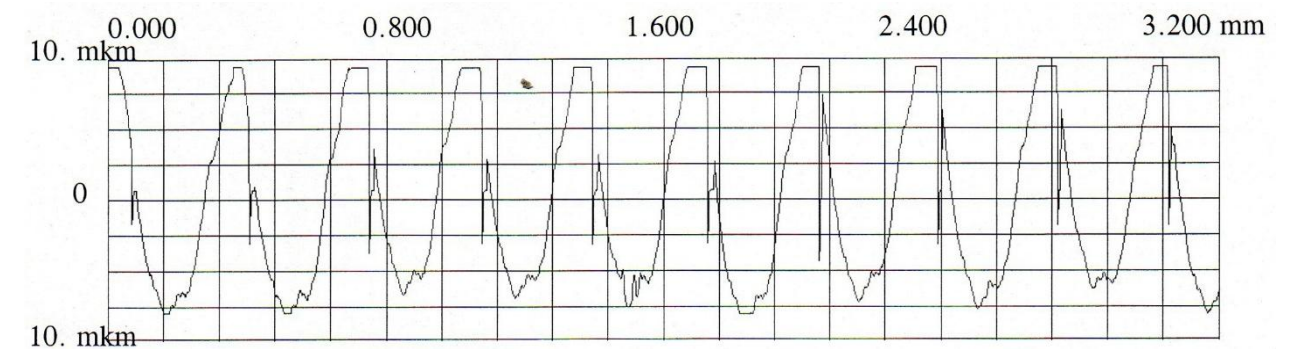
	Ra=4,870 мкм				Rmax=19,867 мкм				Sm=258,96 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90

Тр, % | 7,1 | 21,9 | 24,5 | 27,7 | 30,8 | 34,2 | 42,2 | 53,8 | 67,4 | 70,2 | 73,1 | 79,2
 Результаты исследования влияния частоты вращения на параметры шероховатости при обработке фрезой торцовой ВНИИ инструмента ($t=1$ мм, $S=330$ мм/мин)



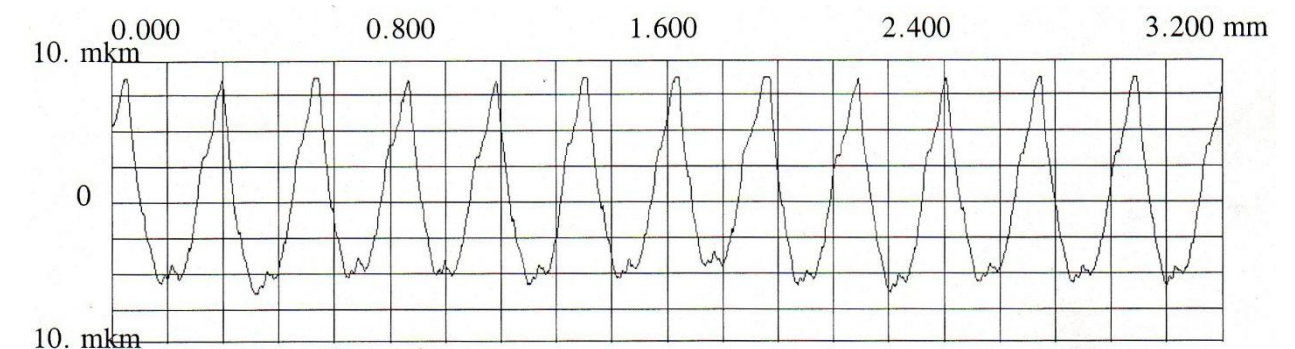
$n=800 \text{ мин}^{-1}$

	Ra=4,933 мкм				Rmax=20,069 мкм				Sm=197,89 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Тр, %	21,4	23,3	24,9	27,0	29,1	30,9	34,9	41,0	52,9	63,7	73,6	82,6



$n=1000 \text{ мин}^{-1}$

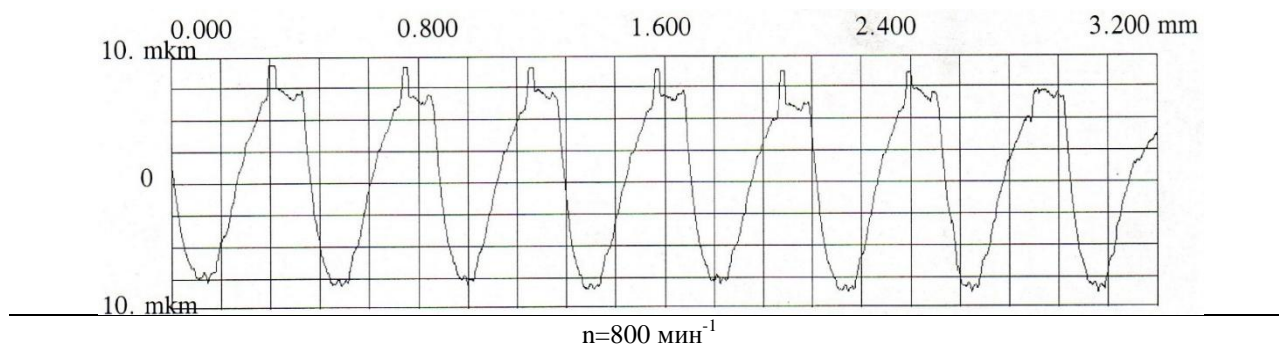
	Ra=4,391 мкм				Rmax=17,934 мкм				Sm=158,57 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Тр, %	17,3	19,7	21,9	24,0	27,1	29,9	36,3	41,2	49,0	55,6	64,6	83,8



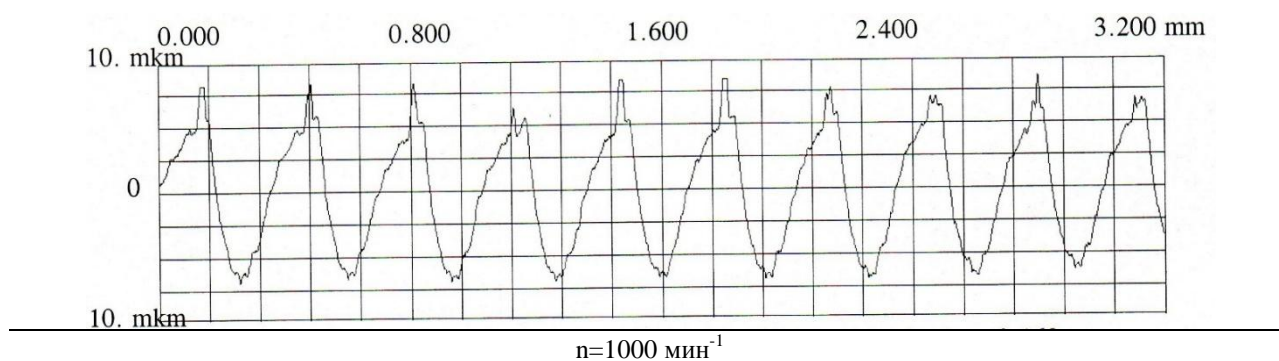
$n=1250 \text{ мин}^{-1}$

	Ra=4,215 мкм				Rmax=15,471 мкм				Sm=246,22 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Тр, %	6,5	9,9	12,7	15,7	20,4	24,4	34,5	39,7	46,7	53,9	64,2	83,9

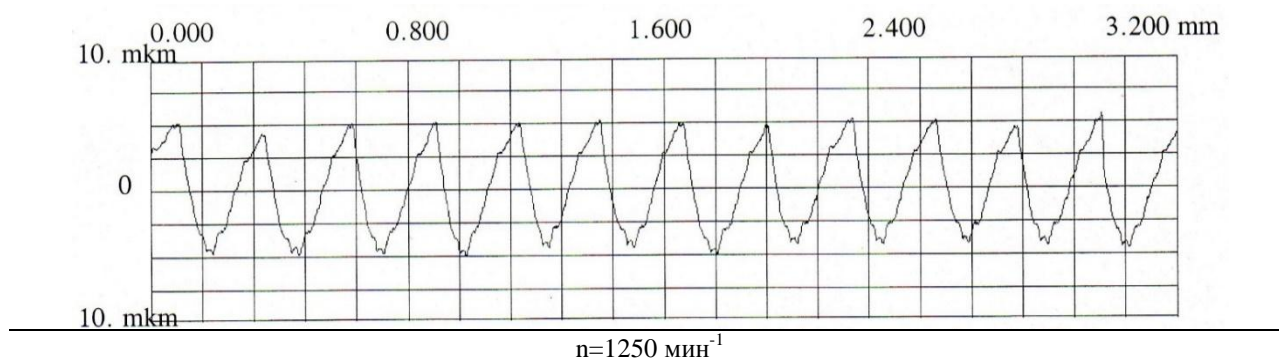
Результаты исследования влияния частоты вращения на параметры шероховатости при обработке БМТФ ($t = 1 \text{ мм}$, $S = 330 \text{ мм/мин}$)



	Ra=4,119 мкм				Rmax=18,137 мкм				Sm=411,04 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %	3,3	4,0	17,6	25,8	30,5	34,2	43,6	50,6	57,6	63,8	70,7	81,5



	Ra=3,975 мкм				Rmax=15,723 мкм				Sm=329,24 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %	2,1	3,4	7,1	11,2	16,4	24,8	37,94	47,2	56	62,7	71,2	83,1



	Ra=2,769 мкм				Rmax=10,988 мкм				Sm=260,33 мкм			
P, %	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Tr, %	1,7	7,7	12,6	18,1	24,7	31,9	38,1	46,9	53,9	61,8	74,5	89,8

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник УМО


Н.А. Борейко
« » 2017г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
учреждения образования «Полоцкий
государственный университет»


Д.Г. Гухов
« » 2017 г.



АКТ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ (ВНЕДРЕНИИ) НИР В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС Учреждения образования «Полоцкий государственный университет» результатов исследования Максимчука А.С. по теме «Совершенствование конструкций блочно-модульных торцовых фрез на основе исследования характеристик процесса резания»

Мы, нижеподписавшиеся, начальник отдела сопровождения научных исследований (ОСНИ) Полоцкого государственного университета Гончарова Т.В., заведующий кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства (ТиОМП), д.т.н., профессор Попок Н.Н., с одной стороны, и начальник учебно-методического отдела (УМО) Полоцкого государственного университета Борейко Н.А., декан механико-технологического факультета (МТФ), к.т.н., доцент Дудан А.В., с другой стороны, составили настоящий акт об использовании (внедрении) результатов исследования Максимчука А.С., по теме «Совершенствование конструкций блочно-модульных торцовых фрез на основе исследования характеристик процесса резания» в учебном процессе университета.

Авторы научно-исследовательской работы: Максимчук А.С., Портянко С.А.


Форма, место и масштабы внедрения: результаты исследования внедрены в учебный процесс учреждения образования «Полоцкий государственный университет» при изучении специальных дисциплин по специальностям 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

Полученный педагогический эффект от внедрения: полученные теоретические обоснования, методика экспериментальных исследований и конструкторские решения в результате выполненного исследования способствуют приобретению у студентов теоретических, практических и методических знаний о прогрессивных конструкциях режущего инструмента, его конструированию и лабораторным испытаниям.


Общее заключение (вывод) о целесообразности расширения масштабов внедрения вышеуказанной разработки, о необходимости ее доработки и др.: результаты исследования можно использовать для написания реферативных, курсовых и дипломных работ и проектов при изучении специальных дисциплин, а также научно-исследовательских работ и магистерских диссертаций посвященных данной тематике исследования.

Представители подразделения
разработчика

Начальник ОСНИ


Т.В. Гончарова
« » 2017г.

Зав.кафедрой ТиОМП, д.т.н., профессор


Н.Н. Попок
« » 2017г.

Представители подразделений, в которых
внедрена разработка

Декан МТФ, к.т.н., доцент


А.В. Дудан
« » 2017г.

«УТВЕРЖДАЮ»
 Проректор по научной работе
 учреждения образования «Полоцкий
 государственный университет»

 Лухов
 «___» _____ 2017 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
 Генеральный директор
 республиканского инновационного унитарного
 предприятия «Научно-технологический парк
 Полоцкого государственного университета»

 Л.Е. Кузьмич
 «___» _____ 2017 г.

АКТ
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ (ВНЕДРЕНИИ) НИР В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС
республиканского инновационного унитарного предприятия «Научно-технологический парк
Полоцкого государственного университета»
результатов исследования Максимчука А.С. по теме «Совершенствование конструкций
блочно-модульных торцовых фрез на основе исследования характеристик процесса резания»

Мы, нижеподписавшиеся, начальник отдела сопровождения научных исследований (ОСНИ) Полоцкого государственного университета Гончарова Т.В., заведующий кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства (ТиОМП), д.т.н., профессор Попок П.Н., с одной стороны, и генеральный директор республиканского инновационного унитарного предприятия «Научно-технологический парк Полоцкого государственного университета» (РИУП «НТП ПГУ») Кузьмич Л.Е., с другой стороны, составили настоящий акт об использовании (внедрении) результатов исследования Максимчука А.С., по теме «Совершенствование конструкций блочно-модульных торцовых фрез на основе исследования характеристик процесса резания» в производственном процессе научно-технологического парка Полоцкого государственного университета.

Авторы научно-исследовательской работы: Максимчук А.С., Портянко С.А.
 Форма, место и масштабы внедрения: результаты исследования внедрены в производственный процесс научно-технологического парка Полоцкого государственного университета для практического применения в работах, связанных с обработкой различных поверхностей деталей, для повышения эффективности и уменьшения себестоимости и времени обработки.

Полученный педагогический эффект от внедрения: полученные теоретические обоснования, методика экспериментальных исследований и конструкторские решения в результате выполненного исследования способствуют повышению производительности труда при обработке деталей. Внедрение усовершенствованной конструкции блочно-модульной торцовой фрезы позволяет сократить номенклатуру режущего инструмента за счёт применения унифицированных блоков и модулей.

Общее заключение (вывод) о целесообразности расширения масштабов внедрения вышеуказанной разработки, о необходимости ее доработки и др.: результаты исследования используются при механической обработке деталей.

Представители подразделения разработчика

 Начальник ОСНИ
 Т.В. Гончарова
 «___» _____ 2017 г.

Зав.кафедрой ТиОМП, д.т.н., профессор

 П.Н. Попок
 «___» _____ 2017 г.

Представители подразделений, в которых внедрена разработка

 Генеральный директор РИУП «НТП ПГУ»
 Л.Е. Кузьмич
 «___» _____ 2017 г.