

УДК 621.923

doi: 10.21685/2072-3059-2024-3-13

Обоснование параметров наладки операций проходного бесцентрового шлифования

П. В. Малинин¹, П. Ю. Бочкарев², И. И. Артемов³, М. О. Гончаров⁴

^{1,2}Камышинский технологический институт (филиал)

Волгоградского государственного технического университета, Камышин, Россия

^{2,4}Саратовский государственный университет генетики,

биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

³Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹mpv92@yandex.ru, ²bpy@mail.ru, ³artemov@pnzgu.ru, ⁴mixgoncharov@gmail.com

Аннотация. *Актуальность и цели.* Недостаточно широкое использование методов бесцентрового шлифования, отличающихся высокой производительностью и качеством обработанных поверхностей, в современном производстве связано с недостаточной научной проработкой отдельных вопросов наладки технологических операций. В связи с этим актуальным является развитие научной базы, созданной ответственными учеными и специалистами. *Материалы и методы.* Представлены и систематизированы результаты обследования передовых предприятий Поволжского региона по вопросам, касающимся выполнения процедур наладки бесцентрового шлифовального оборудования. Представлены модели и алгоритм определения наладочных параметров с учетом реальных размерных характеристик шлифовальных и ведущих кругов, размеров заготовок. Предложены наладочные параметры, регулирование которыми возможно с использованием рабочих органов оборудования, что повышает объективность качества выполнения работ и сокращает трудоемкость процедуры наладки оборудования. *Результаты.* Результатами экспериментов подтверждена взаимосвязь реальных размерных характеристик элементов технологической системы и их влияние на назначение наладочных параметров. *Выводы.* Разработанные методики позволяют исключить субъективный фактор процесса наладки оборудования и управления реализацией, что дает возможность повышения эффективности операций проходного бесцентрового шлифования.

Ключевые слова: проходное бесцентровое шлифование, проектные процедуры наладки оборудования, технологическая подготовка механообрабатывающих производств, операции бесцентрового шлифования

Для цитирования: Малинин П. В., Бочкарев П. Ю., Артемов И. И., Гончаров М. О. Обоснование параметров наладки операций проходного бесцентрового шлифования // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2024. № 3. С. 142–156. doi: 10.21685/2072-3059-2024-3-13

Ustification of the parameters for setting up operations of through-pass centerless grinding

P.V. Malinin¹, P.Yu. Bochkaev², I.I. Artemov³, M.O. Goncharov⁴

^{1,2}Kamyshin Technological Institute, branch of

Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russia

^{2,4}Saratov State University of Genetics, Biotechnology
and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

© Малинин П. В., Бочкарев П. Ю., Артемов И. И., Гончаров М. О., 2024. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

³Penza State University, Penza, Russia¹mpv92@yandex.ru, ²bpy@mail.ru, ³artemov@pnzgu.ru, ⁴mixgoncharov@gmail.com

Abstract. *Background.* The insufficiently widespread use of centerless grinding methods, characterized by high productivity and the quality of the treated surfaces, in modern production is due to insufficient scientific study of certain issues of setting up technological operations. In this regard, it is urgent to develop the scientific base created by domestic scientists and specialists. *Materials and methods.* The results of a survey of advanced enterprises in the Volga region on issues related to the implementation of procedures for setting up centerless grinding equipment are presented and systematized. Models and an algorithm for determining the adjustment parameters are presented, taking into account the actual dimensional characteristics of grinding and driving wheels, and the sizes of workpieces. The adjustment parameters are proposed, which can be regulated using the working bodies of the equipment, which increases the objectivity of the quality of work and reduces the complexity of the equipment adjustment procedure. *Results.* The results of the experiments confirmed the relationship between the real dimensional characteristics of the elements of the technological system and their influence on the purpose of the adjustment parameters. *Conclusions.* The developed methods make it possible to eliminate the subjective factor of the process of equipment setup and implementation management, which makes it possible to increase the efficiency of through-pass centerless grinding operations.

Keywords: through-through centerless grinding, design procedures for setting up equipment, technological preparation of machining plants, centerless grinding operations

For citation: Malinin P.V., Bochkarev P.Yu., Artemov I.I., Goncharov M.O. Ustification of the parameters for setting up operations of through-pass centerless grinding. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki = University proceedings. Volga region. Engineering sciences.* 2024;(3):142–156. (In Russ.). doi: 10.21685/2072-3059-2024-3-13

Введение

При всестороннем анализе состояния любого объекта техники и технологии необходим детальный сбор информации о состоянии действительного применения результатов научно-исследовательских работ и выявлении с учетом временного промежутка практической значимости представленных исследований или констатации причин их не востребоваемости. Такую проработку целесообразно провести применительно к технологическим операциям бесцентрового шлифования, базовые научные исследования которых были заложены достаточно давно [1–4] и в последующем принципиальным корректировкам не подвергались. В современной научно-технической литературе приводятся методические рекомендации по технологической подготовке операций, выполняемых на бесцентрово-шлифовальном оборудовании. С учетом высокой производительности способов бесцентрового шлифования с одновременным получением высоких качественных размерных характеристик и геометрической формы обрабатываемых поверхностей [5, 6] актуальность развития научной базы, созданной отечественными учеными и производственниками, не вызывает сомнений.

Материалы и методы

Рассматривая использование данных операций в действующих производственных системах механообработки, однозначно можно отметить тенденцию сокращения видов обработки методом бесцентрового шлифования;

особенно это заметно на примере операций врезного бесцентрового шлифования и обработки внутренних цилиндрических поверхностей. С целью выявления и конкретизации причинно-следственных связей сложившейся ситуации было выполнено обследование передовых предприятий Поволжского региона (Саратовская, Пензенская, Волгоградская области). Изучались конструкторско-технологическая документация, состав парка оборудования, подходы к организации технологической подготовки и функционированию производственных систем. Отдельное место занимали опросы наладчиков и операторов технологического оборудования, используемого на операциях бесцентрового шлифования с фиксацией информации в опросных листах. На рис. 1 приведены результаты обобщения собранного материала, дающего достаточно подробный срез по реальному состоянию применения операций бесцентрового шлифования в современных отечественных производственных системах.

Анализ полученной информации позволил сформулировать следующие основные заключения, обосновывающие необходимость кардинального изменения организации технологической подготовки операций бесцентрового шлифования:

- при наладке в значительной мере не используются известные теоретические методики и рекомендации;
- качество наладки бесцентрового оборудования в основном зависит от опыта и квалификации наладчиков;
- во всех случаях основным способом настройки является подгонка методом шлифования пробных деталей;
- предварительная настройка станка выполняется разнообразными способами, связанными с большими погрешностями и временными затратами труда наладчиков.

Для нивелирования перечисленных недостатков и значительного снижения трудоемкости выполнения процесса наладки и подналадки проведены исследования, позволяющие развить известные теоретические методы. На их основе разработаны модели определения наладочных параметров с учетом реальных размерных характеристик шлифовальных и ведущих кругов, размеров заготовок [7–11]. В качестве устанавливаемых наладочных параметров выбраны такие, регулирование которыми возможно с использованием рабочих органов оборудования, что повышает объективность качества выполнения работ и сокращает трудоемкость процедуры наладки оборудования.

Полученные зависимости устанавливают взаимосвязи между размерными характеристиками обрабатываемой поверхности и элементами технологического оборудования и оснастки, влияющими на места их контакта и обеспечивающими условия силового замыкания в процессе реализации обработки [12]. Для наладочного параметра – расстояния между центрами шлифовального и ведущего кругов в сечении, в котором выполняется наладка (оси кругов расположены в одной горизонтальной плоскости), представлены зависимости, устанавливающие взаимосвязь размерных характеристик.

Расстояние между центрами кругов $L_{D_{ш}D_{в}} = |D_{ш}D_{в}|$ зависит от изменения размерных характеристик:

- диаметра шлифовального круга $D_{ш}$;

- диаметра ведущего круга D_B ;
- действительного размера диаметра заготовки обрабатываемой поверхности d .



Рис. 1. Структура подходов к процедурам наладки операций проходного бесцентрового оборудования на промышленных предприятиях

То есть $L_{D_{\text{ш}}D_{\text{в}}}$ является функцией трех переменных $L_{D_{\text{ш}}D_{\text{в}}} = \mathcal{F}(d, D_{\text{ш}}, D_{\text{в}})$.

В этом случае для функции могут быть составлены уравнения в частных производных (на примере $\frac{\partial L_{D_{\text{ш}}D_{\text{в}}}}{\partial d}$):

$$\frac{\partial L_{D_{\text{ш}}D_{\text{в}}}}{\partial d} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{ш}} + d}} + \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{в}} + d}} \right) - \frac{h}{(D_{\text{ш}} + d) \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{ш}} + d}}} - \frac{h}{(D_{\text{в}} + d) \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{в}} + d}}},$$

решениями которых являются выражения:

- при переменной d :

$$\begin{aligned} L_{D_{\text{ш}}D_{\text{в}}} = & \left((d + D_{\text{ш}}) \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{ш}} + d}} - h \ln \left| \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{ш}} + d}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{ш}} + d}}} \right| - \right. \\ & \left. - (d + D_{\text{в}}) \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{в}} + d}} + h \ln \left| \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{в}} + d}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{в}} + d}}} \right| - \right. \\ & \left. - h \ln \left| D_{\text{в}} + d - h + \sqrt{(D_{\text{в}} + d)^2 - 2h(D_{\text{в}} + d)} \right| - \right. \\ & \left. - h \ln \left| D_{\text{ш}} + d - h + \sqrt{(D_{\text{ш}} + d)^2 - 2h(D_{\text{ш}} + d)} \right| + C(D_{\text{ш}}; D_{\text{в}}); \right. \end{aligned}$$

- при переменной $D_{\text{ш}}$:

$$\begin{aligned} L_{D_{\text{ш}}D_{\text{в}}} = & \frac{D_{\text{ш}}}{2} \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{в}} + d}} + \frac{1}{2} \left((D_{\text{ш}} + d) \sqrt{1 + \frac{2h}{D_{\text{ш}} + d}} - h \ln \left| \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{ш}} + d}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{ш}} + d}}} \right| + \right. \\ & \left. + h \ln \left| D_{\text{ш}} + d - h + \sqrt{(D_{\text{ш}} + d)^2 - 2h(D_{\text{ш}} + d)} \right| + \frac{D_{\text{ш}} h}{(D_{\text{в}} + d) \sqrt{1 - \frac{2h}{D_{\text{в}} + d}}} + \check{C}(d; D_{\text{в}}); \right. \end{aligned}$$

• при переменной D_B :

$$L_{D_{III}D_B} = \frac{D_B}{2} \sqrt{1 + \frac{2h}{D_{III} + d}} + \frac{1}{2} \left((D_B + d) \sqrt{1 + \frac{2h}{D_B + d}} - h \ln \left| \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{2h}{D_B + d}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{2h}{D_B + d}}} \right| \right) +$$

$$+ h \ln \left| D_B + d - h + \sqrt{(D_B + d)^2 - 2h(D_B + d)} \right| + \frac{D_B h}{(D_B + d) \sqrt{1 - \frac{2h}{D_B + d}}} + \tilde{C}(d; D_{III}),$$

где h – рекомендованная высота установки центра заготовки обрабатываемой поверхности.

Созданные модели позволили разработать алгоритмическое обеспечение для определения расчета параметров наладки оборудования. Представленная на рис. 2 блок-схема поясняет последовательность выполнения групп действий по расчету параметров наладки оборудования при расположении центров шлифовального и ведущего кругов на одной горизонтальной линии и предназначена для создания программного обеспечения данной проектной процедуры технологической подготовки в части реализации операции.

Первоначальный ввод исходной информации связан с занесением данных, отражающих реальное состояние технологического оснащения операции бесцентрового шлифования наружных цилиндрических поверхностей: действительные диаметры шлифовального и ведущего кругов, угол наклона опорной поверхности установочного ножа. Следующим шагом является занесение информации о диаметре обрабатываемой поверхности – вводится средний диаметр поверхности с учетом известных предельных размеров в сечении рабочей зоны, когда центры шлифовального и ведущего кругов расположены на одной горизонтальной прямой. Представленная информация является неизменяемой для расчета наладочных параметров выполнения технологической операции в конкретных условиях.

В соответствии с разработанными нормативными рекомендациями [13, 14] выбирается первоначальное значение высоты установления центра обрабатываемой поверхности относительно горизонтальной линии, соединяющей центры шлифовального и ведущего кругов.

Выполнение расчетного этапа схемы заключается в последовательном выполнении вычислительных действий с использованием разработанных зависимостей и позволяет установить: угол между линиями, соединяющими центр шлифовального круга с центром детали и центром ведущего круга; угол между линиями, соединяющими центр ведущего круга с центром детали и центром шлифовального круга; угол между линиями, соединяющими центр детали с центром ведущего круга и точкой контакта обрабатываемой поверхности с плоскостью опорного ножа. Это обеспечивает получение расчетного значения расстояния между центрами шлифовального и ведущего кругов, предлагаемого в качестве основного наладочного параметра, отличающегося свойством объективности контроля и удобством регулирования.

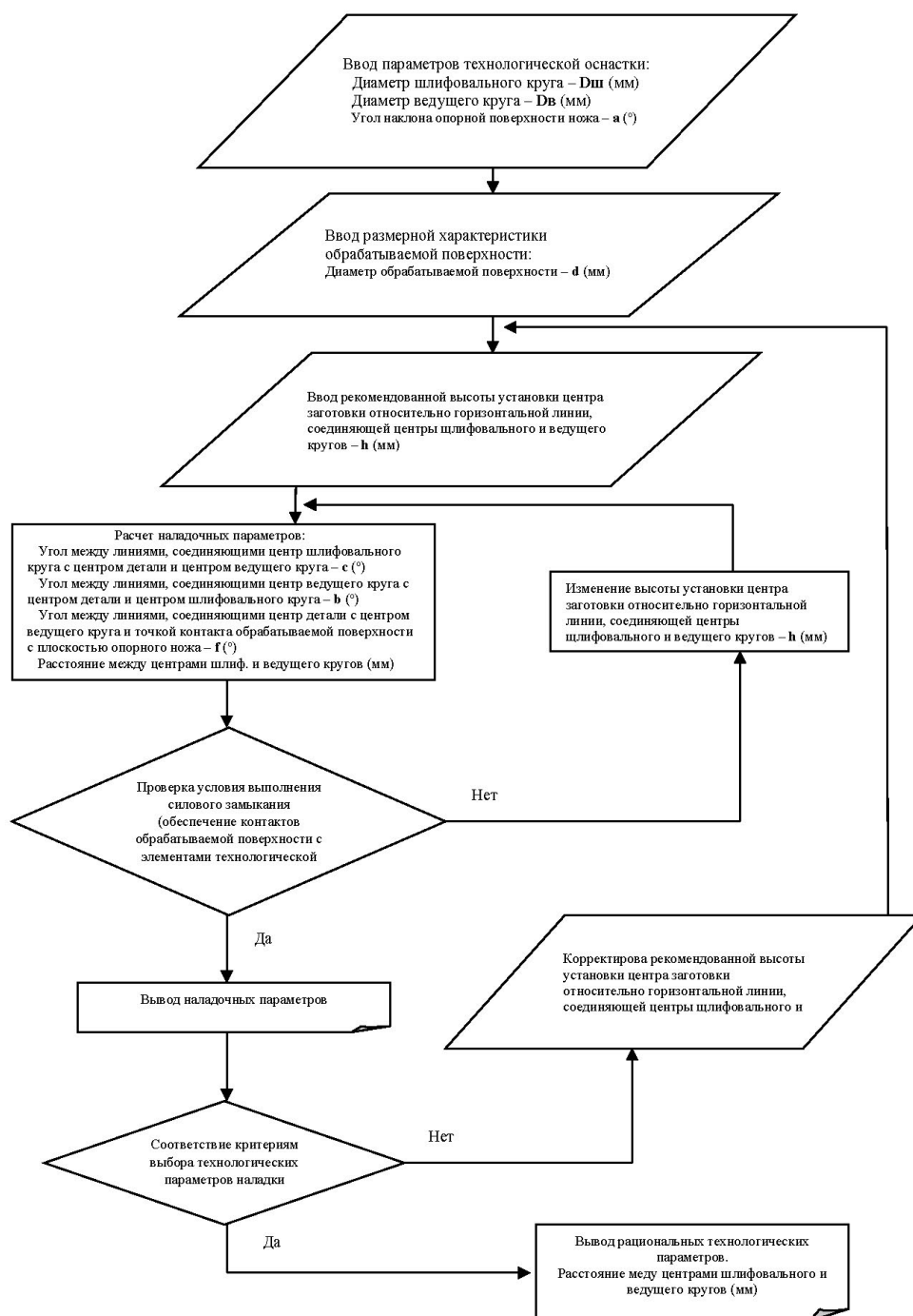
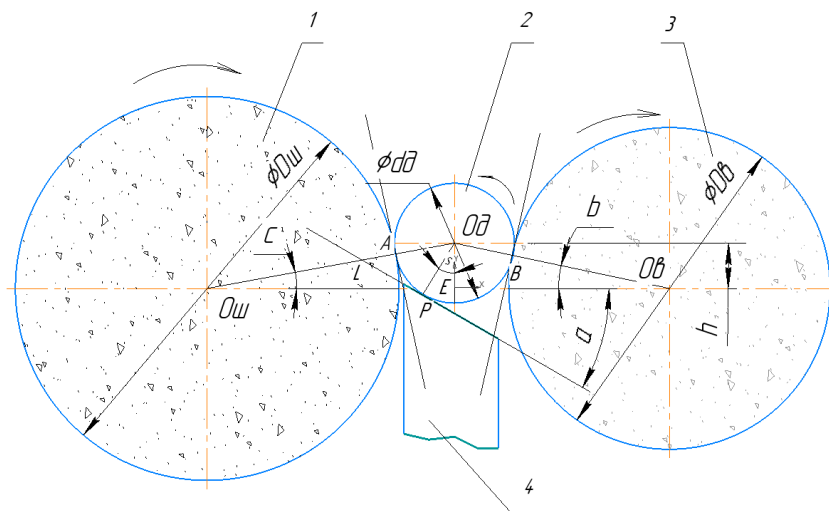


Рис. 2. Блок-схема расчета параметров наладки оборудования

На следующем этапе на основе рассчитанных значений наладочных параметров проводится проверка с позиции выполнения условия силового замыкания при реализации обработки детали в части обеспечения контактов обрабатываемой поверхности во всех трех точках с элементами технологической системы. Данное геометро-пространственное условие является обяза-

Продолжением реализации действий в соответствии с блок-схемой является возможность проведения анализа нескольких вариантов расчета наладочных параметров, отличающихся значениями рекомендованных высот установления центра обрабатываемой поверхности относительно горизонтальной линии, соединяющей центры шлифовального и ведущего кругов, что расширяет многовариантность принятия решений и позволяет на следующих этапах проектирования технологических операций принимать рациональные решения.

Экспериментальная проверка созданных моделей, алгоритмов и программного обеспечения выполнялась на базе исходных данных изготовления детали «Кольцо наружное» подшипника 6-170314Ш1.01 ГОСТ 520–2011 в условиях ПР-8 АО «ЕПК Саратов» на станке Sasl 200*500. Представлено графическое представление (обозначения приведены на рис. 3) для первого прохода предварительного шлифования, подтверждающее взаимосвязь размерных характеристик отдельных элементов технологической системы и их влияние на назначение наладочных параметров (рис. 4–16).



149

На рис. 4–7 представлены графики зависимостей при изменяющемся диаметре шлифовального круга I ; на рис. 8–10 – при изменяющемся диаметре ведущего круга 3 ; на рис. 11–13 – при неизменяющейся величине суммы диаметров шлифовального I и ведущего 2 ведущих кругов; на рис. 14–16 – при изменении диаметра заготовки в рамках допуска координат точек контакта поверхности заготовки 2 со шлифовальным кругом – т. A , с ведущим кругом – т. B , опорной поверхностью ножа 4 – т. P , при принятии за центр координат центра заготовки обрабатываемой поверхности.

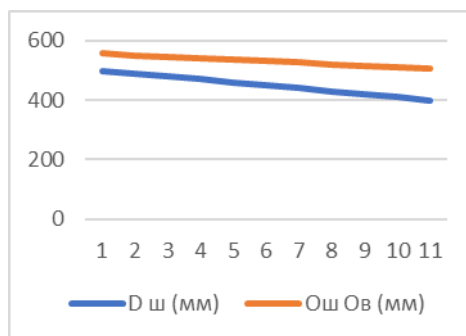


Рис. 4. Влияние расстояния между центрами шлифовального и ведущего кругов от диаметра шлифовального круга

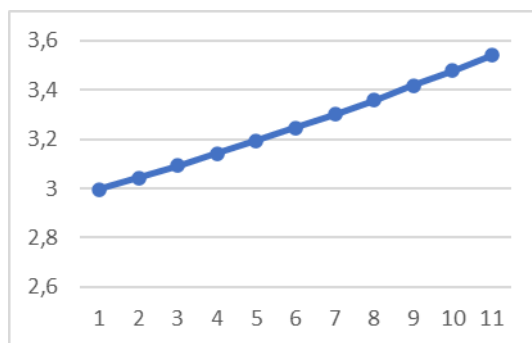


Рис. 5. Влияние значения угла c° от диаметра шлифовального круга

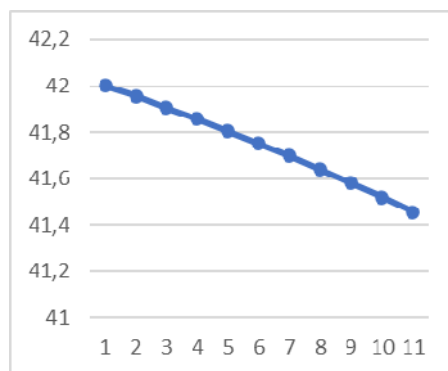


Рис. 6. Влияние значения угла f° (между линией, соединяющей центры заготовки и шлифовального круга и линией, соединяющей центр заготовки с точкой контакта заготовки и опорной поверхностью ножа) от диаметра шлифовального круга

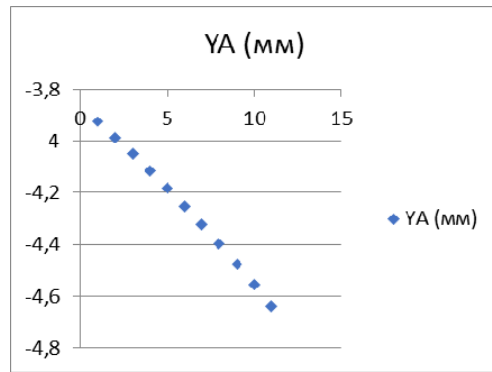


Рис. 7. Влияние значения координаты Y т. A от диаметра шлифовального круга

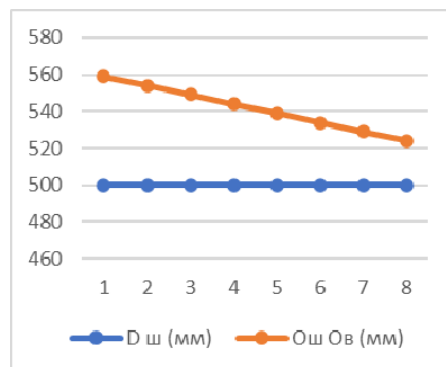


Рис. 8. Влияние расстояния между центрами шлифовального и ведущего кругов от диаметра ведущего круга

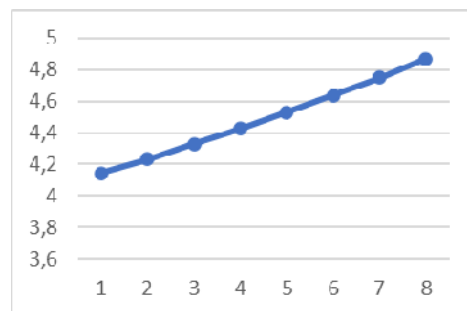


Рис. 9. Влияние значения угла b° от диаметра ведущего круга

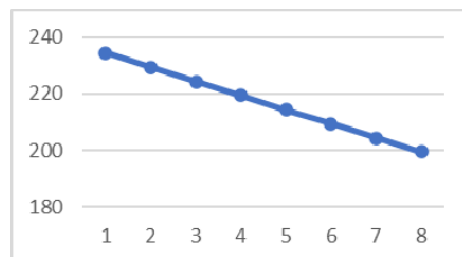


Рис. 10. Влияние диаметра ведущего круга на величину расстояния по горизонтали между центром ведущего круга и осью заготовки

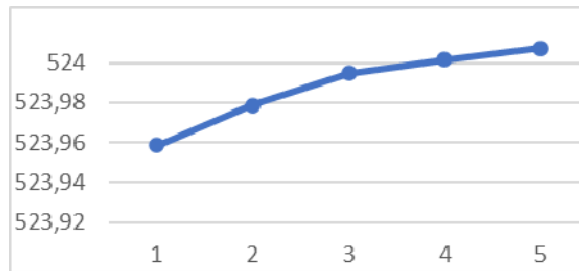


Рис. 11. Изменение расстояния между центрами шлифовального и ведущего кругов

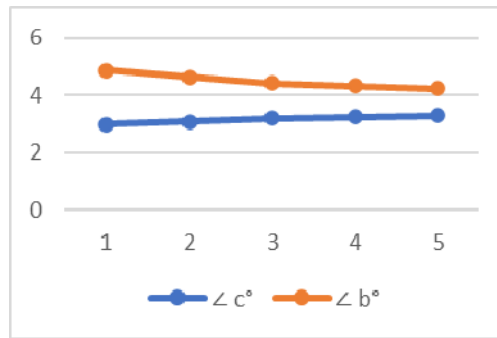


Рис. 12. Изменение величин углов c° и b°

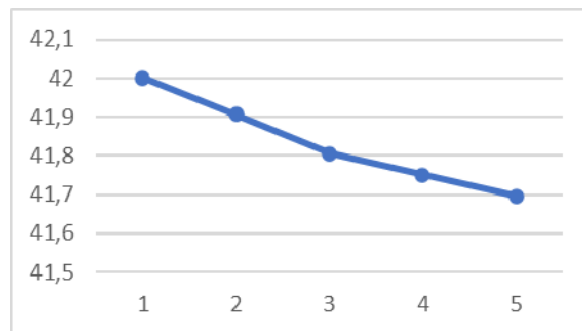


Рис. 13. Изменение угла f°

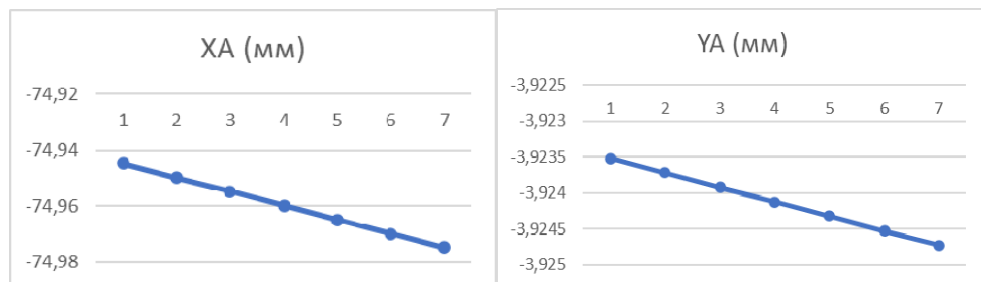


Рис. 14. Изменение координат т. А

Результаты

Полученные результаты подтверждают взаимовлияние всех рассматриваемых характеристик и доказывают необходимость создания целостной ме-

тодической основы по расчету наладочных параметров операций бесцентрового шлифования, без учета которых невозможно обеспечить технологическое сопровождение процедур подготовки и реализации процессов обработки деталей.

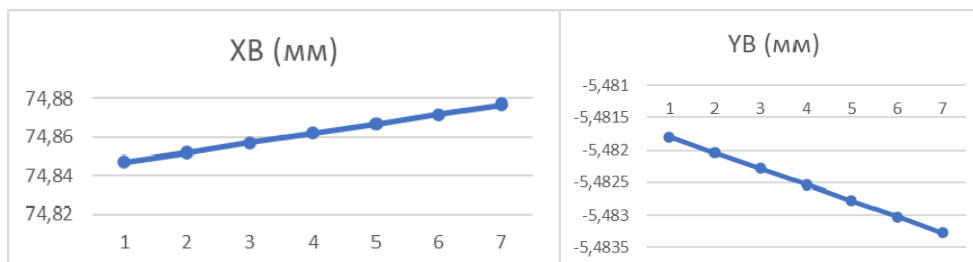


Рис. 15. Изменение координат т. В

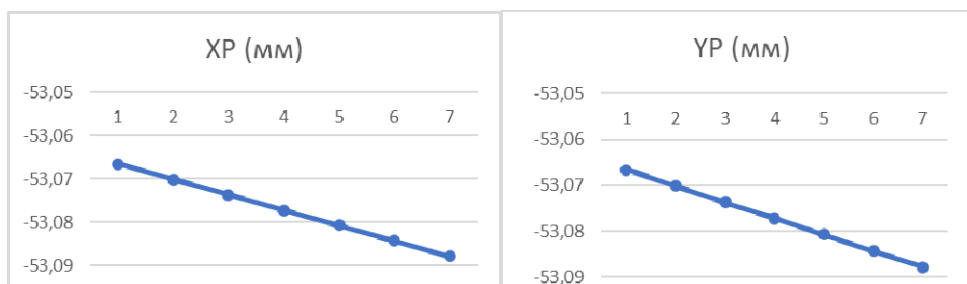


Рис. 16. Изменение координат т. Р

Заключение

Проведенный анализ известных научных работ по технологическому обеспечению операций бесцентрового шлифования с позиций современных условий и сложившихся в настоящий период технико-экономических требований показал, что базовые принципы, на которых строится методическое обеспечение в данной области, не позволяет исключить сугубо субъективный фактор процесса наладки оборудования и управление процессом. Такая ситуация не дает возможности эффективного функционирования производственных систем, состоящих из групп бесцентрового шлифовального оборудования. Данный вывод подтвержден исследованиями, проведенными на действующих машиностроительных предприятиях Поволжского региона, в производственном процессе которых задействованы технологии обработки заготовок методом проходного бесцентрового шлифования.

Предложены пути развития научно-методической базы технологического обеспечения операций проходного бесцентрового шлифования на основании полученных авторами результатов. Разработаны модели определения наладочных параметров с учетом реальных размерных характеристик шлифовальных и ведущих кругов, размеров заготовок с учетом их взаимовлияния, алгоритмическое и программное обеспечение выполнения проектных процедур наладки станков. Результаты проведенной апробации теоретических исследований для условий действующего производства подтвердили выдвинутые гипотезы и положения и позволили совместно со специалистами

предприятий сформулировать принципы разрабатываемых методических положений наладки технологических операций проходного бесцентрового шлифования как реализующих созданные формализованные модели, так и учитывающих их удобное практическое внедрение и использование.

Список литературы

1. Слонимский В. И. Теория и практика бесцентрового шлифования. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Машгиз, 1952. 286 с.
2. Прохоров А. Ф., Константинов К. Н., Волков Л. П. Наладка и эксплуатация бесцентровых шлифовальных станков. М. : Машиностроение, 1976. 192 с.
3. Филькин В. П., Колтунов И. Б. Прогрессивные методы бесцентрового шлифования. М. : Машиностроение, 1971. 204 с.
4. Муцянюк В. И., Братчиков А. Я. Бесцентровое шлифование. Л. : Машиностроение, 1986. 96 с.
5. Ашкиназий Я. М. Бесцентровые шлифовальные станки. Конструкции, обработка и правка. М. : Машиностроение, 2003. 352 с.
6. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2013. 568 с.
7. Малинин П. В., Бочкарев П. Ю. Структуризация способов бесцентрового шлифования с использованием кластерного анализа // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2022. № 8. С. 36–39.
8. Малинин П. В., Бочкарев П. Ю., Ульянова Л. Д., Шалунов В. В. Совершенствование технологической подготовки операций бесцентрового шлифования // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2022. № 4. С. 147–160.
9. Митин С. Г., Бочкарев П. Ю. Разработка моделей и методик автоматизации проектных процедур для проектирования технологических операций со сложной структурой // Автоматизация в промышленности. 2018. № 2. С. 45–51.
10. Малинин П. В., Бочкарев П. Ю., Артемов И. И., Гончаров М. О. Определение наладочных параметров операций проходного бесцентрового шлифования // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2023. № 3. С. 144–153.
11. Малинин П. В., Бочкарев П. Ю. Группирование по технологическим признакам операций продольного бесцентрового шлифования // Воронежский научно-технический вестник. 2024. Т. 1, № 1. С. 61–69.
12. Малинин П. В., Бочкарев П. Ю., Артемов И. И., Гончаров М. О. Взаимосвязанность сил при проходном бесцентровом шлифовании // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2023. № 4. С. 149–159.
13. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. 4-е изд., перераб. и доп. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. М. : Машиностроение, 1986. Т. 2. 496 с.
14. Справочник технолога / под общ. ред. А. Г. Суслова. М. : Инновационное машиностроение, 2019. 800 с.

References

1. Slonimskiy V.I. *Teoriya i praktika bescentrovogo shlifovaniya. 2-e izd., pere-rab. i dop.* = *Theory and practice of centerless grinding. The 2nd edition, revised and supplemented.* Leningrad: Mashgiz, 1952:286. (In Russ.)
2. Prokhorov A.F., Konstantinov K.N., Volkov L.P. *Naladka i ekspluatatsiya bes-tsentrykh shlifoval'nykh stankov* = *Adjustment and operation of centerless grinding machines.* Moscow: Mashinostroenie, 1976:192. (In Russ.)

3. Fil'kin V.P., Koltunov I.B. *Progressivnye metody bestsentrovogo shlifovaniya = Progressive methods of centerless grinding*. Moscow: Mashinostroenie, 1971:204. (In Russ.)
4. Mutsyanko V.I., Bratchikov A.Ya. *Bestsentrovoe shlifovanie = Centerless grinding*. Leningrad: Mashinostroenie, 1986:96. (In Russ.)
5. Ashkinaziy Ya.M. *Bestsentrovye shlifoval'nye stanki. Konstruktsii, obrabotka i pravka = Centerless grinding machines. Design, processing and dressing*. Moscow: Mashinostroenie, 2003:352. (In Russ.)
6. Bez'yazychnyy V.F. *Osnovy tekhnologii mashinostroeniya: uchebnik dlya vuzov = Fundamentals of mechanical engineering technology: textbook for universities*. Moscow: Mashinostroenie, 2013:568. (In Russ.)
7. Malinin P.V., Bochkarev P.Yu. Structuring of centerless grinding methods using cluster analysis. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Volgograd State Technical University*. 2022;(8):36–39. (In Russ.)
8. Malinin P.V., Bochkarev P.Yu., Ul'yanova L.D., Shalunov V.V. Improving the technological preparation of centerless grinding operations. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki = University proceedings. Volga region. Engineering sciences*. 2022;(4):147–160. (In Russ.)
9. Mitin S.G., Bochkarev P.Yu. Development of models and methods for automation of design procedures for designing technological operations with a complex structure. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti = Automation in industry*. 2018;(2):45–51. (In Russ.)
10. Malinin P.V., Bochkarev P.Yu., Artemov I.I., Goncharov M.O. Determination of setup parameters for the centerless grinding operation. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki = University proceedings. Volga region. Engineering sciences*. 2023;(3):144–153. (In Russ.)
11. Malinin P.V., Bochkarev P.Yu. Grouping of longitudinal centerless grinding operations according to technological characteristics. *Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskiiy vestnik = Voronezh Scientific and Technical bulletin*. 2024;1(1):61–69. (In Russ.)
12. Malinin P.V., Bochkarev P.Yu., Artemov I.I., Goncharov M.O. Interrelation of forces in continuous centerless grinding. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki = University proceedings. Volga region. Engineering sciences*. 2023;(4):149–159. (In Russ.)
13. Kosilova A.G., Meshcheryakov R.K. (eds.). *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya: v 2 t. 4-e izd., pererab. i dop. = Handbook of a mechanical engineer: in 2 volumes. The 4th edition, revised and supplemented*. Moscow: Mashinostroenie, 1986;2:496. (In Russ.)
14. Suslov A.G. (ed.). *Spravochnik tekhnologa = Technologist's handbook*. Moscow: Innovatsionnoe ma-shinostroenie, 2019:800. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Павел Витальевич Малинин

аспирант, Камышинский
технологический институт (филиал)
Волгоградского государственного
технического университета (Россия,
г. Камышин, ул. Ленина, 6А)

E-mail: mpv92@yandex.ru

Pavel V. Malinin

Postgraduate student, Kamyshin
Technological Institute, branch of
Volgograd State Technical University
(6A Lenina street, Kamyshin, Russia)

Петр Юрьевич Бочкарев

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры технологии
машиностроения и прикладной механики,
Камышинский технологический
институт (филиал) Волгоградского
государственного технического
университета (Россия, г. Камышин,
ул. Ленина, 6А); профессор кафедры
технического обеспечения АПК,
Саратовский государственный
университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н. И. Вавилова
(Россия, г. Саратов, ул. Советская, 60)

E-mail: bpy@mail.ru

Petr Yu. Bochkarev

Doctor of engineering sciences, professor,
professor of the sub-department
of engineering technology and applied
mechanics, Kamyshin Technological
Institute, branch of Volgograd State
Technical University (6A Lenina street,
Kamyshin, Russia); professor
of the sub-department of technical
support of the agro-industrial complex,
Saratov State University of Genetics,
Biotechnology and Engineering named
after N.I. Vavilov (60 Sovetskaya street,
Saratov, Russia)

Игорь Иосифович Артемьев

доктор технических наук, профессор,
директор Научно-исследовательского
института фундаментальных
и прикладных исследований, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: artemov@pnzgu.ru

Igor' I. Artemov

Doctor of engineering sciences, professor,
director of the Research Institute
of Fundamental and Applied Research,
Penza State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Михаил Олегович Гончаров

инженер, Саратовский государственный
университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н. И. Вавилова
(Россия, г. Саратов,
ул. Советская, 60)

E-mail: mixgoncharov@gmail.com

Mikhail O. Goncharov

Engineer, Saratov State University
of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov (60 Sovetskaya
street, Saratov, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 15.08.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 11.09.2024

Принята к публикации / Accepted 13.10.2024