

УДК 621.75

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНКОВ  
ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

*ИЛЬЮШИНА Елена Валерьевна<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
ЮШКЕВИЧ Надежда Михайловна<sup>1</sup> ст. преподаватель  
(<sup>1</sup>Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь)*

**Ильюшина Е. В., Юшкевич Н.М.**

212000, Республика Беларусь, г. Могилев, проспект Мира, 43

Белорусско-Российский университет,

e-mail: [lenatit@tut.by](mailto:lenatit@tut.by)

e-mail: [ronami@tut.by](mailto:ronami@tut.by)

**Аннотация**

Приведены результаты экспериментальных исследований пневмовибродинамической обработки чугуновых направляющих металлорежущих станков для повышения их износостойкости. Установлены зависимости величины шероховатости обработанной поверхности от режимов обработки и конструктивных параметров инструмента. Выявлено влияние параметров обработки на плотность распределения лунок на обработанной поверхности. Определены оптимальные режимы пневмовибродинамической обработки.

**Ключевые слова:** станина, чугуновые направляющие, износ, качество поверхности, пневмовибродинамическая обработка, шероховатость поверхности.

**Введение**

Станина является основной частью металлорежущего станка. На ней монтируются узлы и механизмы, от правильной работы которых зависит качество выпускаемой продукции. Главными требованиями, предъявляемыми к станине, являются износоустойчивость, жесткость и стабильная геометрическая форма поверхности [1]. Большая часть станин изготавливается литьем из серого чугуна. Направляющие станин металлорежущих станков могут быть выполнены заодно со станиной, либо же их изготавливают в виде сменных элементов. Качество изготовления направляющих поверхностей оказывает непосредственное воздействие на равномерное прямолинейное перемещение узлов и механизмов, расположенных на них, а правильное расположение и перемещение режущего инструмента и заготовки напрямую влияет на точность механической обработки.

Изнашивание направляющих, заключающееся в изменении геометрической формы их поверхностей, ведет к закономерному изменению траектории передвижения суппорта и, как следствие, на обрабатываемых деталях образуются погрешности, приводящие к браку выпускаемой продукции. Одной из причин возникновения износа является попадание стружки, песка и абразивных частиц на незащищенные соприкасаемые поверхности, вызывающее увеличение силы трения между ними. Износ направляющих приводит к заеданиям, от чего точность обработки на станке снижается.

В современном машиностроении стремятся к увеличению надежности и долговечности направляющих. Одним из способов повышения их износоустойчивости является упрочнение поверхностного слоя, осуществляемое с помощью пневмовибродинамической обработки (ПВДО) [2].

Пневмовибродинамическая обработка относится к методам поверхностно-пластического деформирования и используется на финишных операциях технологического процесса по изготовлению направляющих. При ПВДО упрочнение осуществляется за счет многократных разнонаправленных ударов деформирующих шаров по обрабатываемой

поверхности. Использование ПВДО для финишной обработки направляющих станин целесообразно не только при их изготовлении, но и ремонте, так как снижается трудоемкость обработки в сравнении со шлифованием; на обработанной поверхности отсутствуют прижоги, микротрещины и задиры; в упрочненном поверхностном слое повышается микротвердость; появляются благоприятные сжимающие остаточные напряжения; образуется новый микрорельеф с сеткой лунок, что способствует повышению маслостойкости поверхности [3, 4].

Целью работы является проведение исследований пневмовибродинамической обработки чугунных направляющих станков для установления зависимостей шероховатости обработанной поверхности от режимов обработки и конструктивных параметров инструмента.

#### **Исследование влияния режимов пневмовибродинамической обработки на шероховатость обработанной поверхности**

Для ПВДО плоских поверхностей используется усовершенствованная конструкция инструмента [5], позволяющая повысить производительность обработки и снизить уровень звукового давления, в сравнении с ранее используемыми аналогами. Конструкция инструмента, представленная на рисунке 1, содержит два ряда шаров: приводящие и деформирующие.



Рисунок 1 – Инструмент для ПВДО плоских поверхностей

Принцип работы состоит в следующем: воздух, подаваемый от системы питания, приводит во вращение ротор инструмента, с размещенными в нем приводящими шарами, которые, перекатываясь, наносят удары по деформирующим элементам, а они, в свою очередь, ударяют по упрочняемой поверхности. Инструмент можно установить в шпиндель вертикально-фрезерного станка, а заготовку закрепить на столе. При включенной подаче стола станка заготовка совершает прямолинейное перемещение, шары наносят удары по ее поверхности, образуя на ней рельеф в виде густой сетки лунок (рисунок 2).

Отличительной особенностью инструмента является возможность управления процессом с помощью контроля подачи воздуха на деформирующие и приводящие элементы за счет предусмотренных отдельных воздушных каналов. Это позволяет увеличить силу удара, замедлить либо ускорить движение шаров, а также дает возможность охлаждать зону обработки.

На образование требуемого рельефа при ПВДО данным инструментом в основном влияют три параметра:

- зазор между торцом инструмента и обрабатываемой поверхностью  $h$  (мм);
- давление подаваемого в корпус инструмента сжатого воздуха  $P$  (МПа);

– минутная подача стола  $S$  (мм/мин).

От величины зазора между плоскостью инструмента и поверхностью заготовки, а также от давления сжатого воздуха зависит сила удара деформирующих элементов; от минутной подачи – производительность процесса.



Рисунок 2 – Рельеф поверхности после ПВДО

Исследования зависимостей шероховатости от перечисленных выше параметров проводились в лаборатории Белорусско-Российского университета на универсальном фрезерном станке модели JUM-1464. Шероховатость поверхности измерялась с помощью профилометра SJ-210 Mitutoyo. В качестве образцов использовались заготовки из серого чугуна СЧ20, исходная поверхность которых была получена фрезерованием. Шероховатость исходной поверхности заготовок лежала в пределах 1,5...2,6 мкм.

Величина давления сжатого воздуха, подводимого в осевую полость инструмента, изменялась в диапазоне от 0,08 до 0,15 МПа и была обусловлена возможностями компрессорной станции ВК25Т-8-500Д.

Зазор между плоскостью инструмента и обрабатываемой поверхностью составил 1 мм и выбирался на основании многочисленных исследований, проведенных ранее.

Величина подачи варьировалась в диапазоне от 51 до 420 мм/мин. Значения выставляемых на станке подач определялись стандартным рядом для универсального фрезерного станка модели JUM-1464.

По стандарту поверхности направляющих для тяжелых станков нормальной точности, обработанные различными способами упрочнения, кроме шабрения, после финишной обработки должны иметь числовые значения параметра шероховатости  $R_a \leq 2,5$  мкм [1, 6]. Ранее проведенные исследования показали, что упрочняющая ПВДО позволяет достичь таких значений шероховатости поверхности при упрочнении направляющих станин станков.

### Результаты экспериментальных исследований

Полученная в процессе экспериментальных исследований зависимость шероховатости обработанной поверхности от минутной подачи представлена на рисунке 3.

Помимо получения необходимой по стандарту величины шероховатости важным моментом в образовании поверхности направляющих станин металлорежущих станков является плотность распределения лунок, которые удерживают смазку, увеличивая износостойкость поверхностей трения.

Установлено, что применять для обработки значения минутной подачи менее 80 мм/мин нецелесообразно, так как снижается производительность процесса. При подачах более 126 мм/мин параметр шероховатости начинает расти, а плотность распределения лунок заметно уменьшается, при увеличении величины подачи до 420 мм/мин она снижается до 10-20% (таблица 1).

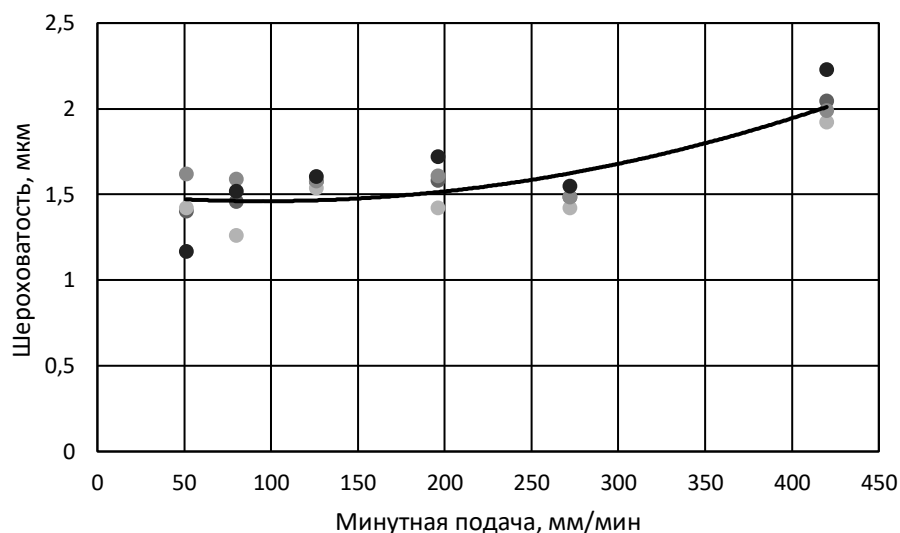


Рисунок 3 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от минутной подачи при  $h = 1$  мм,  $P = 0,1$  МПа

Таблица 1 – Плотность распределения лунок на обработанной поверхности от минутной подачи при  $h = 1$  мм,  $P = 0,1$  МПа

Подача S, мм/мин	Плотность распределения лунок, %
51	100
80	100
126	100
196	60
272	40
420	20

В процессе проведенных исследований получены зависимости шероховатости обработанной поверхности от величины давления сжатого воздуха, подводимого в осевую полость инструмента (рисунки 4 и 5) при минутных подачах 126 и 196 мм/мин.

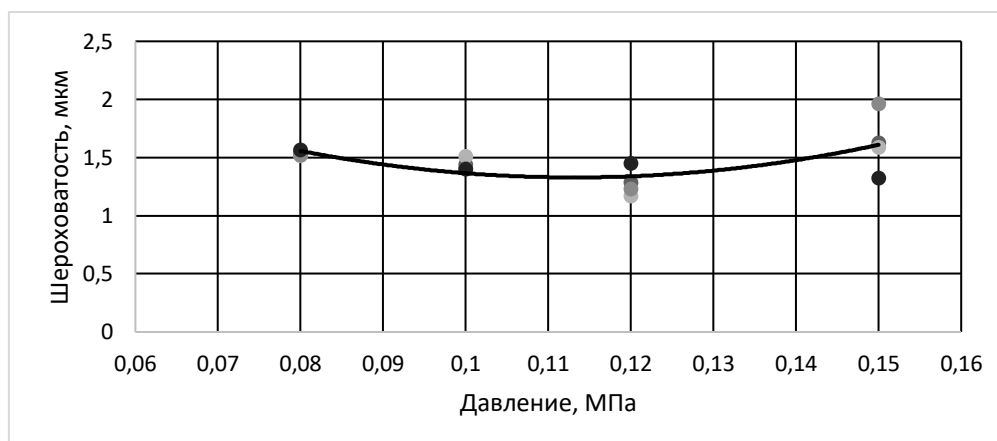


Рисунок 4 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от давления сжатого воздуха при  $h = 1$  мм,  $S = 126$  мм/мин

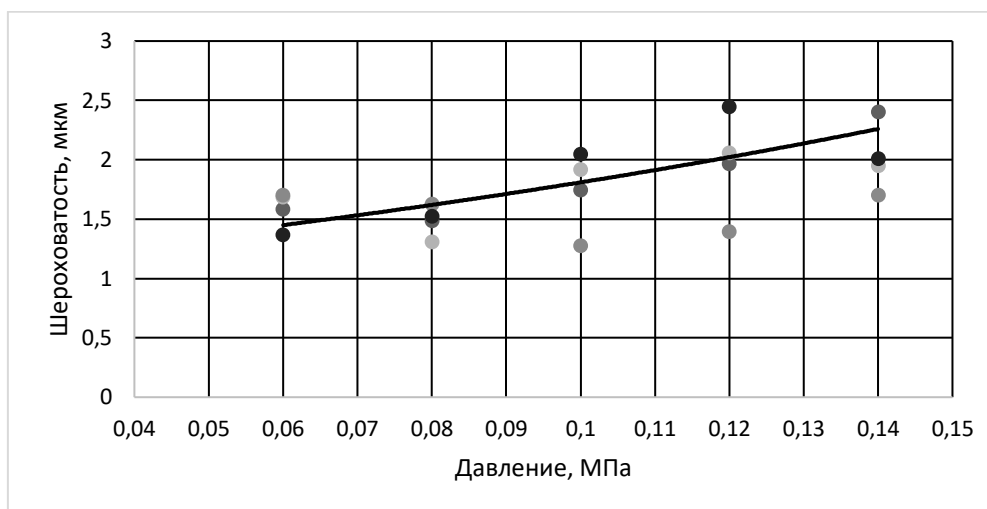


Рисунок 5 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от давления сжатого воздуха при  $h = 1$  мм,  $S = 196$  мм/мин

Установлено, что с увеличением величины давления сжатого воздуха шероховатость обработанной поверхности чугунных направляющих станков возрастает, но не выходит за пределы допустимого значения по стандарту. Однако, плотность распределения лунок по поверхности после упрочнения ПВДО при подаче  $S = 196$  мм/мин возрастает с увеличением величины давления, но не достигает 100% перекрытия. Снижение величины подачи до 126 мм/мин при различных вариациях давления сжатого воздуха показало стабильную 100% плотность распределения лунок по поверхности (таблица 2).

Таблица 2 – Плотность распределения лунок на обработанной поверхности от давления сжатого воздуха при  $h = 1$  мм

Давление сжатого воздуха P, МПа	Плотность распределения лунок, %	
	S = 126 мм/мин	S = 196 мм/мин
0,06	100	20
0,08	100	30
0,1	100	50
0,12	100	85
0,14	100	85

Таким образом, после анализа проведенных исследований установлены оптимальные режимы для финишной ПВДО чугунных направляющих металлорежущих станков, поверхность которых предварительно обработана фрезерованием с шероховатостью  $Ra$  от 1,5 до 2,6 мкм. При упрочнении ПВДО таких направляющих инструментом, в котором величина зазора между плоскостью инструмента и обрабатываемой поверхностью составляет 1 мм, минутная подача стола станка при обработке должна находиться в пределах от 80 до 126 мм/мин, давление сжатого воздуха, подводимого в осевой канал инструмента, нужно задавать в диапазоне от 0,8 до 1,2 МПа.

### Выводы

Выявлена зависимость шероховатости обработанной поверхности от подачи стола станка, которая показала, что с увеличением подачи значение параметра шероховатости  $Ra$  возрастает, плотность распределения лунок снижается.

Выявлена зависимость шероховатости обработанной поверхности от давления сжатого воздуха, подаваемого в осевой канал инструмента, которая показала, что с увеличением давления значение параметра шероховатости  $Ra$  возрастает, но не выходит за пределы допустимого значения по стандарту. С увеличением величины подачи и снижением давления воздуха плотность распределения лунок уменьшается.

Установлено, что рекомендуемые оптимальные режимы для упрочняющей ПВДО чугунных направляющих металлорежущих станков, поверхность которых предварительно обработана фрезерованием ( $Ra = 1,5 \dots 2,6$  мкм), должны находиться в следующих пределах: минутная подача  $S = 80 \dots 126$  мм/мин, давление сжатого воздуха  $P = 0,8 \dots 1,2$  МПа, при величине зазора между плоскостью инструмента и обрабатываемой поверхностью 1 мм.

### Список литературы

1. Ануриев, В. И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3 т. Т1 – 8-е изд., перераб. и доп. под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Анализ способов повышения износостойкости направляющих станин металлорежущих станков / Минаков А. П., Юшкевич Н. М., Камчицкая И. Д., Ильюшина Е. В., Зайцев Д. Л. // Вестник Белорусско-Российского университета. 2016. №3 (52): С. 40-50.
3. Одинцов, Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
4. Суслов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А. Г. Суслов. Москва : Машиностроение, 2000. 320 с.
5. Пат. ВУ 12473 U, МПК<sup>6</sup> В 24В 39/06. Способ обработки поверхностным пластическим деформированием плоской поверхности и инструмент для его осуществления / А.П. Минаков, Д. Л. Зайцев; заявители и патентообладатели А.П. Минаков, Д. Л. Зайцев - № а20060866, заявл. 29.08.2006; опубл. 30.04.2008. – 4 с.
6. ГОСТ 7799-82 Станки металлообрабатывающие. Общие технические условия. – М. : Издательство стандартов, 1983. – 22 с.
7. Минаков, А. П. Технология финишной упрочняющей пневмовибродинамической обработки нежестких деталей : монография / А. П. Минаков [и др.] ; под общ. ред. проф. А. П. Минакова. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – 294 с.
8. Камчицкая, И. Д. Упрочняющая технология восстановления направляющих станин станков на основе лезвийной и пневмовибродинамической обработки: дис. канд. техн. наук : 05.02.08 / Камчицкая Ирина Дмитриевна. – М., 2006. – 129 с.

## QUALITY ASSURANCE IN THE PRODUCTION OF GUIDE MACHINES USING PNEUMOVIBRODYNAMIC PROCESSING

Ilyushina E.V., Yushkevich N.M.

212000, Belarusian-Russian University, Republic of Belarus, Mogilev, Mira Avenue, 43

### Abstract

The results of experimental studies of pneumovibrodynamic processing of cast-iron guides of metal-cutting machines to increase their wear resistance are presented. Dependences of roughness on processing modes are established. The influence of processing parameters on the distribution density of holes on the treated surface was revealed. Optimal modes of pneumovibrodynamic processing are determined.

**Keywords:** frame, cast iron guides, wear, quality, pneumovibrodynamic processing, optimal processing conditions, roughness.