

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-94-100

**Тимофеев С.П., Гаврилов Д.В., Хуртасенко В.А., Воронкова М.Н.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
E-mail: Timofeevsp@inbox.ru

НОВАЯ МОДЕЛЬ СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ – ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Аннотация. При долгой эксплуатации вращающихся деталей технологических машин, к которым относятся бандажи и опорные ролики вращающихся обжиговых печей, поверхности качения теряют точность формы и качество. Для восстановления крупногабаритных деталей, имеющих форму тел вращения, применяются встраиваемые станочные модули. Такие ремонтные работы требуют особых технологических подходов и тщательной подготовки перед их началом. Необходимо учитывать реальную геометрию поверхности ремонтируемой детали, которая может иметь погрешности формы в продольном и поперечном сечении из-за изнашивания, проводить предварительный анализ состояния детали. Также необходимо учитывать большие габариты и массу обрабатываемой детали, и непостоянное положение ее оси во время вращения. Используемые технологии и мобильные станки для проведения данных ремонтных работ все же имеют недостатки, которые не позволяют эффективно проводить обработку и сказываются на точности и качестве получаемой поверхности. Решением этой проблемы может стать разработка новых моделей станков для обработки крупногабаритных тел вращения, конструкция которых будет более совершенна по сравнению с существующими моделями. Для достижения этой цели нужно изучить и проанализировать существующие отечественные и зарубежные модели мобильных станков и принцип их работы. Предлагаемая новая модель станка должна иметь достаточную статическую и динамическую жесткость, а также иметь модуль, отвечающий за адаптивное управление процессом обработки, который будет компенсировать нестабильное базирование деталей во время обработки.

Ключевые слова: крупногабаритные детали, новая модель станка, бандаж, мобильное оборудование, ремонтные работы, эффективность обработки.

Введение. В современной промышленности применяются вращающееся технологическое оборудование непрерывного производственного цикла. К нему относятся, например, вращающиеся печи. Они используются в цементной, металлургической, силикатной и химической, сахарной и пищевой промышленности, а также для утилизации отходов [1, 2].

В конструкциях вращающихся печей важным параметром является прямолинейность оси вращения, настройка которой во многом зависит от точности формы деталей опор – бандажей и опорных роликов [3]. Так как в процессе эксплуатации вследствие высоких динамических и термических нагрузок происходит потеря точности формы как корпуса печи [4], так и поверхностей качения деталей опор, то возникает необходимость в восстановлении точности посредством периодической обработки этих элементов. Для такой обработки поверхностей качения в технологических машинах в настоящее время широко применяют мобильное оборудование. Наиболее эффективными способами восстановительной обработки поверхностей качения являются то-

карная и шлифовальная обработка с использованием соответствующих мобильных станочных модулей [1, 2]. Для обеспечения технологичности и сокращения времени обработки необходимо предварительно определить реальную геометрию поверхностей опор и провести анализ их состояния, после чего возможно назначение оптимальных параметров и режимов обработки [5]. Использование таких способов восстановления формы позволяет не останавливать основной производственный процесс, что существенно влияет на технологичность.

Данные способы не лишены недостатков, в основном они связаны с трудностью базирования станков, их наладкой, измерением получаемого профиля и жесткостью станков. Решение этих задач позволит повысить производительность обработки с обеспечением заданной точности поверхностей деталей технологического оборудования, необходимой для их дальнейшей работы.

Основная часть. Применение метода с использованием мобильных станочных модулей и специальной оснастки позволяет обрабатывать бандажи и опорные ролики практически всех типоразмеров [6]. При разработке новой модели

станка для обработки крупногабаритных тел вращения необходимо провести анализ существующих технологий ремонта бандажей и роликов цементных печей, а также мобильного оборудования для выполнения механической обработки данных элементов. Полезно будет изучить опыт и разработки зарубежных компаний. В частности, компанией ThyssenKrupp разработана мобильная шлифовальная станция POLGRIND, которая тщательно обрабатывает поверхности качения деталей опор с помощью шлифовальных лент с разным размером зерна. Это позволяет устранить все неровности, ошибки соосности, шероховатости и отклонения контура. Преимущества данной технологии заключаются в значительном увеличении срока службы ремонтируемых агрегатов, в эффективном устранении неисправностей и повреждений поверхностей бандажей, опорных роликов и т.д., в документировании процесса электронным методом измерения и контроле диаметра и соосности с помощью высокоточных измерительных приборов, встроенных в шлифовальное устройство. Так же можно отметить опыт в ремонте крупногабаритных тел вращения компании Phillips Kiln Services Europe Ltd, в арсенале которой имеются мобильные шлифовальные станки нескольких типоразмеров, подходящие для ремонта тел вращения любого размера, а также имеется низкопрофильный станок, который позволяет шлифовать опорные ролики в труднодоступных местах. Измерения после ремонта проводят с помощью специально разработанного устройства для измерения окружности во время работы установки. При этом нет необходимости выключать вращение печи вовремя или после процесса ремонта и для проведения измерений. После завершения работы по шлифовке опорные ролики будут иметь чистоту поверхности Ra около 2,5 мкм. или выше, края будут скошены, чтобы предотвратить поломку при опрокидывании.

Изучив существующие конструкции оборудования для ремонта деталей опор вращающихся печей, а также технологию самой обработки, был сделан вывод о том, что многие конструкции существующих станочных модулей, а также технологические подходы, не обеспечивают постоянную ориентацию режущего инструмента в радикальном направлении к поверхности обрабатываемой детали, которая, при вращении бандаж на опорных роликах, может изменять свое положение в процессе обработки. Это может существенно снижать точность обработки, что является явным недостатком. Причина этого в том, что многие конструкции станков не обеспечивают возможности копирования угловых перемещений обрабатываемой детали. В связи с этим в

разработанной модели станка повышенное внимание было уделено обеспечению точности позиционирования инструмента для каждого рабочего хода в процессе механической обработки, что существенно повышает точность обработки поверхностей крупногабаритных деталей, имеющих форму тел вращения. Это возможно благодаря тому, что в разработанной модели станка есть копировальный узел, который состоит из рамы 1 и копирующих роликовых опор 11, а также продольный суппорт 3, на котором с возможностью возвратно-поступательного перемещения установлен поперечный суппорт 5 (рис. 1). Так как конструкция новой модели станка была разработана на основании существующих подобных устройств, то они имеют общие черты, например, наличие копировального узла, состоящего из рамы и копирующих опор, а также поперечный суппорт.

Рассмотрим более подробно конструкцию и кинематическую схему предлагаемой модели станка для обработки монотонных замкнутых поверхностей крупногабаритных деталей-тел вращения с нестационарной осью вращения (рис. 1, 2). Каркасом станка является жесткая рама 1. Продольная направляющая 2 жестко крепится внутри рамы 1, например, при помощи резьбовых соединений. Предпочтительно использовать направляющую формы "ласточкин хвост". Продольный суппорт 3 установлен на направляющей 2 и имеет возможность перемещаться по ней. Также на направляющей 2 жестко закреплен привод продольных перемещений 4, который обеспечивает возможность независимых продольных перемещений двух исполнительных механизмов: продольного суппорта 3 и опорных роликов 11, и может состоять, например, из сервопривода и редуктора с двумя выходными валами. На поперечном суппорте 5, который имеет возможность возвратно-поступательного перемещения и установлен на продольном суппорте 3, находится универсальная плита 6 для крепления резцедержателя или шлифовального модуля. Привод поперечных перемещений 7 жестко закреплен с помощью резьбовых соединений на продольном суппорте 3 и обеспечивает возможность перемещения поперечного суппорта 5. Защитные кожухи 8 и 9 предохраняют продольную направляющую 2, привод продольных перемещений 4, а также поперечный суппорт 5 с приводом поперечных перемещений 7 от попадания на направляющие поверхности мелкодисперсных абразивных частиц, которые вызывают повышенный износ поверхностей. Две цилиндрические направляющие 10 жестко установлены на противоположных концах рамы 1.

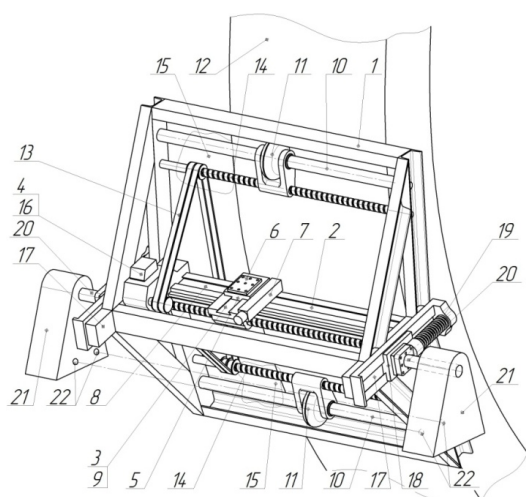


Рис. 1. Схема станка для обработки поверхностей крупногабаритных деталей-тел вращения

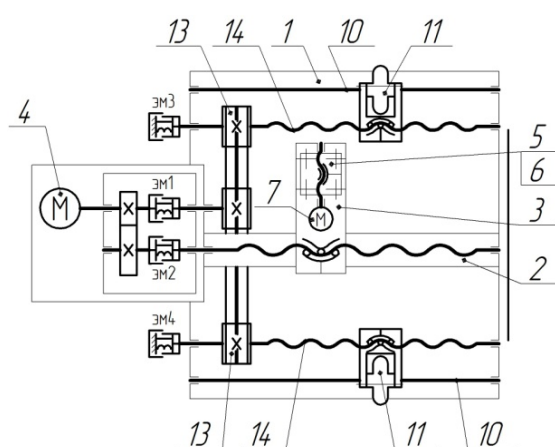


Рис. 2. Кинематическая схема станка для обработки поверхностей крупногабаритных деталей-тел вращения

Узлы опорных роликов 11 расположены на направляющих 10 и имеют возможность обратно-поступательного перемещения, которое происходит в продольном направлении относительно обрабатываемой поверхности 12 и которое осуществляется от привода продольных перемещений 4 за счет ременных передач 13 и шариковинтовых передач 14. При помощи резьбовых соединений или иных способов закрепления внутри рамы 1 устанавливается ходовой винт шариковинтовых передач 14, который параллелен направляющим 10 и имеет возможность осевого вращения. Привод продольных перемещений 4 обеспечивает движение узлов опорных роликов 11 вдоль обрабатываемой поверхности. Ролики двигаются синхронно и строго на одинаковое расстояние. Защитные кожухи 15 предохраняют цилиндрические направляющие 10 и шариковинтовые передачи 14 от попадания на направляющие поверхности мелкодисперсных абразивных частиц, которые вызывают повышенный износ поверхностей. Блок управления перемещений

16 подключен к приводам перемещений 4 и 7 и жестко закреплен на приводе продольных перемещений 4. Также блок управления перемещений 16 имеет порт ввода-вывода информации, что позволяет осуществлять автоматическое управления параметрами при обработке.

Установка и настройка станка для выполнения механической обработки поверхности 12 происходит при помощи определенных элементов конструкции, рассмотренных далее. Станок стоит на двух опорных стойках 21. В стойках в подшипниках скольжения установлены консоли 20, которые могут свободно вращаться. Вылет консолей относительно опорных стоек можно регулировать. На концах консолей с помощью фланцев закреплены два опорных кронштейна 18, которые установлены в двух направляющих 17, жестко смонтированных на противоположных сторонах рамы 1. Кронштейны могут двигаться по направляющим благодаря соединению "ласточкин хвост", что облегчает настройку станка. Две пружины сжатия 19 жестко закреплены в направляющих 17 и на кронштейнах 18. Они нужны для ограничения движения остальной конструкции станка относительно опорных стоек 21. Также пружины 19 и кронштейны 18 обеспечивают необходимые перемещения рамы 1 для надежного и постоянного контакта опорных роликов 11 и режущего инструмента с обрабатываемой поверхностью 12. Дополнительно в опорных стойках 21 установлены по два лазерных датчика 22, срабатывающих на пересечение луча, которые обеспечивают возможность точной настройки соосности осей вращения консолей 20.

Монтаж рассматриваемого станка на месте работы происходит следующим образом: на предварительно очищенные и подготовленные установочные поверхности жестко крепятся опорные стойки 21, при этом с помощью лазерных датчиков 22 происходит совмещение осей вращения консолей 20. Дополнительно необходимо установить опорные стойки 21 так, чтобы общая ось вращения консолей 20 была параллельна оси обрабатываемой детали. Далее между опорными стойками 21 устанавливается рама 1 и жестко закрепляется на консолях 20 с помощью опорных кронштейнов 18 и резьбовых соединений. При этом пружины 19 полностью сжимают и фиксируют в сжатом состоянии, благодаря чему кронштейны 18 также находятся в зафиксированном положении и не могут перемещаться по направляющим 17. При необходимости проводится регулировка вылета консолей 20 в опорных стойках 21.

Далее происходит выверка взаимного положения узлов опорных роликов 11. Для этого включают привод продольных перемещений 4 и

движение передается через ременные передачи 13 и шариковинтовые передачи 14 к опорным роликам 11. Ролики перемещаются по направляющим 10 в крайнее левое положение, где происходит срабатывание конечных выключателей и привод продольных перемещений 4 отключается. При этом проверяется параллельность и синхронность хода опорных роликов 11, а также целостность защитных кожухов 15. После выполнения данных проверок опорные кронштейны 18 переводятся в свободное положение, в котором они могут перемещаться по направляющим 17. При этом необходимо учесть, что пружины сжатия 19 должны иметь достаточный рабочий ход, чтобы обеспечить постоянный контакт опорных роликов 11 с обрабатываемой поверхностью 12.

Функционирование станка при выполнении обработки поверхности 12 (рис.1) заключается в следующем. Вращение обрабатываемой детали, например, бандажа или опорного ролика вращающейся печи, а также перемещение продольного суппорта 3с размещенным на нем режущим инструментом вдоль поверхности 12 обеспечивают технологический процесс обработки детали. Блок управления перемещениями 16 контролирует маршрут движения режущего инструмента и параметры механической обработки. Затем включается привод продольных перемещений 4 и с помощью ременных передач 13 и шариковинтовых передач 14 движение передается на узлы опорных роликов 11. Ролики перемещаются вдоль обрабатываемой поверхности 12 по направляющим 10 и устанавливаются по окружности обрабатываемой детали в положение, по которому осуществляется базирование. Далее включается привод поперечных перемещений 7, за счет чего поперечный суппорт 5, на котором находится специальная универсальная плита 6 с закрепленным на ней режущим инструментом, устанавливается в нужное положение. Эти перемещения необходимы для регулировки и настройки вылета режущего инструмента на нужную глубину обработки. Затем, за счет привода продольных перемещений 4, приходит в движение продольный суппорт 3 и выполняются рабочие ходы для обработки поверхности восстанавливаемой детали. Регулирование параметров работы станка проводится благодаря блоку управления перемещениями 16, в который занесены данные маршрута обработки конкретной детали.

Выводы. В ходе изучения методов восстановления поверхностей качения деталей опор вращающихся печей, а также конструкций мобильных станков, применяемых при проведении данных ремонтных работ было выяснено, что

технология процесса обработки с помощью существующих станков несовершенна, а сами станки имеют в своей конструкции недостатки, такие как, например, невозможность соблюдения постоянной ориентации режущего инструмента в радиальном направлении к поверхности обрабатываемой детали. Поэтому была представлена новая модель станка для обработки поверхностей крупногабаритных деталей – тел вращения, которая обладает рядом преимуществ, одним из которых является возможность копирования рамой, на которой установлены основные узлы станка, перемещения обрабатываемой поверхности. Это обеспечивает постоянную ориентацию режущего инструмента в радиальном направлении к поверхности обрабатываемой детали, которая, при вращении бандажа на опорных роликах, может изменять свое положение в процессе обработки.

Еще одним достоинством является то, что станок обеспечивает возможность настройки базирования по обрабатываемой поверхности в различных поперечных сечениях. Это связано с тем, что опорные ролики имеют возможность независимого перемещения по направляющим и установки в требуемое для обработки положение. Благодаря этому режущий инструмент может быть точно спозиционирован относительно обрабатываемой поверхности и сохранять своё положение на каждом рабочем проходе.

Перечисленные достоинства повышают точность и эффективность обработки крупногабаритных деталей, имеющих форму тел вращения. Поэтому представленная новая модель станка рекомендуется при проведении ремонтных работ по восстановлению поверхностей качения в технологических агрегатах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vijayan S.N., Sendhilkumar S. Industrial Applications of Rotary Kiln in Various Sectors – A Review // International Journal of Engineering Innovation & Research. 2014. Vol. 3. Pp. 342–345.
2. Boateng A.A. Rotary Kilns. Elsevier Inc. Publ., 2015, 390 p.
3. Mogilny S., Sholomitskii A. Precision Analysis of Geometric Parameters for Rotating Machines during Cold Alignment. Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. Pp. 1709–1715.
4. Ramanenka D., Stjernberg J., Jonsén P. FEM investigation of global mechanisms affecting brick lining stability in a rotary kiln in cold state. Engineering Failure Analysis. 2016. Vol. 59. Pp. 554–569.
5. Маслова И.В., Четвериков Б.С. Определение искажений формы крупногабаритных деталей по анализу проекции правильной геометрической фигуры на криволинейную поверхность //

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 135–140.

6. Хуртасенко В.А., Шрубченко И.В. Математическая модель для оптимизации параметров обработки поверхностей качения технологических агрегатов мобильным оборудованием // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 144–150.

7. Хуртасенко А.В., Шрубченко И.В., Тимофеев С.П. Методика определения формы наружной поверхности качения опор технологических // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 85–89.

8. Пат. 109688, Российская Федерация, МПК В24В 23/00 (2006.01). Устройство для обработки крупногабаритных цилиндрических поверхностей / Каспаров А.В., Шрубченко С.Н.; заявитель и патентообладатель Каспаров А.В., Шрубченко С.Н.; опубл. 27.10.2011.

9. Шрубченко И.В., Хуртасенко А.В., Колобов А.В. Технологическое обеспечение условий контакта деталей опор технологических барабанов при их сборке и эксплуатации. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 189 с.

10. Колобов А. В. Технологическое обеспечение условий контакта при сборке и эксплуатации опор технологических барабанов: дис. канд. техн. наук. Белгород, 2009. 190 с.

11. Хуртасенко А.В. Технология восстановительной обработки крупногабаритных деталей с

использованием методов активного контроля: дис. канд. техн. наук. Белгород, 2007. 137 с.

12. Санин С.Н., Оникиенко Д.А. Разработка концепции мобильного стенда для механической обработки бандажей вращающихся печей с базированием по торцовой поверхности и отверстию // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 104–109.

13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение-1, 2001. 912 с.

14. Тимофеев С.П., Хуртасенко В.А., Шрубченко И.В. Расчет глубины резания при обработке поверхностей крупногабаритных деталей с нестационарной осью вращения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 2. С. 68–74.

15. Гончаров М.С., Шрубченко И.В., Мурыгина Л.В., Щетинин Н.А. Моделирование технологической системы мобильного оборудования // Научные чтения: Междунар. науч.-практ. конф., (Белгород, 9–10 октября 2014 г.) Изд-во БГТУ, 2014, Ч.4. С. 223–228

16. Ястребов Р.Г. Маслова И.В. Использование управляемого станочного модуля при восстановительной обработке бандажей вращающихся цементных печей // Международная научно-практическая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2011.

Поступила 02.04.2021 г.

© Тимофеев С.П., Гаврилов Д.В., Хуртасенко В.А., Воронкова М.Н., 2021

Информация об авторах

Тимофеев Сергей Петрович, аспирант кафедры технологии машиностроения. E-mail: Timofeevsp@inbox.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Гаврилов Дмитрий Владимирович, инженер. E-mail: gavrilovdmitry4@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Хуртасенко Владислав Андреевич, аспирант кафедры технологии машиностроения. E-mail: kament31@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Воронкова Марина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. E-mail: mkuzko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*Timofeev S.P., Gavrilov D.V., Hurtasenko V.A., Voronkova M.N.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*E-mail: Timofeevsp@inbox.ru

NEW MODEL OF MACHINE FOR PROCESSING SURFACES OF LARGE-SIZED PARTS HAVING THE SHAPE OF BODIES OF ROTATION

Abstract. During long-term operation of rotating parts of technological machines, which include tires and support rollers of rotary kilns, rolling surfaces lose their shape accuracy and quality. Built-in machine modules are used to restore large-sized parts in the form of bodies of revolution. Such repair work requires special technological approaches and careful preparation before starting. It is necessary to take into account the real geometry of the surface of the part being repaired, which may have shape errors in the longitudinal and cross section due to wear, and conduct a preliminary analysis of the state of the part. It is also necessary to take into account the large dimensions and weight of the workpiece, and the inconsistent position of its axis during rotation. The technologies used and mobile machines for carrying out these repairs still have drawbacks that do not allow for efficient processing and affect the accuracy and quality of the resulting surface. The solution to this problem can be the development of new models of machine tools for processing large-sized bodies of revolution, the design of which will be more perfect in comparison with the previous models. To achieve this goal, it is necessary to study and analyze the existing domestic and foreign models of mobile machines and the principle of their operation. The proposed new machine model should have sufficient static and dynamic rigidity, as well as have a module responsible for adaptive control of the machining process, which will compensate for unstable positioning of parts during machining.

Keywords: large-sized parts, new machine model, bandage, mobile equipment, repair work, processing efficiency.

REFERENCES

1. Vijayan S.N., Sendhilkumar S. Industrial Applications of Rotary Kiln in Various Sectors – A Review // International Journal of Engineering Innovation & Research. 2014. Vol. 3. Pp. 342–345.
2. Boateng A.A. Rotary Kilns. Elsevier Inc. Publ., 2015, 390 p.
3. Mogilny S., Sholomitskii A. Precision Analysis of Geometric Parameters for Rotating Machines during Cold Alignment. Procedia Engineering. Vol. 206. 2017. Pp. 1709–1715.
4. Ramanenka D., Stjernberg J., Jonsén P. FEM investigation of global mechanisms affecting brick lining stability in a rotary kiln in cold state. Engineering Failure Analysis. 2016. Vol. 59. Pp. 554–569.
5. Maslova I.V., Chetverikov B.S. Definition of distortions of the form of large-sized details on the analysis of projection of the correct geometrical figure on a curvilinear surface [Opredelenie iskazheniy formy krupnogabaritnykh detalei po analizu proekzii pravilnoy geometricheskoi figury na krivolineynuyu poverhnost]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2017. No. 6. Pp. 135–140. (rus)
6. Khurtasenko V.A., Shrubchenko I.V. Mathematical model for optimization of processing parameters of rolling surface of technological units by mobile equipment [Matematicheskaya model' dlya optimizatsii parametrov obrabotki poverhnostej kacheniya tekhnologicheskikh agregatov mobil'nykh oborudovaniem]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 4. Pp. 144–150. (rus)
7. Khurtasenko A.V., Shrubchenko I.V., Timofeev S.P. Method of determining the shape of the outer surface of rolling supports process [Metodika opredeleniya formy naruzhnoi poverhnosti kacheniya opor tekhnologicheskikh]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. No. 3. Pp. 85–89. (rus)
8. Kasparov A.V., Shrubchenko S.N. Device for processing large cylindrical surfaces. Patent RF, no. 109688, 2011.
9. Shrubchenko I.V., Khurtasenko A.V. Technological support of conditions of contact of details of support of technological drums at their assembly and operation: monograph. Belgorod: BSTU publishing house, 2015. 189 p.
10. Kolobov A.V. Technological support of conditions of contact at assembly and operation of support of technological drums: dissertation of candidate of technical sciences. Belgorod, 2009. 190 p.
11. Khurtasenko A.V. Technology of the reduction processing of large-size details with use of methods of the fissile monitoring: dissertation of candidate of technical sciences. Belgorod, 2007. 137 p.
12. Sanin S.N., Onikienko D.A. Development of the concept of a mobile stand for the mechanical processing of rotary kiln bands with basing on the end surface and the hole [Razrabotka koncepcii mobil'nogo stenda dlya mekhanicheskoy obrabotki bandazhej vrashchayushchihsya pechej s bazirom vaniem po torcovej poverhnostii otverstiyu]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 2. Pp. 104–109. (rus)
13. Reference technologist-mechanical engineer [Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya].

Т. 1. Ed. A.M. Dalsky, A.G. Kosilova, R.K. Meshcheryakov, A.G. Suslov. Moscow: Mashinostroenie-1 Publ., 2001, 912 p. (rus).

14. Timofeev S.P., Khurtasenko V.A., Shrubchenko I.V. Calculation of the depth of cut when machining surfaces of large parts with nonstationary axis of rotation [Raschet glubiny rezaniya pri obrabotke poverhnostej krupnogabaritnyh detalej s nestacionarnoj os'yu vrashcheniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 2. Pp. 68–74. (rus)

15. Goncharov M.S., Shrubchenko I.V., Murygina L.V., Schetinina N.A. Simulation of the

technological system of mobile equipment [Modelirovanie tekhnologicheskoy sistemy mobil'nogo oborudovaniya]. Naukoemkie tekhnologii i innovacii (XXI Nauchnye chteniya): Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (Belgorod, 9–10 oktyabrya 2014 g.) Pp. 223–228. (rus)

16. Yastrebov R.G., Maslova I.V. Use of the operated machine module at the reduction processing of bandages of the rotating cement furnaces. Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodih uchenih BGTU im. V.G. Shuhova [The international scientific and practical conference of young scientific BGTU of V.G. Shukhov]. Belgorod, 2011.

Information about the authors

Timofeev, Sergey P. Postgraduate student. E-mail: Timofeevsp@inbox.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Gavrilov, Dmitry V. Engineer. E-mail: gavrilovdmitry4@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Hurtasenko, Vladislav A. Postgraduate student. E-mail: kament31@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Voronkova, Marina N. PhD, Assistant professor. E-mail: mkuzko@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 02.04. 2021

Для цитирования:

Тимофеев С.П., Гаврилов Д.В., Хуртасенко В.А., Воронкова М.Н. Новая модель станка для обработки поверхностей крупногабаритных деталей – тел вращения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 94–100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-94-100

For citation:

Timofeev S.P., Gavrilov D.V., Hurtasenko V.A., Voronkova M.N. New model of machine for processing surfaces of large-sized parts having the shape of bodies of rotation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No.8. Pp. 94–100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-94-100