

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-12-124-134

Марусич К.В., Дружинин В.И.Оренбургский государственный университет***E-mail: mkv82@mail.ru*

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО РАСТОЧНОГО СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация. Обеспечить высокую точность механической обработки труднодоступного габаритного оборудования при выполнении ремонтных работ вне машиностроительного предприятия зачастую является недостижимой задачей. Поэтому актуальным в настоящее время является отказ от этих операций в пользу использования специализированных мобильных станков, которые позволят существенно сократить стоимость и сроки таких ремонтов. Сейчас на рынке широко представлены мобильные станки зарубежных фирм для обработки крупногабаритных изделий. Их стоимость начинается от 3,5 млн. руб., при этом технологическая оснастка для расширения возможностей станка считается опцией и не входит в базовую комплектацию. Это существенно влияет на выбор такого оборудования малыми и средними предприятиями, которые занимаются восстановлением и ремонтом различных поверхностей крупногабаритных изделий. Таким образом, развитие отечественной станкоинструментальной промышленности делает актуальным разработки различных конструкций мобильных станков с целью импортозамещения в машиностроительной отрасли России. В данной работе представлена конструкция мобильного расточного станка, выполняющего обработку внутренних поверхностей по управляющей программе с требуемой точностью за счет использования следящих приводов движения. Так же дополнительно был выполнен инженерный анализ конструкции с использованием метода конечных элементов.

Ключевые слова: станок, мобильный, приставной, переносной, механическая обработка.

Введение. На основании проведенного обзора конструкций мобильных станков [1–13] были сформулированы следующие основные проблемы, с которыми сталкиваются машиностроительные предприятия при ремонте крупногабаритных изделий:

- большая трудоемкость, а иногда невозможность извлечения узлов из эксплуатационных помещений;
- высокая квалификация рабочих при выполнении разборки и сборки узлов и агрегатов, в которые входит ремонтируемое изделие;
- нередко получение специальных разрешений и использование специализированной техники для транспортирования крупногабаритных изделий до ремонтного предприятия;
- большие сроки и высокая стоимость ремонта крупногабаритных изделий.

Распоряжение Правительства РФ от 5 ноября 2020 г. № 2869-р «Об утверждении Стратегии развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года» так же подчёркивает актуальность разработки мобильных станков с целью импортозамещения в машиностроительной отрасли России.

Исходными данными для разработки конструкции мобильного станка являются: назначение станка (для обработки тел вращения, или же корпусных деталей), примерные габариты и вес станка, материал обработки и величина припусков, метод обработки, требуемая точность обработки, режимы обработки и так далее.

Основная часть. В качестве прототипа был взят мобильный станок для механической обработки уплотнительных поверхностей задвижек и вентилях напорных элементов [14]. Он включает в себя неподвижное основание с размещённым в нём приводом главного движения. На нём установлена планшайба, к которой прикреплен суппорт с резцом, реализующий радиальную и осевую подачи. Они осуществляются за счёт винтовых механизмов, ходовые винты которых кинематически связаны с приводной шестерней, свободно вращающейся на планшайбе. Данная конструкция из-за сложностей при настройке на обрабатываемый размер имеет ограниченное применение.

Разработанная конструкция (рис. 1) позволит расширить технологические возможности станка и проводить механическую обработку внутренних фасонных поверхностей за счёт упрощения методики настройки на обрабатываемый размер. Технический результат достигается за счёт того, что в борштанге мобильного расточного станка установлен привод подачи каретки, который перемещает резец, позволяя изменять диапазон обработки (от 20 до 327 мм). Для этого в качестве привода используются шаговые двигатели с управлением от системы числового программного управления.

В ходе выполнения работы были проведены следующие расчёты: кинематический расчёт, выбор двигателей (главного движения и подач), расчёт зубчатых колёс и шарико-винтовой передачи.

На рис. 2 представлена кинематическая схема разработанного мобильного станка для обработки внутренних поверхностей.

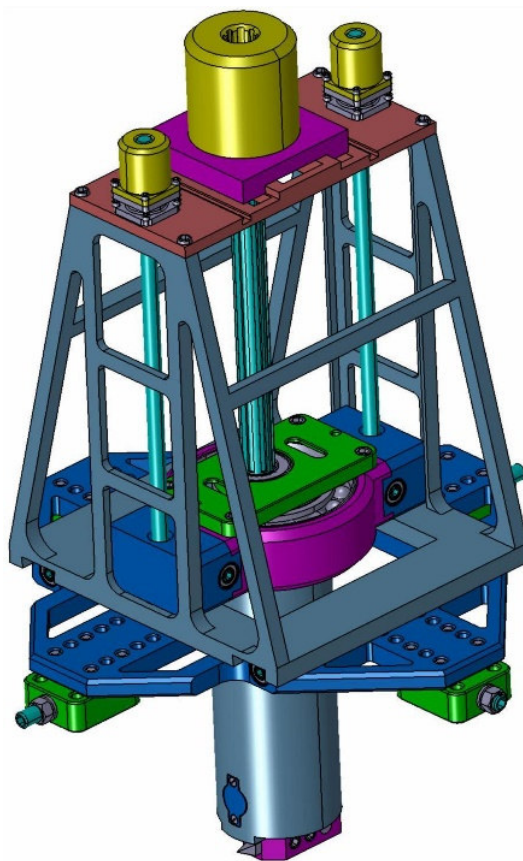


Рис. 1. 3D-модель мобильного расточного станка для обработки внутренних поверхностей

Конструкция разработанного мобильного станка (рис. 3) включает: борштангу 1; каретку 2; крышку борштанги 3; крышку станины 4; направляющие 5–8; основание 9; станину 10; винты 11, 20–23, 25–27, 45–48; губки 12; опоры 13; шлицевый вал 14; зубчатые передачи 14–18; фланец 19; болт 24; гайки 28–29; муфту 30; подшипники 31–35; прихват 36; гравёрные шайбы 37–40; шпонки 41–43; штифты 44 и 50; резец 49; двигатель главного движения 51; двигатели подач 52 и 53.

Принцип установки мобильного расточного станка на изделие представлен на рисунке 4. На базовую поверхность обрабатываемого изделия он устанавливается своим основанием 9 с помощью четырех опор 13. Которые в свою очередь зажимаются губками 12, приводящиеся в движение винтами 11 и через гравёрную шайбу 40 зажимаются контргайками 29. Опоры крепятся к основанию 9 при помощи винтов 45, которые не подвергаются раскручиванию от вибрации при помощи гравёрных шайб 39.

Регулирование положения оси основания осуществляется с помощью регулировочных клинов или пластин (позицией не обозначено).

Несущей системой выступает станина 10, на которой размещаются все остальные элементы мобильного станка. Для того чтобы выставить оси X и Y предусмотрены регулировочные винты 20 и 21. Винт 20 смещает станину относительно основания 9 при помощи передачи винт-гайка. Для перемещения в направлении Z отвечают направляющие 6, приводящиеся в движение при помощи винтов шарико-винтовой пары 22. Винты получают вращение от синхронизированных шаговых двигателей 52 через соединительные муфты 30. Шаговые двигатели 52 крепятся к фланцам 19 при помощи винтов 25. Фланцы 19 располагаются на крышке 4, которая базируется на станине 10 при помощи точных посадочных пальцев и крепится винтами 47. Крышка 4 выступает ответной частью для направляющей привода главного движения 8. Данная направляющая нужна для того, чтобы при выставлении оси в направлении Y, ось привода главного движения 51 могла перемещаться соосно с направляющей шлицевого вала 7, которая крепится к направляющей 5 при помощи винтов 38. Направляющая 5 выступает базовой деталью для борштанги 1. Промежуточными элементами будут являться радиально-упорные шариковые подшипники 31.

Вращение борштанга 1 получает при помощи цилиндрической передачи внутреннего зацепления 17 и 18. В борштанге 1 располагается шаговый двигатель привода подачи каретки 53 и коническая зубчатая передача 15 и 16, которая приводит в движение винт 23. Он в свою очередь отвечает

за перемещение каретки 2, в которой крепится резец 49 при помощи винтов 46. Для обслуживания подшипников 34, на борштанге имеются съёмные крышки 3, которые крепятся винтами 27.

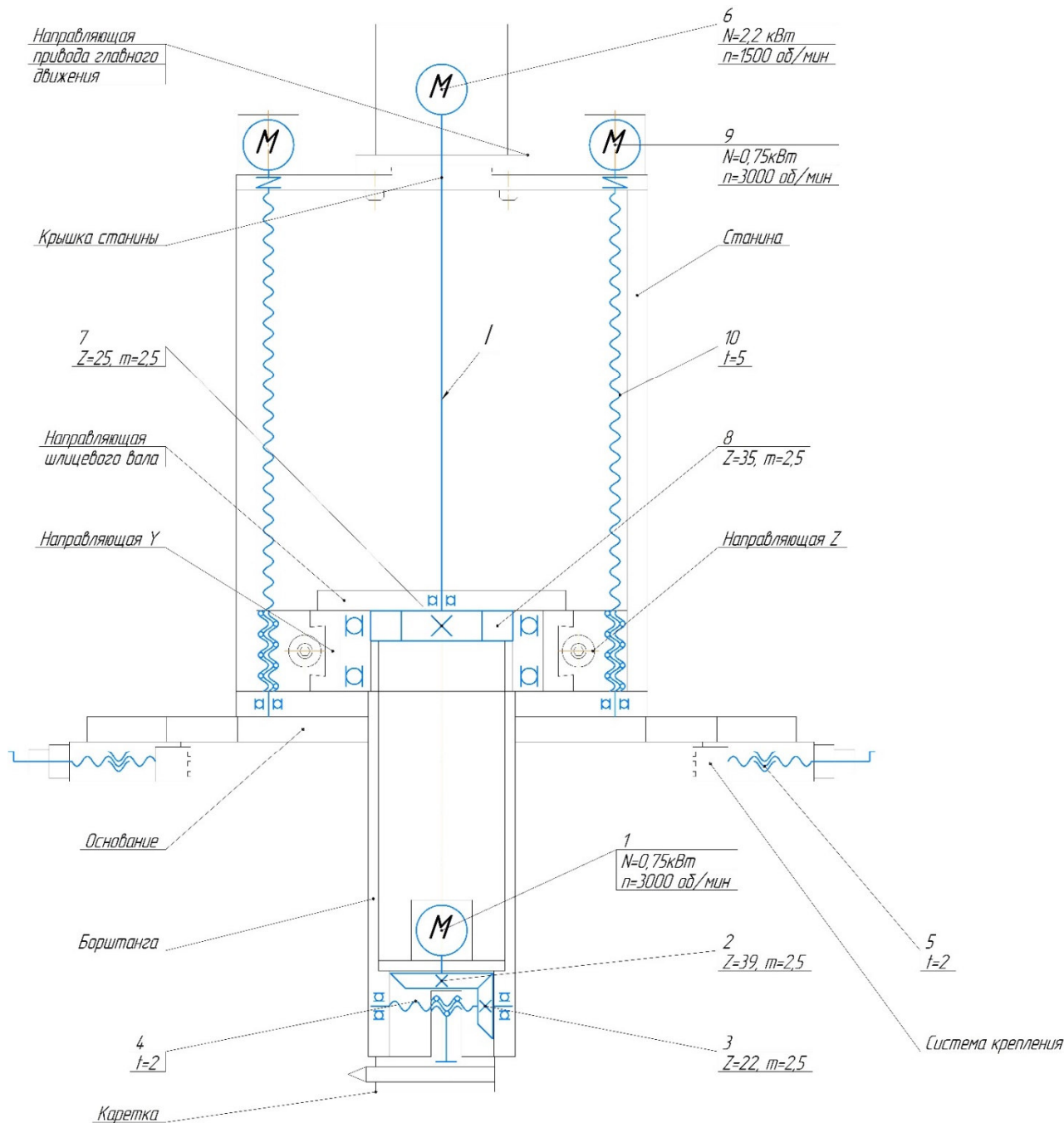


Рис. 2. Кинематическая схема мобильного станка

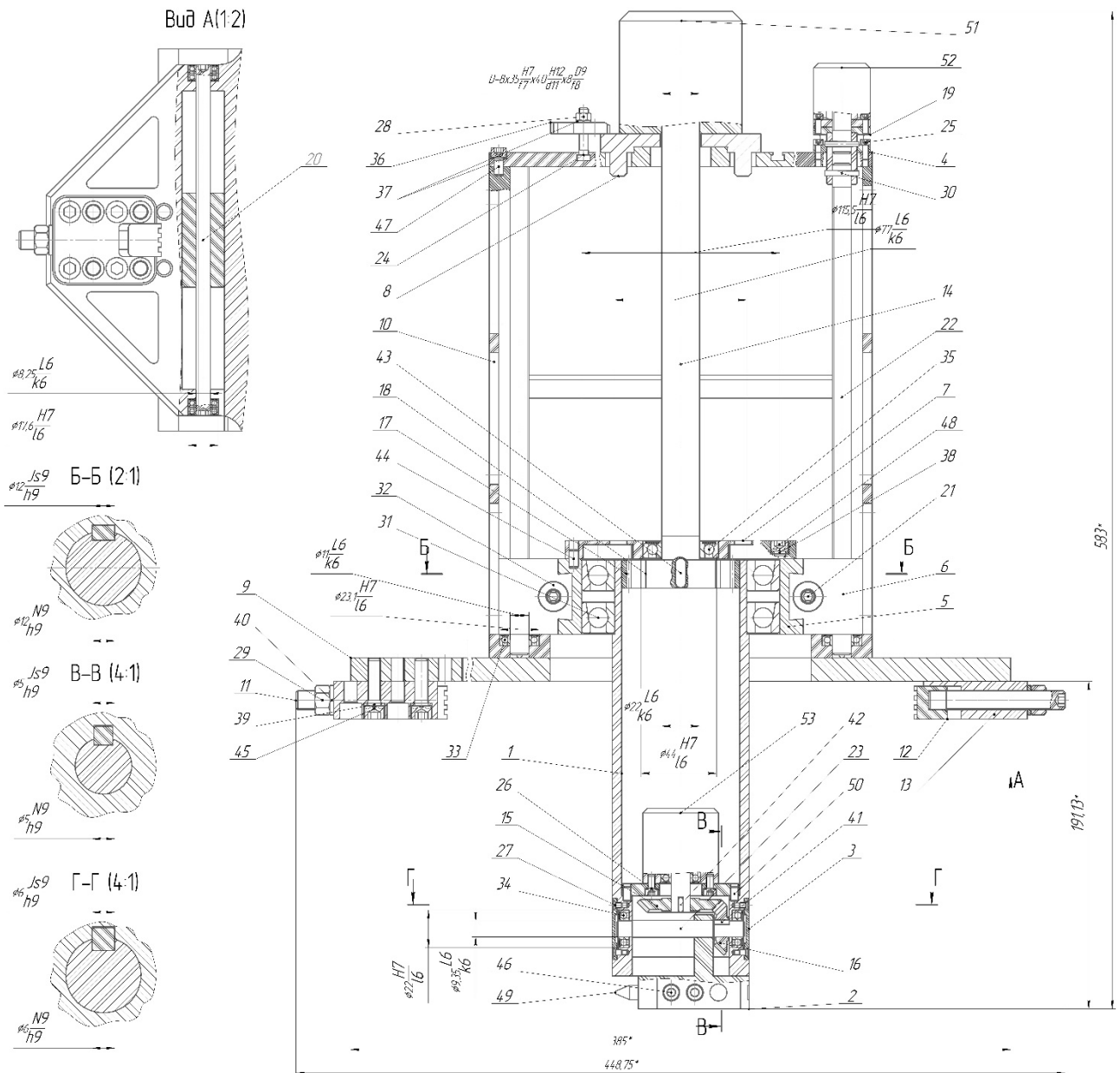


Рис. 3. Конструкция мобильного станка

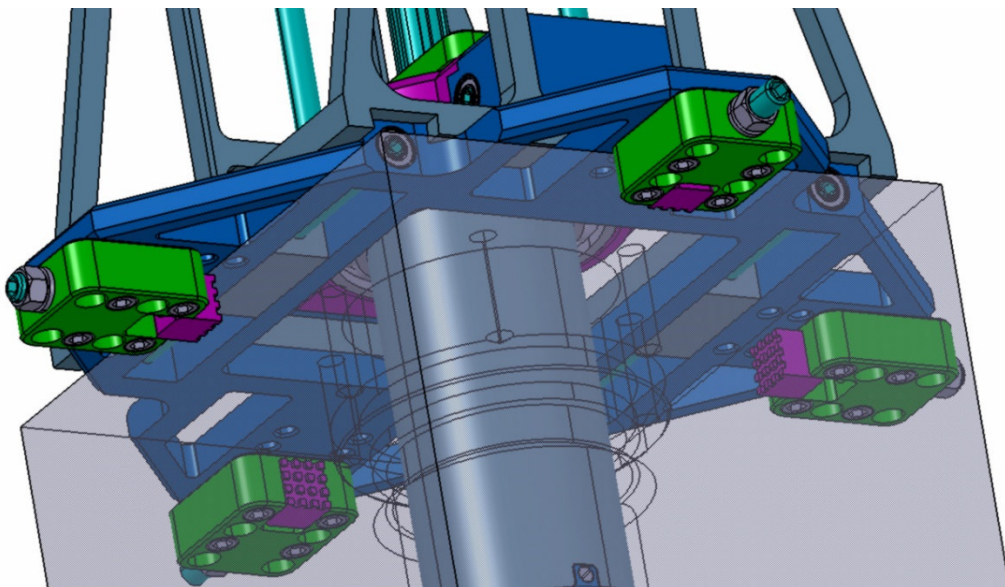


Рис. 4. Принцип установки мобильного станка на изделие

Для того чтобы спрогнозировать поведение разработанного станка в реальных условиях работы был выполнен инженерный анализ его конструкции на основе метода конечных элементов в САЕ-системе «ANSYS Workbench» [15, 16]. Этот анализ используется для определения напряжений и деформаций в условиях статического нагружения конструкции. Он включает в себя оценку статических перемещений мобильного станка, вызванных расчётными силами резания.

Предварительно исходная сборочная модель станка была адаптирована для проведения конечно-элементного анализа путём максимального возможного упрощения геометрии ее компонентов. Данное упрощение включало в себя удаление из сборки мелких компонентов (винты, гайки, шайбы и т.п.) и удаление мелких геометрических элементов с тел крупных компонентов (отверстия, фаски, галтели и т.п.), априорно не способных существенно повлиять на деформации рассматриваемой конструкции. Кроме того, в рамках этой предварительной подготовки редактировались размеры некоторых сопряжённых компонентов, что было призвано впоследствии обеспечить получение корректных моделей стыков (контактных пар).

В результате полученная геометрическая модель станка была импортирована в программную среду, где на её основе была построена соответствующая конечно-элементная модель.

При построении этой модели были приняты следующие допущения:

- физико-механические свойства всех компонентов станка описываются линейно-упругой моделью изотропного материала, соответствующего конструкционной стали;
- статические перемещения вершины режущего инструмента преимущественно определяются деформациями несущей его борштанги и непосредственно связанных с ней компонентов станка;
- контактные деформации компонентов в их неподвижных (затянутых) стыках не оказывают существенного влияния на баланс перемещений в рабочей зоне станка.

Расчётная сетка, сгенерированная с учетом принятых допущений, была гибридной, то есть состояла из тетраэдрических и гексаэдрических конечных элементов, плотность которых варьировалась в зависимости от размера разбиваемого компонента (рис. 5).

Для компонентов, образующих принятые в расчёт подвижные стыки, сетка дополнительно детализировалась на поверхностях контактного интерфейса. При этом модели стыков формировались в полуавтоматическом режиме с использованием специальных контактных конечных элементов. Соответственно для подвижных стыков назначался стандартный (скользящий) контакт с трением, а для неподвижных стыков контакт, предполагающий абсолютно жёсткое соединение сопряжённых тел (рис. 6).

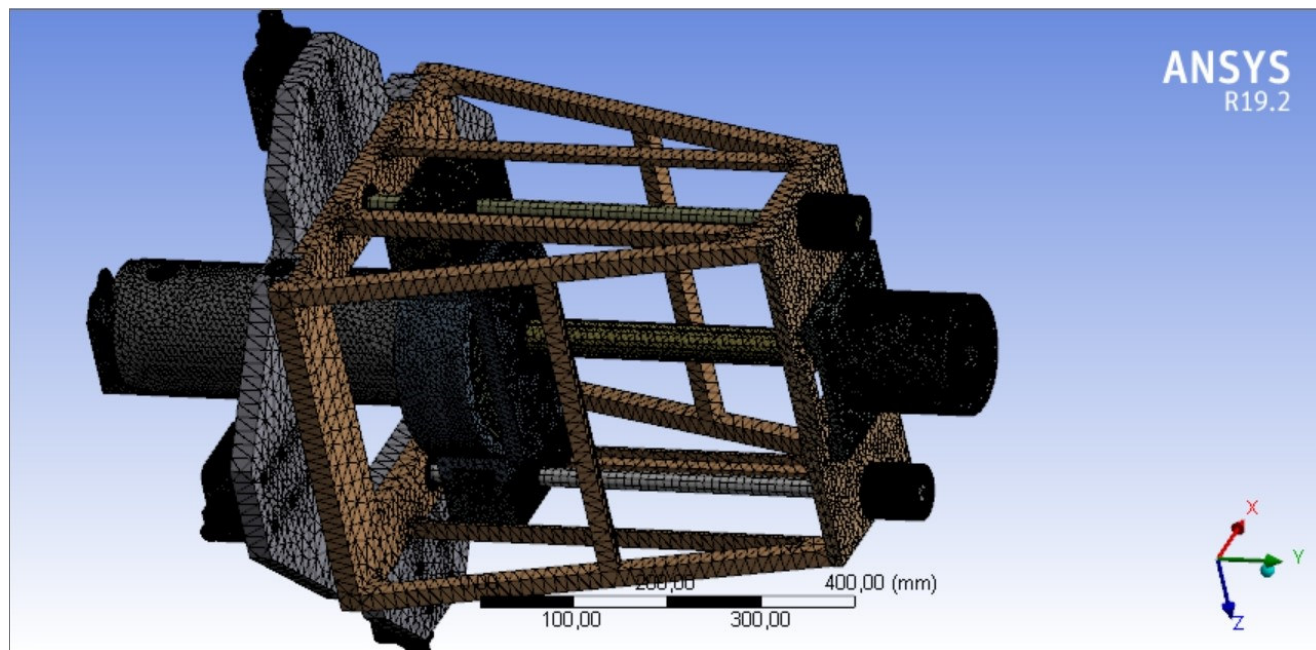


Рис. 5. Построение сеточной модели

Граничные условия модели определялись нулевым ограничением (жёсткой фиксацией) всех степеней подвижности, заданным на опор-

ной поверхности фрагмента обрабатываемого изделия, который специально был воспроизведён в расчётной модели.

Нагрузки, заданные в модели, определялись силой резания. Вектор силы резания складывался из трех вычисленных составляющих ($P_x=100$ Н, $P_y=201$ Н и $P_z=671$ Н), и задавался на передней поверхности режущего инструмента (рис. 7). Силы затяжки задавались на поверхностях четырёх винтов и принимались равными 5

кН, что гарантировало надёжное закрепление при приложенной силе резания. Для учёта деформаций станка, обусловленных собственным весом его компонентов, в модели также задавалась объёмная инерционная нагрузка в форме ускорения свободного падения, вектор которого направлялся вертикально вниз от станка.

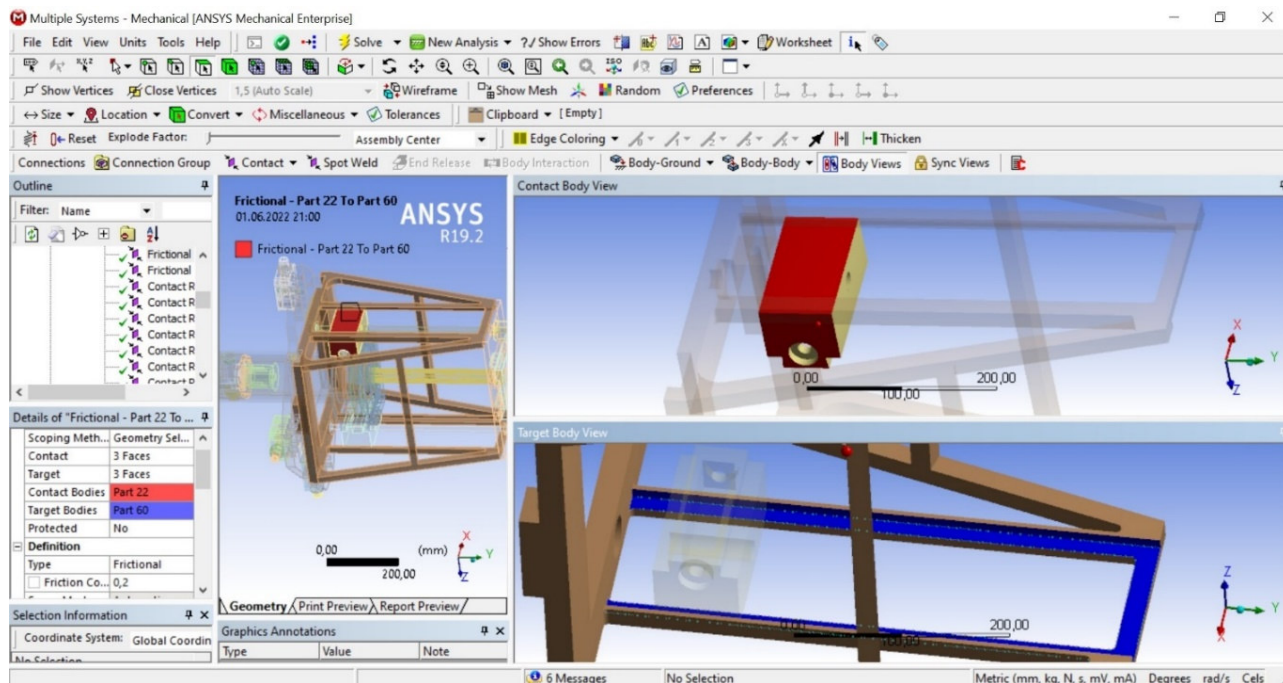


Рис. 6. Проработка стыков в ANSYS Workbench

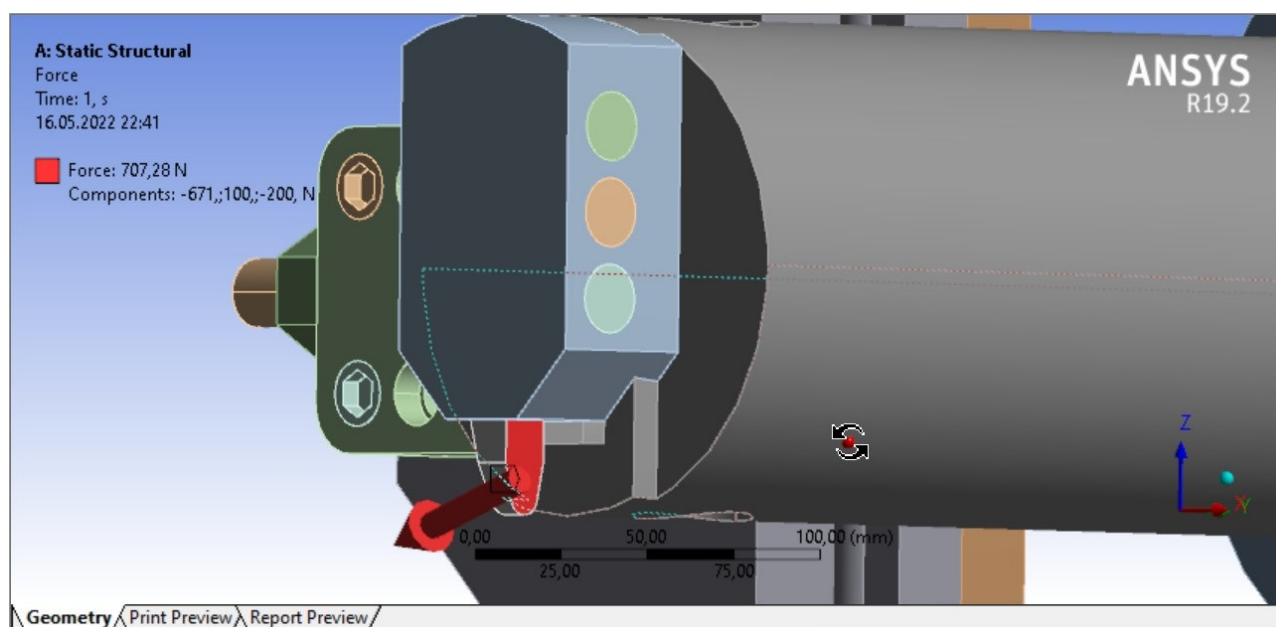


Рис. 7. Приложенные нагрузки в модели

Величины суммарного перемещения вершины режущего инструмента и деформаций элементов станка приведены на рисунке 8 при крайнем нижнем положении борштанги, так как

именно там будет наиболее худшая ситуация, в связи с максимальным вылетом борштанги.

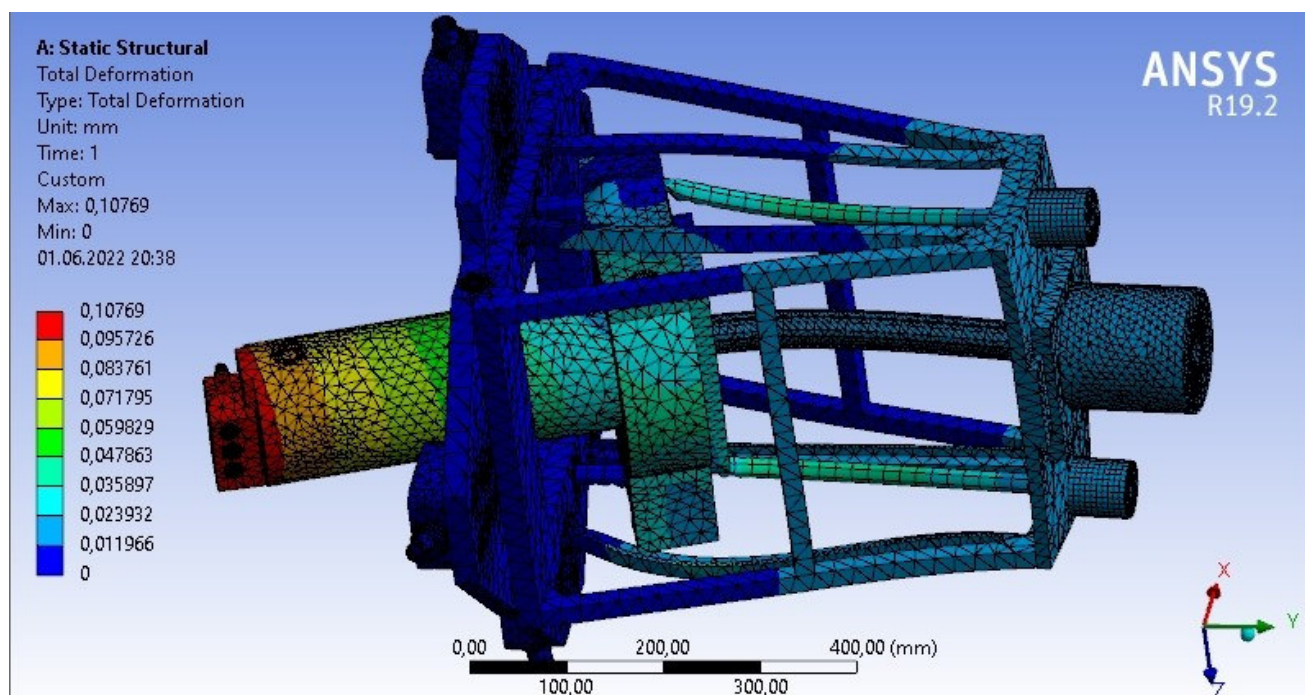


Рис. 8. Суммарные статические перемещения станка

Анализ показывает, что предлагаемая конструкция станка не обладает высокой жёсткостью из-за порталной конструкции и, следовательно, не обеспечивает высокой размерной точности обработки.

Однако задачи, для решения которых предлагается использовать данный мобильный станок, не требуют высокой размерной точности обработки, в связи с чем его точность можно считать приемлемой для его эффективной эксплуатации. Тем не менее, остается открытым вопрос обеспечения точности формы обработанного отверстия на разработанном станке, которая имеет большое значение для нормального функционирования обрабатываемого изделия. Решение этого вопроса требует проведения дополнительных расширенных расчётов, связанных с оценкой динамического отклика станка, и является предметом его дальнейших исследований.

При рассмотрении условий реальной эксплуатации разработанного мобильного станка с большой долей вероятности можно предположить, что станок будет испытывать динамические нагрузки, приближенно изменяющие по закону гармонических колебаний с некоторой частотой. В связи с этим возникает опасность вступления конструкции станка в возможный резонанс с действующими на него возмущающими нагрузками, что чревато резким ухудшением характеристик станка и даже его поломкой.

Для оценки возможности возникновения резонансных явлений в станке был выполнен его модальный анализ, направленный на определение собственных частот и форм колебаний его конструкции. В качестве инструментального средства анализа использовалась САЕ-система «ANSYS Workbench».

Анализ производился на основе результатов статического анализа с учётом напряжений, обусловленных рабочими нагрузками (предварительно напряжённый модальный анализ). В ходе каждого случая анализа определялись двадцать соответствующих им форм колебаний. Результаты анализа представлены на рисунке 9.

Полученные результаты показывают, что в случае предварительно напряжённого модального анализа, первая собственная частота изменяется в диапазоне от 100 Гц и выше, что практически исключает возможность возникновения резонансных явлений в процессе обработки на станке. Данный вывод следует из предположения того, что частота возмущающей нагрузки, действующей на станок в процессе точения, будет определяться частотой вращения борштанги. Частота вращения, опасная в отношении резонанса, должна составлять не более 6000 об/мин. При обработке не предполагается использовать частоты вращения свыше 1500 об/мин, так что резонансные явления можно исключить.

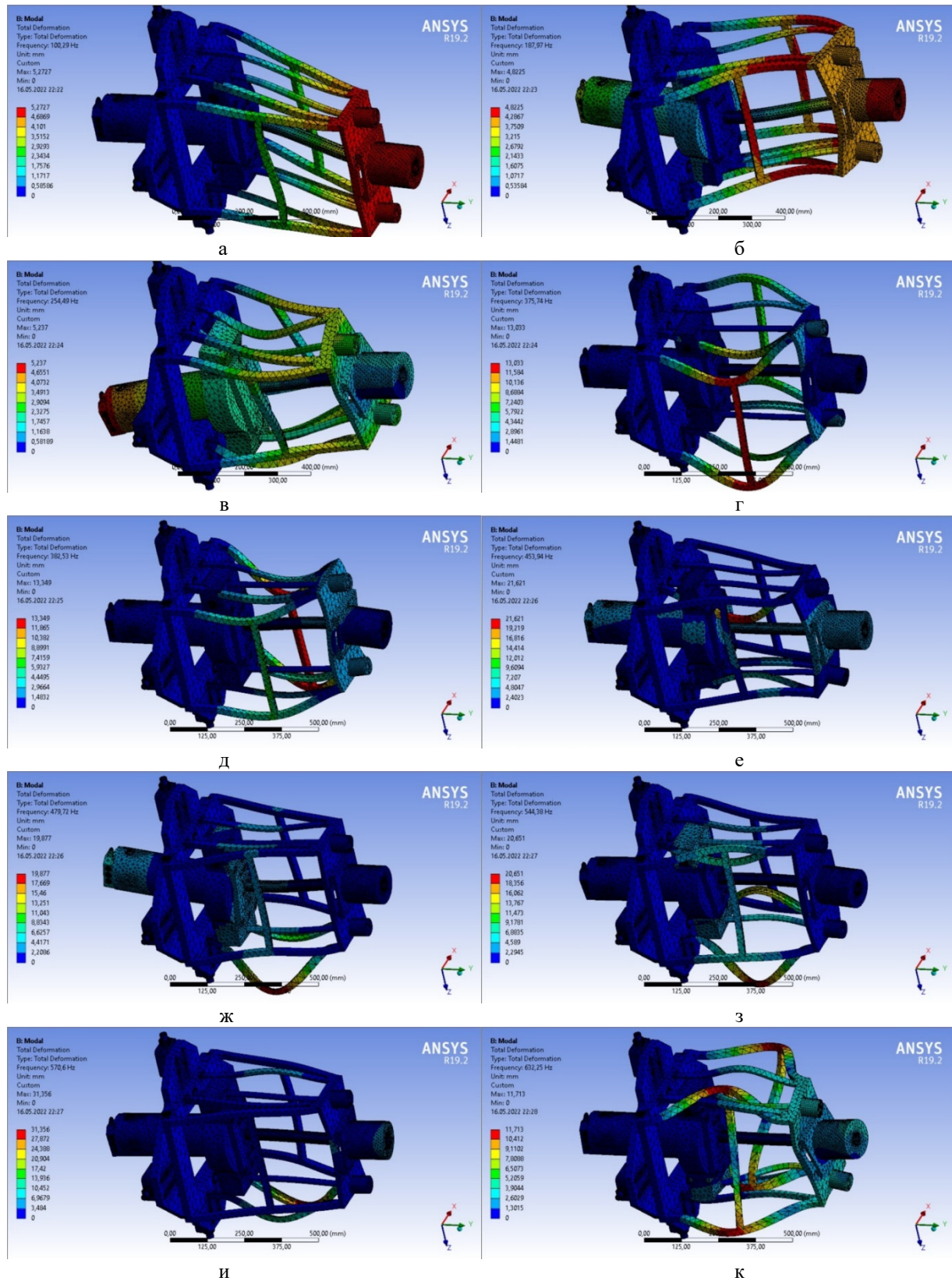


Рис. 9. Формы собственных колебаний

а) 1 мода (100,29 Гц), б) 3 мода (187,97 Гц), в) 5 мода (254,49 Гц), г) 7 мода (375,74 Гц), д) 9 мода (382,53 Гц), е) 11 мода (453,94 Гц), ж) 13 мода (479,72 Гц), з) 15 мода (544,38 Гц), и) 17 мода (570,6 Гц), к) 19 мода (632,25 Гц)

Вывод. По сравнению с прототипом разработанная конструкция позволяет расширить технологические возможности мобильного расточ-

ного станка и выполнять механическую обработку внутренних фасонных поверхностей, расположенных внутри изделия. Так же за счёт использования шаговых двигателей с управлением

от системы числового программного управления упрощается методика настройки станка на заданный размер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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
2. Марусич К.В., Дружинин В.И. Обзор конструкций мобильных станков для обработки крупногабаритных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 9. С. 97–112. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-9-97-112
3. Куликовский М.Ю., Петрова Д.П., Шапошников А.М. Мобильный станок для обточки бандажей (колёс) колёсных пар // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2020. № 1. С. 82–86.
4. Liu J., Tian Y., Gao F. A novel six-legged walking machine tool for in-situ operations // Front. Mech. Eng. 2020. № 15. Pp. 351–364. DOI: 10.1007/s11465-020-0594-2
5. Tao B., Zhao X., Ding H. Mobile-robotic machining for large complex components: A review study // Science China. Technological Sciences. 2019. Vol. 62. № 8. Pp. 1388–1400. DOI: 10.1007/s11431-019-9510-1
6. Бойко П.Ф., Тимирязев В.А., Хостикоев М.З., Данилов И.К. Применение мобильного многоцелевого станка для восстановления отверстий в крупногабаритных деталях без их демонтажа // СТИН. 2018. № 11. С. 25–29.
7. Козлов А.М., Кирющенко Е.В., Козлов А.А. Расширение технологических возможностей мобильного фрезерного оборудования // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2019. Т. 15. № 4. С. 140–145. DOI: 10.25987/VSTU.2019.15.4.022
8. Boiko P.F., Timiryazev V.A., Khostikoev M.Z., Danilov I. K. Hole restoration in situ using a mobile machine tool, without disassembly // Russian Engineering Research. 2019. Vol. 39. № 4. Pp. 345–348. DOI: 10.3103/S1068798X19040038
9. Uriarte L., Zatarain M., Axinte D., Yague-Fabra J., Ihlenfeldt S., Eguia J., Olarra A. Machine tools for large parts // CIRP Annals. 2013. № 62. Pp. 731–750. DOI: 10.1016/j.cirp.2013.05.009
10. Neugebauer R., Priber U., Rentzsch H., Ihlenfeldt S., Hoffmann D. Mobile systems for machining large work pieces // Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability - 4th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV2011). 2012. Pp. 135–140.
11. Allen J., Axinte D., Roberts P., Anderson R. A review of recent developments in the design of special-purpose machine tools with a view to identification of solutions for portable in situ machining systems // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2010. № 50. Pp.843-857. DOI: 10.1007/s00170-010-2559-9
12. Koriath H.-J., Scheffler C., Kolesnikov A., Paetzold J., Lindner R. Energetische Bilanzierung und bewertung von werkzeugmaschinen // eniPROD Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik. Germany. 2010. Pp. 157–184.
13. Okazaki Y., Mishima N., Ashida K. Microfactory – concept, history and developments // Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME. 2004. № 126(4). Pp. 837–844. DOI: 10.1007/s00170-009-2411-2
14. Пат. 2144449, Российская Федерация, МПК В 23 В 41/00. Переносной станок для механической обработки / Д.А. Белашов, В.В. Худяков; заявитель и патентообладатель Д.А. Белашов, В.В. Худяков. № 98119058/02; заявл. 19.10.1998; опубл. 20.01.2000. 2 с.
15. Polyakov A. N., Kamenev S.V. More efficient use of CAE systems in machine tool design // Russian Engineering Research. 2010. Vol. 30. № 1. Pp. 67–71. DOI: 10.3103/S1068798X10010156
16. Zhuang Z.-W., Lu J.-C., Liu De.-S. A novel identification technique of machine tool support stiffness under the variance of structural weight // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2022. Vol. 119. Pp. 247–259. DOI: 10.1007/s00170-021-08257-y

Информация об авторах

Марусич Константин Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: mkv82@mail.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, Оренбург, пр. Победы, д. 13.

Дружинин Валерий Иванович, магистрант кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: www.kingsing1999.18@mail.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, Оренбург, пр. Победы, д. 13.

Поступила 25.07.2022 г.

© Марусич К.В., Дружинин В.И., 2022

*Marusich K.V., Druzhinin V.I.

Orenburg State University

*E-mail: mkv82@mail.ru

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A MOBILE BORING MACHINE FOR PROCESSING INTERNAL SURFACES

Abstract. It is often an unattainable task to ensure high accuracy of machining of hard-to-reach overall equipment when performing repair work outside a machine-building enterprise. Therefore, it is currently relevant to abandon these operations in favor of the use of specialized mobile machines, which will significantly reduce the cost and time of such repairs. Now the market is widely represented by mobile machines of foreign companies for processing large-sized products. Their cost starts from 3.5 million rubles, while technological equipment for expanding the capabilities of the machine is considered an option and is not included in the basic package. This significantly affects the choice of such equipment by small and medium-sized enterprises that are engaged in the restoration and repair of various surfaces of large-sized products. Thus, the development of the domestic machine-tool industry makes the development of various designs of mobile machine tools relevant for the purpose of import substitution in the Russian machine-building industry. This paper presents the design of a mobile boring machine that performs the processing of internal surfaces according to the control program with the required accuracy through the use of servo motor drives. Additionally, an engineering analysis of the structure is performed using the finite element method.

Keywords: machine, mobile, attached, portable, machining.

REFERENCES

1. 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 [Novaya model' stanka dlya obrabotki poverhnostej krupnogabaritnyh detalej-tel vrashcheniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 94–100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-94-100 (rus)
2. Marusich K.V., Druzhinin V.I. Overview of mobile machine designs for large-sized products [Obzor konstrukcij mobil'nyh stankov dlya obrabotki krupnogabaritnyh izdelij]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 9. Pp. 97–112. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-9-97-112 (rus)
3. Kulikovskiy M.Y., Petrova D.P., Shaposhnikov A.M. Mobile machine for turning bandages (wheels) of wheel pairs [Mobil'nyj stanok dlya obtochki bandazhej (kolyos) kolyosnyh par]. History and prospects of development of transport in the north of Russia. 2020. No. 1. Pp. 82–86. (rus)
4. Liu J., Tian Y., Gao F. A novel six-legged walking machine tool for in-situ operations. Front. Mech. Eng. 2020. No. 15. Pp. 351–364. DOI: 10.1007/s11465-020-0594-2
5. Tao B., Zhao X., Ding H. Mobile-robotic machining for large complex components: A review study. Science China. Technological Sciences. 2019. Vol. 62. No. 8. Pp. 1388–1400. DOI: 10.1007/s11431-019-9510-1
6. Boiko P.F., Timiryazev V.A., Khostikoev M.Z., Danilov I. K. Hole restoration in situ using a mobile machine tool, without disassembly [Prime-nenie mobil'nogo mnogoceleevogo stanka dlya voss-tanovleniya otverstij v krupnogabaritnyh detalyah bez ih demontazha]. STIN. 2018. No. 11. Pp. 25–29. (rus)
7. Kozlov A.M., Kiryushchenko E.V., Kozlov A.A. Expansion of technological capabilities of mobile milling equipment [Rasshirenie tekhnologicheskikh vozmozhnostej mobil'nogo frezernogo oborudovaniya]. Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2019. Vol. 15. No. 4. Pp. 140–145. DOI 10.25987/VSTU.2019.15.4.022 (rus)
8. Boiko P.F., Timiryazev V.A., Khostikoev M.Z., Danilov I. K. Hole restoration in situ using a mobile machine tool, without disassembly. Russian Engineering Research. 2019. Vol. 39. No. 4. Pp. 345–348. DOI: 10.3103/S1068798X19040038 (rus)
9. Uriarte L., Zatarain M., Axinte D., Yague-Fabra J., Ihlenfeldt S., Eguia J., Olarra A. Machine tools for large parts. CIRP Annals. 2013. No. 62. Pp. 731-750. DOI: 10.1016/j.cirp.2013.05.009
10. Neugebauer R., Priber U., Rentzsch H., Ihlenfeldt S., Hoffmann D. Mobile systems for machining large work pieces. Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability - 4th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV2011). 2012. Pp. 135–140.
11. Allen J., Axinte D., Roberts P., Anderson R. A review of recent developments in the design of special-purpose machine tools with a view to identification of solutions for portable in situ machining systems. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2010. No. 50. Pp. 843–857. DOI: 10.1007/s00170-010-2559-9
12. Koriath H.-J., Scheffler C., Kolesnikov A., Paetzold J., Lindner R. Energetische Bilanzierung

und bewertung von werkzeugmaschinen. eniPROD Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik. Germany. 2010. Pp. 157–184.

13. Okazaki Y., Mishima N., Ashida K. Microfactory - concept, history and developments. Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME. 2004. No. 126(4). Pp. 837–844. DOI: 10.1007/s00170-009-2411-2

14. Belashov D.A. Portable working machine tool. Patent RF, no. 2144449, 2000.

15. Polyakov A. N., Kamenev S.V. More efficient use of CAE systems in machine tool design. Russian Engineering Research. 2010. Vol. 30. No. 1. Pp. 67–71. DOI: 10.3103/S1068798X10010156 (rus)

16. Zhuang Z.-W., Lu J.-C., Liu De.-S. A novel identification technique of machine tool support stiffness under the variance of structural weight. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2022. Vol. 119. Pp. 247–259. DOI: 10.1007/s00170-021-08257-y

Information about the authors

Marusich, Konstantin V. PhD, Assistant professor. E-mail: mkv82@mail.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, ave. Pobedy, 13.

Druzhinin, Valery I. Master student. E-mail: www.kingsing1999.18@mail.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, ave. Pobedy, 13.

Received 25.07.2022

Для цитирования:

Марусич К.В., Дружинин В.И. Разработка конструкции мобильного расточного станка для обработки внутренних поверхностей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 12. С. 124–134. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-12-124-134

For citation:

Marusich K.V., Druzhinin V.I. Development of the design of a mobile boring machine for processing internal surfaces. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 12. Pp. 124–134. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-12-124-134