

– экспериментальное определение оптимальных соотношений подачи скорости резания для композитов, изготавливаемых в лаборатории наноструктурных и сверхтвердых материалов Объединенного института машиностроения НАН Беларуси;

– моделирование процесса изнашивания материалов  $cBN-wBN-AlB_2/AlN$  и  $cBN-Al$ , используемых в качестве вставок лезвийных инструментов для «твёрдого точения»;

– определение эффективности замены шлифования длинных валов «твёрдым точением» инструментом, оснащённым вставками вышеуказанных материалов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зубарь, В. П. Лезвийная обработка закалённых сталей и чугунов взамен шлифования [Электронный ресурс] / В. П. Зубарь, А. Г. Тимчук, М. В. Чопенко. – Режим доступа: [http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/20359/1/STvMS\\_2010\\_5\\_Zubar\\_Lezviynaya.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/20359/1/STvMS_2010_5_Zubar_Lezviynaya.pdf).

2. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н. В. Новикова. – М : Машиностроение, 2005. – 555 с.

3. Клименко С. А. Технологические возможности инструментов оснащённых композитами на основе кубического нитрида бора / С. А. Клименко, М. Ю. Копейкина, А. О. Чумак // «Сучасні технології в машинобудуванні». – 2017. – вип. 12. – С. 54–60.

4. Обработка и упрочнение поверхностей при изготовлении и восстановлении деталей / В. И. Бородавко [и др.]; под общ. ред. М. Л. Хейфеца и С. А. Клименко. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 463 с.

5. Исследование режущих свойств резцов из нитрида бора / С. В. Грубый, В. В. Лапшин. – М. : Наука и образование, ФГБОУ ВПО МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – С. 61–74.

УДК 681.5

### РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЫСТРОСМЕННЫХ ЗАХВАТОВ И СБОРОЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

*Матрунчик Ю. Н.<sup>1</sup>, Шлейко Т. А.<sup>2</sup>*

*1) Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск Республика Беларусь*

*2) Учреждение образования «Национальный детский технопарк»,  
г. Минск Республика Беларусь*

Исследовательский проект «Роботизированная система быстросменных захватов и сборочных инструментов промышленных роботов» является результатом реализации индивидуальной программы дополнительного образования одаренных детей и молодежи заочной (дистанционной) формы получения образования УО НДТП РБ.

Основные цели проекта – автоматизация производственных процессов и освобождение человека от механических рутинных действий по смене инструмента и выполнению простых технических манипуляций, снижение стоимости оснастки промышленных роботов и создание энергоэффективных аналогов уже существующих видов быстросменных приспособлений для установки инструмента и захватов промышленных роботов, расширение номенклатуры быстросменного инструментария в робототехнических производственных системах.

Задача проекта – разработка роботизированной системы быстросменных захватов и сборочных инструментов промышленных роботов. А именно:

- Разработка механической части робота, которая включает в себя: манипулятор, механизм транспортирования инструмента, а также магазины быстросменных инструментов.

- Создание электрической принципиальной схемы робота, включающую в себя систему питания, набор датчиков для ориентирования робота в рабочем пространстве и для точной работы с заготовкой (позиционирования деталей и подборок), микроконтроллер для управления всеми узлами робота, электродвигатели для работы механизма перемещения инструмента и проводную часть.

- Разработка алгоритма работы робота и его вспомогательного оборудования, программного обеспечения для микроконтроллера, обрабатывающего показания датчиков и управляющего роботизированной оснасткой, а также траекторией движения и положением манипулятора.

Актуальность разработки роботизированной системы быстросменных захватов и сборочных инструментов промышленных роботов не вызывает сомнений, поскольку в наше высокотехнологичное время все ещё существуют предприятия, которые имеют низкий уровень роботизации и вследствие этого спрос на варианты оснастки роботов сменным инструментом, не требующим участия человека в рабочем процессе, а только в процессе управления РТС в целом. И особенно на те, которые могут выполнять несколько технологических задач на одном рабочем месте.

Обзор существующих аналогов показал наличие необходимости создания системы, в которой должно быть предусмотрено использование большего числа различного инструмента, с одинаковым типоразмером посадочных отверстий и специального механизма крепления с возможностью автоматизации (роботизации) процесса смены инструмента.

Кроме того, разработанная роботизированная система дополнена магазинами сменных инструментов, с возможностью транспортирования дополнительного инструмента в зону обслуживания промышленного робота.

На обучение управлением данной системой пользователям не нужно тратить много времени, ведь управление включает в себя минимальный набор действий, необходимых от человека. Робот может автономно выполнять поставленные задачи в любое время и в любом количестве по заранее записанной в памяти микроконтроллера управляющей программе

Роботизированная система быстросменных захватов и сборочных инструментов промышленных роботов включает в себя манипуляционного промышленного робота, оснащенного дополнительными вспомогательными устрой-

ствами и набором датчиков параметров внешней среды и непосредственно самого робота.

На стадии проектирования для отладки и проверки работоспособности устройства быстросменного инструмента был выбран коллаборативный промышленный робот компании Universal robots (Дания) UR3, в дальнейшем был сконструирован прототип промышленного антропоморфного манипулятора на шаговых двигателях, управляемого микроконтроллером семейства AVR ATmega328P. В свою очередь, система управления устройств автоматической смены инструмента, построена также на базе микроконтроллера ATmega328P, с использованием управляющей платы типа Arduino UNO, кроме того, могут быть использованы дополнительные платы управления отдельными устройствами быстросменных магазинов инструмента, на базе того же микроконтроллера, установленного на плате Arduino Uno R3 или Nano.

Система не автоматическая, а автоматизированная – управленческая функция возложена на пользователя, поскольку чаще всего недостаточно только информации с датчиков для принятия решения.

Траектория движения робота зависит от выбранной технологической операции, согласно тех. заданию по обработке соответствующей детали или сборки.

Робот-манипулятор оснащен механизмом смены инструмента, управляемый от собственного микроконтроллера. Дополнительно могут быть установлены датчики положения, параметры которых передаются пользователю на ПК для контроля и принятия решения по их изменению для правильного позиционирования робота и обрабатываемых деталей в рабочем пространстве манипулятора.

Роботизированный магазин сменных инструментов оснащен механизмом ориентирования быстросменного инструмента в номенклатуре заданного типоразмера.

На всех устройствах роботизированной системы установлены светодиодные индикаторы, сигнализирующие о процессе рабочего движения, кроме того, на одном из устройств можно установить динамик для звуковой сигнализации, чтобы пользователь мог знать, где сейчас находится манипулятор в случае, когда оператор не может визуально контролировать рабочую зону.

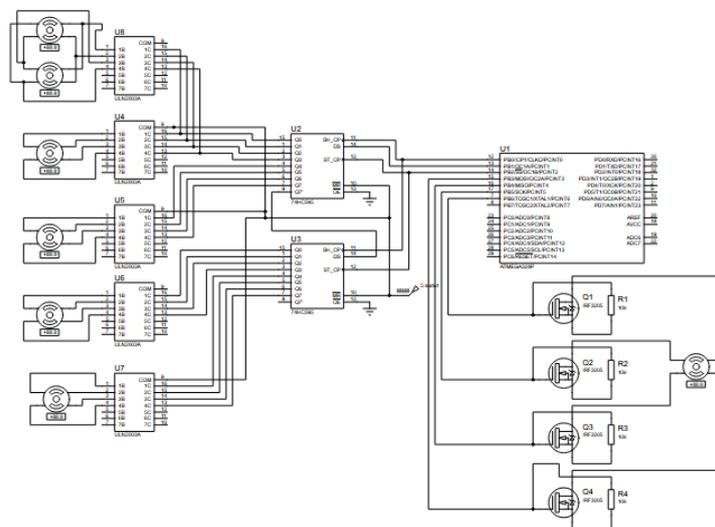


Рисунок 1 – Схема управления

Электрическая принципиальная схема роботизированной системы быстросменных захватов и сборочных инструментов промышленных роботов представлена на рисунке 1.

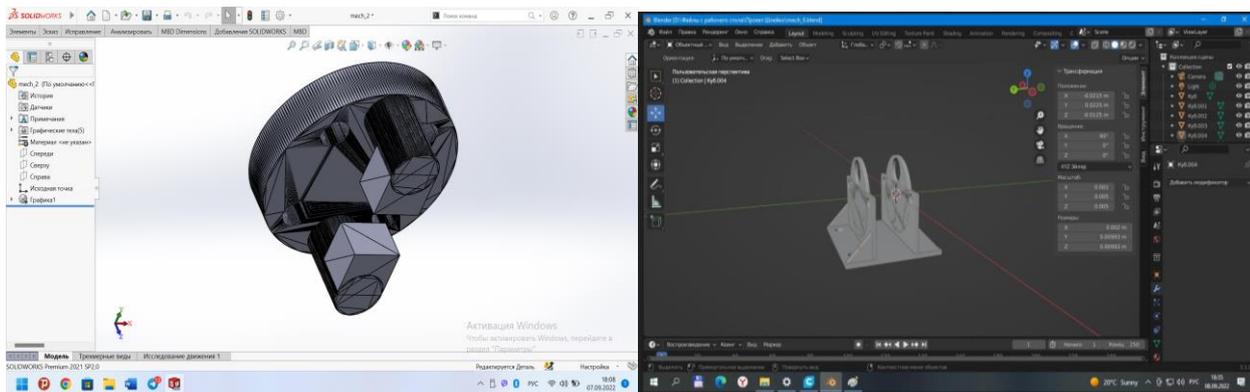
Алгоритм работы предусматривает последовательное включение ЩД для проворота механизмов зажимного приспособления. Позиционирование частей механизма происходит по сигналу обратной связи датчиков положения.

Для расширения возможностей системы предусмотрено несколько вариантов работы, выбор которых осуществляется по нажатию кнопок.

Индикация выбранных режимов осуществляется с помощью светодиодов.

Аварийная сигнализация (красный светодиод и пьезодинамик) включается в случае неправильной работы или когда операция манипулирования осуществляется в непосредственной близости от человека и может нанести ему вред.

Для создания элементов механизма зажимных приспособлений и манипулятора использовалась система автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks и Blender – свободно распространяемый 3D-редактор с открытым исходным кодом.



*Рисунок 2 – Примеры 3D-моделей деталей разрабатываемых элементов конструкции*

Функционал разработанной роботизированной системы быстросменных захватов и сборочных инструментов промышленных роботов полностью соответствует заданию и реализует весь алгоритм с помощью выполнения программ, записанных в микроконтроллеры.

Система датчиков позволяет пользователю наблюдать за изменениями параметров рабочего пространства, непосредственно самого манипулятора и автоматизированного быстросменного захватного устройства и своевременно настраивать их.

Роботизированная система быстросменных захватов и сборочных инструментов промышленных роботов работает в программно заданном режиме с возможностью реализации различных заданий.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанный прототип роботизированной системы быстросменных захватов и сборочных инструментов промышленных роботов полностью обеспечивает весь спектр заявленных заданий и может быть взят за перспективную модель для последующей производственной реализации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тягунов, О. А. Математические модели и алгоритмы управления промышленных транспортных роботов / О. А. Тягунов// Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2013. – Т. 5, № 5. – С. 69.
2. Околов, А. Р. Программное обеспечение промышленных роботов: учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям 1-53 01 01 "Автоматизация технологических процессов и производств", 1-54 01 06 "Промышленные роботы и робототехнические комплексы" / А. Р. Околов, Ю. Н. Матрунчик; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Робототехнические системы". – Минск: БНТУ, 2021. – 65, [1] с.: ил., табл. – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/91428>.

УДК 621.7

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ НА ВРЕМЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЛИ 40X13

*Мищирук О. М., Нерода М. В., Веремейчик А. И., Холодарь Б. Г.  
Брестский государственный технический университет,  
г. Брест, Республика Беларусь*

В настоящее время сталь является основным конструкционным материалом, т. к. обладает высокими эксплуатационными характеристиками и соответствует многим экономическим требованиям. Возможность улучшения эксплуатационно-технических свойств стали за счет применения современных упрочняющих технологий является важным ее достоинством, как конструкционного материала [1]. Современные методы поверхностной обработки (плазма, ионные пучки, электронные и лазерные лучи) ориентированы на придание повышенных физико-механических характеристик поверхностному слою при сохранении неизменными свойств основного металла детали [2, 3]. Такие преимущества сфокусированного лазерного излучения, как бесконтактность и локальность теплового воздействия, минимальная зона термического влияния, высокие скорости нагрева и охлаждения, снижение уровня остаточных напряжений, сведение к минимуму коробления, повышение дисперсности структуры и т. д., обуславливают частое применение лазерных технологий поверхностной обработки в качестве замены традиционных методов термической обработки [4].

С целью исследований влияния режимов лазерной поверхностной обработки на прочностные характеристики стали 40X13 были испытаны 18 образцов на статическое растяжение. Образцы были изготовлены при помощи водной резки и имеют размеры 7x20x200 мм (рисунок 1) [5]. Перед испытаниями образцы подвергались лазерной поверхностной обработке волоконным иттербиевым лазером мощностью 1 кВт при пяти различных режимах обработки (таблица 1). Данный вид лазера был выбран в связи с тем, что излучение с длиной волны порядка 1 мкм лучше взаимодействует с поверхностью металла по сравнению с излучением