

Таблица 1 — Технические характеристики вибровалкового измельчителя-активатора

Основные характеристики	Значение параметра
Производительность, т / ч	1,5...2,5
Размеры валков, м: диаметр длина	0,25 0,2
Величина эксцентриситета, м	$3 \times 10 \dots 3$
Зазор между валками, м	$(2 \dots 6) \times 10 \dots 3$
Частота колебаний, Гц	25
Мощность привода, кВт	$2 \times 3$

Проведя ряд промышленных испытаний, мы получили следующий результат: разработанная конструкция обладает достаточной надёжностью и работоспособностью в эксплуатации при измельчении материалов.

Также в ходе испытаний было выявлено, что вибровалковый измельчитель-активатор при измельчении материалов может использоваться для измельчения материалов с различными физико-механическими характеристиками и текстурой (пенобетон, газосиликатные блоки, бетон и др.).

**Заключение.** В настоящий момент в Беларуси отсутствует четкая координация работ в данной области, однако проблема переработки строительных отходов имеет государственное значение. Для решения данной проблемы нам необходимо преодолеть отставание в создании и освоении выпуска необходимого оборудования, а также ускорить развитие сети перерабатывающих комплексов.

Для успешной работы действующих комплексов необходимо создать нормативную базу, которая будет включать: сортировку строительных отходов на комплексы по их переработке, наличие в сметах на строительные работы расходов на утилизацию отходов взамен вывоза их на свалки, контроль за соблюдением этих нормативов со стороны органов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Отсутствие такой нормативной базы приведет к трудностям при получении исходного материала из-за слабой заинтересованности строителей в вывозе отходов на перерабатывающие комплексы. Также это не будет способствовать привлечению иностранных инвесторов для финансирования такой деятельности.

#### Список цитируемых источников

1. Обращение с отходами : учеб. пособие / А. А. Челноков [и др.]. — Минск : Выш. шк., 2018. — 460 с.
2. Сиваченко, Л. А. Оценка эффективности дробления вибровалкового измельчителя / Л. А. Сиваченко, А. Н. Хустенко, Л. Л. Сотник // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. — 2017. — № 4. — С. 89—97.
3. Сотник, Л. Л. Исследование влияния отдельных факторов на степень измельченности в вибровалковом измельчителе методом математического планирования эксперимента / Л. Л. Сотник, Л. А. Сиваченко // Гор. механика и машиностроение. — 2018. — № 1. — С. 30—36.
4. Вибровалковый измельчитель-активатор : пат. № 186478 РФ : В02С 4/32 / В. С. Севостьянов, Л. А. Сиваченко, М. В. Севостьянов, Т. Л. Сиваченко, Л. Л. Сотник, П. Ю. Горягин ; дата публ.: 22.01.2019.

УДК 621

А. В. Малевич

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

### ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ В БЕЛАРУСИ

**Введение.** На современном этапе развития машиностроения широкое распространение получило использование многоцелевых станков с числовым программным управлением (далее — ЧПУ). При применении данного типа оборудования значительно повышается производительность обработки и улучшается качество изготовленных деталей. Главной особенностью данного оборудования является то, что движение инструмента относительно детали заранее программируется и записывается в числовой форме [1].

На данный момент станки с ЧПУ достаточно широко распространены на отечественных предприятиях, поэтому специалисты в области машиностроения должны обладать знаниями о ЧПУ в целях применения более эффективной техники при проектировании деталей. Поэтому изучение особенностей проектирования технологических процессов для станков с ЧПУ является важной частью обучения для студентов машиностроительного направления.

Изучение разработки технологии изготовления деталей на станках с ЧПУ ведется в лаборатории по станкам с ЧПУ в рамках дисциплин «Технология обработки на станках с ЧПУ», «Технология обработки и автоматический контроль на станках с ЧПУ».

**Основная часть.** При организации лаборатории основным направлением является приобретение оборудования для освоения студентами возможностей станков с ЧПУ, а также для обучения программированию в наиболее распространенных системах ЧПУ: Siemens, Fanuc, Heidenhain. Оборудование, применяемое для обучения, можно разделить на три типа. Первый тип оборудования — это учебные классы, состоящие из персональных компьютеров, на которых установлено программное обеспечение. Второй тип оборудования — обучающие стенды на базе промышленных систем с ЧПУ. Третий тип оборудования — обучающие металлорежущие станки компактного исполнения.

**Учебные классы с применением специального программного обеспечения.** Учебный класс оснащен компьютерами со специальным программным обеспечением, которые позволяют освоить программирование в наиболее распространенных системах с ЧПУ: Siemens, Fanuc, Heidenhain. По статистике, большинство выпускаемых станков оснащаются этими системами с ЧПУ. Студент осваивает как систему программирования с использованием G- и M-кодов, так и систему диалогового программирования.

Учебное оборудование предназначено для изучения технологического программирования токарной и фрезерной обработки на станках с современными системами ЧПУ; разработки управляющих программ и визуализации процессов обработки деталей, включая 3D-имитацию токарной и фрезерной обработки; обучения учащихся практическим приемам управления станками с ЧПУ в различных режимах. Также использование специального программного обеспечения (Win3D-View, WinCam) позволяет: визуализировать обработку на стадии проектирования; исключить возможность столкновения инструмента с узлами станка; подготовить управляющую программу. Уникальной особенностью программного обеспечения EMCO является возможность имитирования работы ЧПУ Siemens, Fanuc, Heidenhain на одном учебном месте. Опция Easy2control обеспечивает быстрый переход с одной системы управления на другую касанием экрана [2].

Компании «ЭКСАЙДЕР» и «FESTA» специализируются на поставках учебного оборудования, компонентов, технологий и услуг для машиностроительных и станкостроительных предприятий, а также для учреждений образования. К примеру, Витебский лицей машиностроения имени М. Ф. Шмырева приобрел учебный класс EMCO на 15 мест для обучения студентов практической работе с различными системами ЧПУ. Все учебные компьютеры соединены в сеть и имеют выход на станки, что позволяет программировать не только непосредственно на станке, но и с учебных мест. Также учебный класс EMCO на 5 мест был приобретен Брестским государственным техническим университетом в 2015 году. Приобретение учебных классов типа EMCO хорошо тем, что обучение производится без закупки дорогостоящих станков, а визуализация процессов производится при помощи математического моделирования. Это существенно экономит средства учреждения образования. Недостатком таких классов является отсутствие возможности произведения наладки станка, регулирования его органов, просмотра обработки резанием вживую.

**Учебные классы с применением обучающих стендов ЧПУ.** Учебные классы оснащены симуляторами на базе промышленного ЧПУ Fanuc серии 0i-F для обучения студентов. Стенд имитирует пульт управления станка. Преимуществами стенда в сравнении с компьютерными классами являются: готовность к использованию без дополнительной настройки; доступность всех функций системы, как и на производственных станках с ЧПУ; переключение между фрезерным и токарным режимами; удобность для транспортировки; возможность подключения к компьютерной сети. Лабораторный стенд выполнен в настольном исполнении в стоечном варианте. Использование обучающих стендов ЧПУ позволяет учреждению образования максимально приблизить учебный процесс к производственным условиям. Также преимуществом обучающих стендов ЧПУ является тот факт, что они выполнены полноразмерной копией стендов управления промышленных станков, использующихся на предприятиях. Следовательно, студент, обучившийся на стенде с ЧПУ, имеет полное представление о программировании, наладке и управлении промышленным станком с ЧПУ. Учебные стенды с ЧПУ также дешевле, чем обучающие металлорежущие станки, но дороже, чем просто специализированное программное обеспечение для персональных компьютеров (рисунок 1).



Рисунок 1 — Обучающий стенд ЧПУ Fanuc



Рисунок 2 — Лаборатория металлорежущих станков с ЧПУ

**Учебные лаборатории с обучающими металлорежущими станками с ЧПУ.** Данный подход к организации учебного процесса самый дорогостоящий, но и самый эффективный в плане обучения как программированию, так и наладке станков с ЧПУ. В лаборатории размещаются учебные металлорежущие станки (в основном настольного исполнения). Основными их преимуществами в сравнении с обучающими стендами и специальным программным обеспечением является то, что на станках можно непосредственно выполнять обработку резанием, а на стенде и специальным программном обеспечении можно наблюдать лишь симуляцию обработки. Оборудование может быть предназначено как для обучения учащихся программированию, так и для опытных разработок ученых университетов и выполнения заказов промышленных предприятий. Кроме того,

учебные металлорежущие станки активно используются для проведения практических занятий студентов, а также для переподготовки операторов станков с ЧПУ.

К примеру, компания «ЭКСАЙДЕР» в 2019 году поставила учебный класс станков с ЧПУ для Республиканского института профессионального образования в рамках реализации государственной программы «Образование и молодежная политика» на 2016—2020 годы по созданию ресурсного центра на базе Оршанского государственного механико-экономического колледжа. Новые учебные станки предназначены для практического обучения управлению, наладке, программированию токарных и фрезерных станков с ЧПУ. Станки имеют возможность перехода с одной системы управления на другую. Таким образом, учащиеся могут изучать работу станков на двух наиболее популярных системах: Fanuc и Siemens. Такое оборудование (рисунок 2) позволит проводить подготовку квалифицированных рабочих и специалистов для высокотехнологичных производств и международного чемпионата WorldSkills.

**Заключение.** Для обучения системам ЧПУ хорошо подходят как компьютерные классы с использованием специального программного обеспечения, так и специализированные стенды, имитирующие пульт управления промышленным станком. В учреждениях образования Беларуси получили широкое распространение обучающие стенды с математической имитацией процесса резания и обучающие металлорежущие станки настольного исполнения.

#### Список цитируемых источников

1. Сосонкин, В. Л. Системы числового программного управления / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов. — М. : Логос, 2005. — 296 с.
2. Пайвин, А. С. Основы программирования станков с ЧПУ / А. С. Пайвин, О. А. Чикова ; Ур. гос. пед. ун-т, 2015. — 102 с.

УДК 334.7

А. Н. Соловей, И. А. Горавский

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

## ИЗНОС ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА

**Введение.** Фрезерный станок — это станок для обработки металлических и других деталей фрезой при поступательном перемещении заготовки. Фрезерные работы сегодня являются одним из основных видов обработки металлических деталей. Как и токарные работы, они показывают высокую популярность в условиях массового и крупносерийного производства.

Фрезерная обработка представляет собой метод обработки заготовок, главным движением которого является вращение фрезы. Движение подачи в этом случае представляет собой поступательное перемещение обрабатываемой детали в вертикальном, поперечном или продольном направлении. Фреза, которой обрабатываются заготовки, — это режущий инструмент, оснащенный несколькими лезвиями.

Фреза обычно представляет собой диск с зубьями по окружности, выполняющий вращательные движения, которые предназначены для обработки поверхности. Также режущие зубья могут располагаться не только на цилиндрической поверхности, но и на торце. Зуб фрезы является простейшим инструментом — резцом. Хотя фрезы в основном являются многозубными инструментами, в производстве иногда используются однозубые фрезы. Основными видами фрез являются фасонные, прорезные, концевые,