

УДК 621.923

Я.В.Васильченко, доцент, канд. техн. наук,**Т.А. Сукова, аспирант,****М.В. Шаповалов, аспирант***Донбасская государственная машиностроительная академия,**ул. Шкадинова, 72, г.Краматорск, Украина, 84313**msi@dgma.donetsk.ua***РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА БАЗЕ АДАПТИВНЫХ МНОГОЦЕЛЕВЫХ
ТЯЖЕЛЫХ СТАНКОВ**

Работа направлена на создание тяжелых станков нового поколения. Исследованы процессы, протекающие в условиях изменения параметров процесса обработки, предложены критерии, модели и правила принятия решений при параметрической оптимизации управления тяжелым станком в режиме реального времени. Проведена апробация в производственных условиях многоуровневой системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта для автоматического управления процессами резания на тяжелых станках нового поколения.

Ключевые слова: *тяжелый станок, точение, адаптивное управление.*

Производство тяжелого энергетического, металлургического, транспортного оборудования является основой машиностроения Украины и важной составной частью ее экспорта. Возможность изготовления тяжелых машин, конкурентоспособных на мировом рынке, обеспечивается оснащением машиностроительных предприятий современным станочным оборудованием.

Основная группа станочного парка машиностроительных предприятий Украины - это токарные станки. На тяжелых токарных станках с числовым программным управлением проводится обработка большинства деталей, входящих в состав современных тяжелых машин.

В структуре производства предприятия тяжелого машиностроения все более возрастает доля деталей – тел вращения для современных машин.

Также изготавливаются другие детали: уникальные роторные валы (диаметр – 1600 мм, длина – 2500 мм, масса 7,7 т) для комплектации ветровых энергетических установок, как альтернативного направления, направленного на энергосбережение, в рамках крупного международного энергетического проекта по созданию ветровых электростанций для США, Германии, Голландии. В 2012 году этой продукции только на АО НКМЗ изготовлено 220 единиц общей массой более 4000 т. Для условий НКМЗ характеристики обрабатываемых деталей на тяжелых токарных станках приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Номенклатура обрабатываемых валков на станках с наибольшим диаметром обрабатываемых деталей 2000 мм (над станиной)

Габаритные размеры валков Ø бочки/ L бочки/ L детали	Масса валков, т	Материал валков	Твердость бочки и шеек	Точность валков	Шерохо- ватость поверх- ности
1600x2700x6700 1500x2500x6300 1400x2000x5500 1200x1200x5000 1100x1500x4800	от 12-60т	Ст50, 60ХН, 50ХН, 75Х2МФ, 75ХМФ, 90ХФ, 70ХЗГНМФ	Бочки и шеек до 320НВ Бочки от 60 до 85 HSD Шеек от 30 до 55 HSD	Биение бочки и шеек от 0,02мм до 0,005мм	от Ra3,2 до Ra0,4

На рисунке 1 приведен перечень выполняемых технологических переходов и их относительная продолжительность. Примерно 80–90% всего времени расходуется на обтачивание наружных поверхностей, растачивание отверстий и подрезание торцовых поверхностей. Около 1% времени приходится на выполнение отделочных операций – шлифование и накатывание.

Разнообразные современные станки для переоснащения машиностроительных предприятий Украины поставляются ведущими станкостроительными странами. Но тяжелые токарные станки, которые не только не уступают лучшим мировым аналогам, но и превосходят их, сейчас серийно производятся на Украине на открытом акционерном обществе "Краматорский завод тяжелого

станкостроения" (ОАО КЗТС) как для машиностроительных предприятий Украины, так и для экспорта за границу.

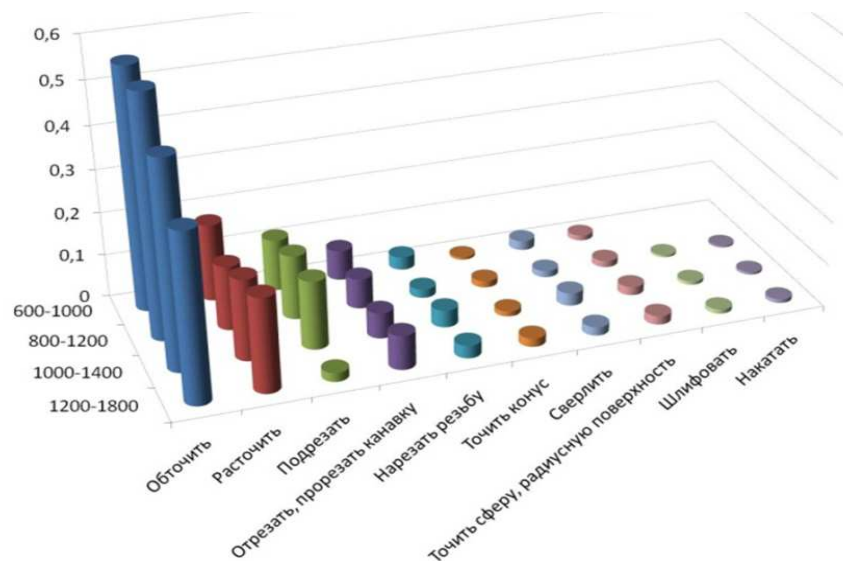


Рисунок 1 – Перечень выполняемых технологических переходов

В ДГМА проведен ряд работ, направленных на повышение качества и работоспособности станочного оборудования и режущего инструмента, адаптивных систем управления для тяжелых станков, разработку интегрированных технологий упрочнения инструмента и деталей машин. Но вопросы, указанные в задачах исследований, требуют новых комплексных исследований и разработок в направлении создания систем адаптивного управления процессом резания на тяжелых многоцелевых станках с учетом состояния инструмента.

Целью данной статьи является повышение производительности и точности обработки на тяжелых станках путем оптимального управления в режиме реального времени.

Проведены статистические исследования на предприятиях и установлены необходимые конструктивные параметры станков, связанные с размерами обрабатываемых деталей и режимами резания.

Создан банк данных обрабатываемых деталей. Распределение банка данных по назначению представлено на рисунке 2. Для реализации совершенствования технологического процесса разрабатывается новое оборудование с расчетом повышенных режимов резания и возможности оптимизации процессов резания в реальном времени. Пример анализа обрабатываемых деталей и как следствие, рекомендуемые параметры проектируемого оборудования приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ деталей и рекомендуемые параметры черновых станков

Таблица 2 — Размеры деталей и рекомендуемые параметры черновых станков										
D _{max}	Распределение деталей, %								Рекомендуемые параметры	
	Длина деталей, мм				Вес деталей, т					
	До 6000	6000-80000	8000-10000	10000-15000	До 25	25-40	40-63	63-100	L _{max}	Q _{max}
1250	26	1.2	4	-	31	-	-	-	6300-10000	25
1600	24	18.7	6	0.8	19	23	4.5	-	6000	50
									10000	40
2000	8.5	7.5	3.5	0.8	10	4	4	0.5	6000	25
									10000	68
2500	4.2	-	-	-	4	-	-	-	-	-

Тяжелые станки нового поколения имеют все технические возможности для регулирования параметров обработки непосредственно во время резки в режиме реального времени. Современные системы ЧПУ позволяют использовать пре- и постпроцессоры, а также информацию от измерительных устройств, которые фиксируют параметры процесса обработки (температуру, усилия, крутящие моменты, вибрации и др.). С помощью этих средств, в процессе обработки динамически корректируется начальная программа ЧПУ с режимными параметрами и геометрией инструмента [2].

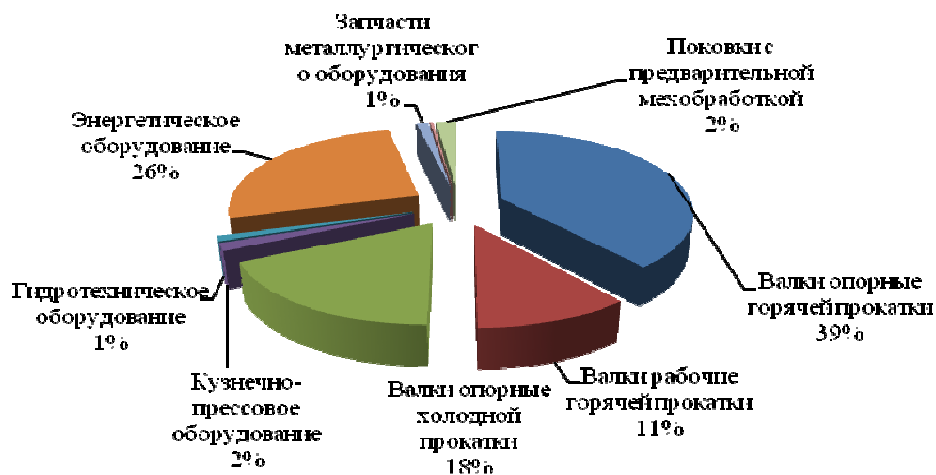


Рисунок 2 – Распределение деталей банка данных по назначению

Кроме этого, есть возможность осуществления управления с системой самообучения, с переменной структурой управления, многомерными обратными связями. Для осуществления управляющего воздействия используются и разрабатываются новые мехатронные системы.

Оптимальное адаптивное регулирование базируется на полной динамической исходной модели процесса резания. Оптимизация осуществляется во время всего процесса обработки и гарантирует оптимальное проведение процесса резания. Постоянное определение мгновенного положения оптимальной рабочей точки в соответствии с мгновенным состоянием процесса резания осуществляется постоянным сравнением актуальных значений характерных величин параметров. Общая структура процесса оптимизации представлена на рисунке 3.

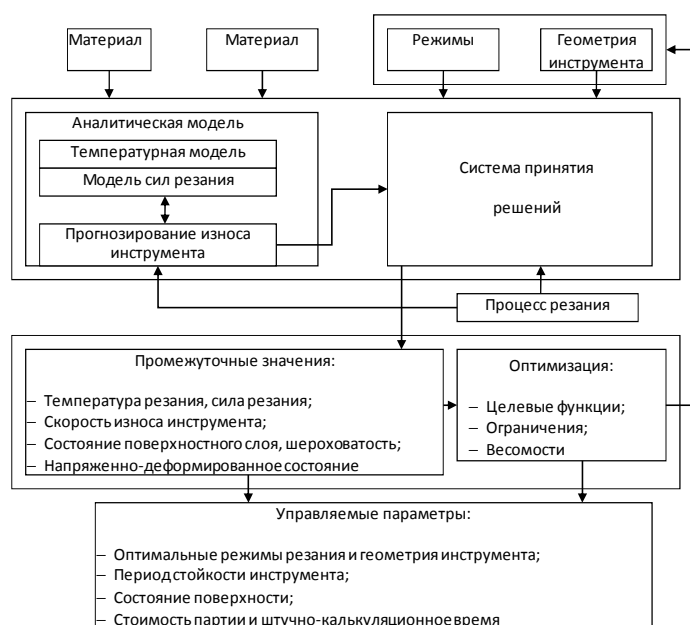


Рисунок 3 – Общая структура процесса оптимизации

Предложенная схема представляет собой новый подход к управлению процессом резания на тяжелых станках и оптимизации его параметров. Разработанная методология позволяет оптимизировать режимы резания и геометрию режущего инструмента в процессе адаптивного управления тяжелым токарным станком. Оптимальное адаптивное регулирование базируется на полной динамической исходной модели процесса резания. Оптимизация режимов резания осуществляется во время всего процесса обработки и гарантирует оптимальное проведение процесса резания. Адаптивное управление процессами резания строится на базе многоуровневой системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта[1]. Значения критериев для оптимального адаптивного регулирования представляют экстремальные значения критериев оптимальности процесса резания, соответствующих целевым функциям статистической оптимизации.

Целевыми функциями для оптимизации приняты затраты, производительность, расход инструмента, надежность и психофизическая нагрузка на рабочего. Изменяя набор критериев и делая большие уступки в сторону одного из них, в зависимости от требований к процессу, можно управлять его эффективностью. В случае наличия дополнительных линейных ограничений на параметры процесса, не учтенных в целевых функциях, оптимальные решения находятся в плоскости, образованной пересечением поверхности функционала с линией ограничения.

Разработана аппаратная структура системы адаптивного управления тяжелым токарным станком и исследованы ее динамические характеристики. Для создания системы адаптивного управления тяжелым станком применена система TNC 320 фирмы HEIDENHAIN.

Схема адаптивного управления скоростью резания с помощью PLC модулей представлена на рисунке 4, а также возможность компенсации линейных, нелинейных и связанных с температурой погрешностей.

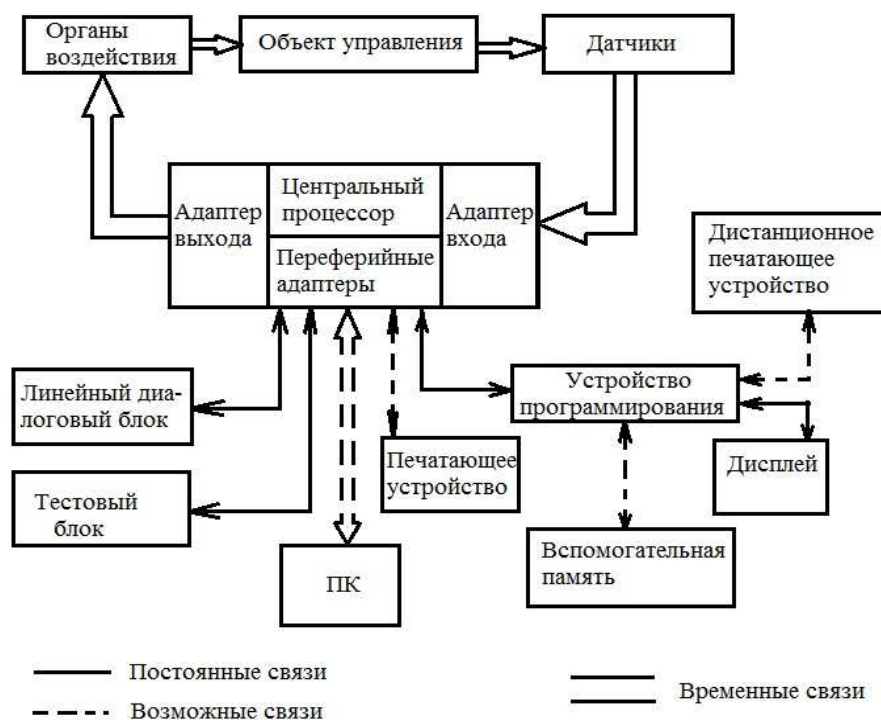


Рисунок 4 – Схема адаптивного управления скоростью резания с помощью PLC модулей

Выводы. Процесс обработки на тяжелых станках имеет свои особенности. Для повышения эффективности обработки необходимо применять станки с ЧПУ, с оперативной оптимизацией процесса резания на базе искусственного интеллекта. Созданы модели для управления процессом резания на тяжелом токарном станке в режиме реального времени. Установлено, что оптимизация процесса резания должна осуществляться по критериям: производительность, себестоимость, стойкость инструмента. Ограничениями являются: режущие возможности инструмента, мощность электродвигателя привода главного движения, прочность механизма подачи, жесткость резца и обрабатываемой детали, кинематические возможности станка. Результаты исследований реализованы в опытном образце адаптивной системы управления для тяжелого токарного станка и интегральном комплексе оптимального управления адаптивной технологической системой. Результаты работы использованы для разработки современных тяжелых станков нового поколения, аналогов которых еще не существует.

Библиографический список использованной литературы

1. Ковалев В. Д. Экспертная оценка проектных решений при создании тяжелых токарных станков повышенной точности / В.Д. Ковалев, О.Ф. Бабин, М.С. Мельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. — Краматорськ : ДДМА, 2005. — Вип. №17. — С. 124 – 131.
2. Васильченко Я.В. Выбор оптимальных режимов резания при автоматическом управлении тяжелыми станками / Я.В. Васильченко, В.Д. Ковалев // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. — Краматорськ-Київ : ДДМА, 2006. — Вип. №20. — С. 48 – 53.

Поступила в редакцию 13.03.2013 г.

Васильченко Я.В., Сукова Т.О., Шаповалов М.В. Розробка технологічних систем для обробки великогабаритних деталей на базі адаптивних багатопільових важких верстатів

Робота спрямована на створення важких верстатів нового покоління. Досліджені процеси, які протікають в умовах змінення параметрів процесу обробки, запропоновано критерії, моделі та правила прийняття рішень при параметричній оптимізації управління важким верстатом в режимі реального часу. Проведена апробація у виробничих умовах багаторівневої системи прийняття рішень з елементами штучного інтелекту для автоматичного керування процесами різання на важких верстатах нового покоління.

Ключові слова: важкий верстат, точіння, деталь, адаптивне управління.

Vasilchenko Y.V., Sukova T.A., Shapovalov M.V. Development of technological systems for processing of large-size details on the basis of adaptive multi-purpose heavy machines

Work is directed on development of heavy machines of new generation. The processes are investigated in the conditions of change of parameters of processing. Criteria, modeles and decision rules are offered by parametrical optimization of management by the heavy machine in real time. Approbation is carried out in production conditions multilevel system of decision-making with elements of artificial intelligence for automatic control of cutting processes on heavy machines of new generation.

Keywords: heavy machine, turning, detail, adaptive control.