

**Я.В. ВАСИЛЬЧЕНКО**, канд. техн. наук, доцент, ДГМА, Краматорск

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ СТАНКОВ НА БАЗЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Визначено параметри важких верстатів на підставі статистичних досліджень розмірів та характеристик заготовок, технологічних операцій, режимів різання. Верстати спроектовані, виготовлені та впроваджені у виробництво. Розроблено адаптивну систему управління важким верстатом.

Определены параметры тяжелых станков на основе статистических исследований размеров и характеристик заготовок, технологических операций, режимов резания. Станки спроектированы, изготовлены и внедрены в производство. Разработана адаптивная система управления тяжелым станком.

Parameters of lathes which are connected with the sizes of workpieces and cutting modes, on the basis of the analysis of use of machine tools. Heavy lathes are projected, made and applied in industry. Adaptive control system by a heavy machine-tool is developed.

**Введение.** Специфические особенности тяжелого машиностроения не позволяют механически переносить прогрессивные методы технологии и организации, применяемые в крупносерийном и массовом производствах, на предприятия, производящие различные виды уникальных машин. Предприятия тяжелого машиностроения имеют свои особенности технологического цикла подготовки производства, производства, обработки и сборки, которые обусловлены уникальностью оборудования и технологических процессов обработки на тяжелых станках: большие размеры обрабатываемых деталей (цилиндры, валы, штоки, бандажы длиной до 24000 мм и более, диаметром до 5000 мм, массой до 250 тонн); большие глубины резания и подачи; высокая стоимость заготовок; большой путь резания; высокие производственные затраты, связанные со стоимостью уникального оборудования и режущего инструмента; неравномерность припусков; сложности наблюдения и влияния на процесс резания, обусловленные эргономическими факторами; повышенные вибрации при резании и т.д.

При обработке крупных деталей часто требуются иные технические решения, не свойственные другим отраслям машиностроения. Эти особенности вызывают необходимость исследования закономерностей обработки на тяжелых станках, управления процессами резания, обеспечения точности и работоспособности оборудования, повышения эксплуатационных свойств режущих инструментов, оптимизации хозяйственной деятельности предприятий.

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

Например, в табл. 1 приведены данные по выпуску прокатных валков (рис. 1, а) на ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод», г. Краматорск [1].



а б  
Рисунок 1 – Детали-представители предприятия тяжелого машиностроения

Таблица 1 – Динамика выпуска прокатных валков на ЗАО НКМЗ

Год	Валки холодного и горячего проката	
	Масса, т	Стоимость, млн. грн.
2002	13 946	112, 346
2003	25 283	188, 793
2004	28 564	235, 336
2005	31 054	322, 838
2006	30 957	405, 758
2007	31 436	509, 214
2008	32 520	714, 983
Итого: рост по отношению к 2002 р. (в абс. выражении)	18 574	602, 637
Итого: рост по отношению к 2002 р., в % (в абс. выражении)	233,19%	636,41%

Также изготавливаются другие детали: уникальные роторные валы (диаметр – 1600 мм, длина – 2500 мм, масса 7,7 т) для комплектации ветровых энергетических установок (рис. 1, б), как альтернативного направления, направленного на энергосбережение, в рамках крупного международного энергетического проекта по созданию ветровых электростанций для США, Германии, Голландии. В 2008 году этой продукции только на АО НКМЗ изготовлено 220 единиц общей массой более 4000 т.

**Задачи исследования.** Для развития этого производства в настоящее время является необходимым анализ использования тяжелых станков для изготовления деталей современных машин с применением новых инструментов с целью определения требуемых технических характеристик при проектировании новых моделей.

Цель работы – установление параметров станков на основании анализа особенностей деталей современных машин, применения прогрессивных инструментов и оптимизации режимов резания.

В связи с проектированием новой гаммы тяжелых токарных станков были поставленные следующие задачи:

- определить оптимальные технические характеристики станков;
- установить оптимальный состав и размерный ряд гаммы, рациональный знаменатель ряда, рациональное количество моделей «нормального», «легкого» и «тяжелого» исполнения, определить рациональные новые компоновки и схемы резания;
- определить оптимальную номенклатуру накладных приспособлений для расширения технологических возможностей станков;
- обеспечить единство конструктивных решений и архитектурное сходство.

Исследованы следующие вопросы:

- разновидности обрабатываемых изделий по конфигурации, материалам, степени точности и классам чистоты обработки;
- применяемый режущий инструмент и режимы резания;
- применение станков по диаметру, длине, высоте и весу установленного изделия;
- используемые границы скоростей главного движения и подачи, мощности главных приводов и допустимые усилия резания;
- используемое количество суппортов, использование накладных приспособлений для накатывания, шлифования, фрезирования, сверления, растачивания, полирования, подачи СОТС, установки и съема тяжелых изделий, измерительных устройств для крупногабаритных деталей и т.п.

**Обзор и анализ выполненных работ.** Были проведены статистические исследования использования свыше 340 тяжелых станков на 10 предприятиях таких областей как тяжелое машиностроение, турбостроение, судостроение, электромашиностроение, химическое и специальное машиностроения и т.п. Анализ выполнен на основании чертежей деталей, режимов резания и опроса станочников.

В результате исследований создан банк данных, который включает сведения о деталях и технологических операциях: диаметр, длину и вес детали, материал детали, наличие отверстия, наивысшую точность и чистоту обработки, использование задней бабки при установке детали, перечень технологических операций с выделением операций, требующих дополнительной технологической оснастки, а также сведения о режиме резания: глубину резания, подачу, обороты шпинделя, скорость резания, усилие резания, крутящий момент, мощность резания, материал режущей части инструмента.

Например, для условий НКМЗ характеристики обрабатываемых деталей на тяжелых токарных станках приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Номенклатура обрабатываемых валков на станках с наибольшим диаметром обрабатываемых деталей 2000 мм (над станиной)

Габаритные размеры валков Øбочки/ Lдетали	Масса валков, т	Материал валков	Твердость бочки и шеек	Точность валков	Шероховатость поверхности
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 рис. 2 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.

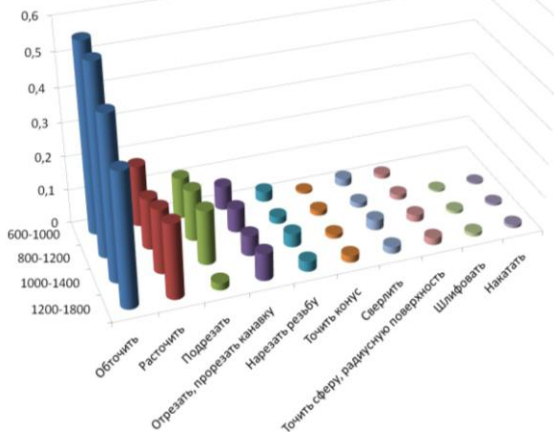


Рисунок 2 – Технологические переходы и их относительная продолжительность

Нарезание резьбы винтом занимает в среднем 5% времени, а относительное количество деталей, для нарезания резьбы на которых требуется ходовой винт, равно в среднем одной четверти.

По данным наблюдений (табл. 3) наиболее часто обработка деталей на токарных станках ведется с точность по 11 качеству и с чистой поверхностью Rz 20, хотя требования к точности деталей и чистоте поверхности гораздо выше. Точность деталей по чертежу соответствует в основном 6–9 качеству при чистоте поверхности Ra 0,8–1,6. Такое положение объясняется, главным образом, тем, что заводы окончательную обработку деталей после их термообработки почти целиком производят на шлифовальных станках.

Поскольку уровень применяемых режимов резания в первую очередь зависит от материала обрабатываемых заготовок и от материала режущей части инструмента, был выполнен анализ их применяемости.

Половину общей трудоемкости составляет обработка поковок из углеродистой стали. Примерно вдвое меньше приходится на обработку поковок из легированной стали. Остальное приходится на обработку литых заготовок из стали, чугуна, бронзы.

Таблица 3 – Относительная повторяемость видов обрабатываемых материалов

Источник информации	Сталь			Чугун, бронза
	кованая		литая углеродистая	
	углеродистая	легированная		
Анализ чертежей деталей	0,46	0,27	0,12	0,15
Анализ опроса станочников	0,56	0,24	0,07	0,13
Анализ режимов резания	0,49	0,34	0,06	0,11

Из инструментальных материалов более половины времени приходится на долю твердого сплава марки P15-P40 (табл. 4). В 2–3 раза реже применяется сплав P10 и совсем редко – P01. Применение сплавов M30 и в редких случаях K20 соответствует повторяемости чугуновых и литых заготовок. До 10% времени приходится на обработку деталей инструментами из быстрорежущей стали и, частично, из углеродистых или легированных сталей (метчики, развертки). В данном обзоре не выделялись такие разновидности инструмента, как шлифовальный круг, наждачное полотно, накатки.

Данные исследования позволяют дать практические рекомендации для разработки и проектирования новых конструкций станков, соответствующих требованиям современных условий.

Так, для условий ЗАО НКМЗ освоена в серийном производстве и внедрена гамма тяжелых токарных станков с ЧПУ нового поколения. В новой гамме тяжелых токарных станков предусмотрены повышенные мощности и грузоподъемности, изменено количество суппортов и люнетов, расширены

диапазоны регулирования приводов подач и главного движения, станки стали универсальными, легче в управлении, имеют меньший вес при одновременном повышении их точности, производительности, надежности.

Таблица 4 – Относительная применяемость инструментальных материалов

Источник информации	Марка материала инструмента				
	P15-P40	P10	P01	M30, K15-K20	HSS
Анализ опроса станочников	0,56	0,20	0,02	0,13	0,09
Анализ режимов резания	0,61	0,22	0,003	0,097	0,07

Гамма станков отличается широкой степенью унификации станков, которые проектировались и изготовлялись в соответствии с конструктивно-размерными рядами архитектурно-подобных машин.

Унификация деталей между базовыми моделями станков достигает 70%, а с учетом значительного количества модификаций – до 90%.

За счет унификации и сокращения количества наименований оригинальных деталей количество партий выпуска возросло в среднем в 3,5 раза.

Предпосылкой для широкой унификации станков гаммы стало агрегатирование отдельных механизмов в самостоятельные узлы, которые собираются и испытываются предварительно и поступают на общий монтаж в готовом виде.

Унификация и агрегатирование позволили типизировать технологические процессы, сократить номенклатуру технологического оснащения и циклы производства, снизить себестоимость изготовления станков на заводах производителей и облегчить условия ремонта станков у потребителей.

Проведены исследования, синтез и анализ новых адаптивных систем управления. Разработано дополнительные адаптивные модули для осуществления адаптивного управления процессом обработки с компенсацией упругих и температурных деформаций элементов несущей системы станка, заготовки, для осуществления предельного и оптимального регулирования режимов работы станков.

Система адаптивного управления резанием (рис. 3) представляет собой необходимую для обработки данной заготовки на станке регулируемую совокупность инструментов, приспособлений, технологической среды, с одной стороны, и процесса резания – с другой. Процесс резания характеризуется большим числом параметров. Регулирование процесса обработки заключается в том, чтобы, исходя из наличия первичных

параметров, характеризующих выбранный тип заготовки (материал, размер, припуск и т.д.) и принятого метода обработки (станок, приспособление, схема резания, технологическая среда), изменяя управляемые параметры (режимы резания, вариант и геометрические параметры инструмента, параметры и структура несущей системы станка), воздействовать на параметры регулирования (механика процесса резания, наростообразование, стружкодробление, тепловые явления, сила и мощность резания, вибрации) и добиться получения необходимых технологических параметров (точность, качество поверхности, стойкость инструмента, прочность инструмента, производительность, экономичность, форма стружки).



Рисунок 3 – Схема регулирования процесса обработки

## **Выводы**

1. Создание нового оборудования должно основываться на изучении потребностей предприятий при выпуске современных машин, содержащих детали из новых материалов с повышенными требованиями к точности и качеству с применением новых прогрессивных инструментов и методов обработки.

2. Перспективным направлением развития конструкций тяжелых токарных станков является оснащение их фрезерными, расточными и шлифовальными модулями, что позволит совместить операции, выполняемые с одной установки детали и повысить производительность и качество изготовления.

3. Разработана система адаптивного управления резанием. Регулирование процесса обработки заключается в том, чтобы, исходя из наличия первичных параметров и принятого метода обработки, изменяя управляемые параметры, воздействовать на параметры регулирования и добиться получения необходимых технологических параметров.

4. Созданная гамма тяжелых токарных станков с ЧПУ и элементами адаптивного управления соответствует мировым стандартам. Дальнейшим направлением развития является создание станков нового поколения на этой основе.

**Список литературы:** 1. Ковальов В. Д., Нікогосян С. М., Владимиров А. Ю., Палашек О. Г., Безкоровайний Г. І., Кориткін В. І., Волошин О. І., Волкогон В. М., Антонюк В. С., Муковоз Ю. О. Створення, освоєння серійного виробництва та впровадження високоефективних конкурентоспроможних важких токарних верстатів нового покоління // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. №24, 2009. – С 3-8. 2. Базров Б. М. Определение технологических возможностей станка / Б. М. Базров // Вестник машиностроения. – 2007. – №3. – С. 31. 3. 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. 4. Васильченко Я. В., Ковалев В. Д. Выбор оптимальных режимов резания при автоматическом управлении тяжелыми станками // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ-Київ : ДДМА, 2006. – Вип. №20. – С. 48–53.

*Надійшла до редколегії 30.09.2010*