

УДК 621.9

Я.В. Васильченко, доцент, канд. техн. наук

Донбасская государственная машиностроительная академия

ул. Шкадинова, 72, г. Краматорск, Украина, 84313

yana.vasilchenko@mail.ru

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

Определены параметры тяжелых станков средней группы на основании статистических исследований размеров и характеристик заготовок, технологических операций, режимов резания.

Ключевые слова: *тяжелый станок, токарные станки, режимы резания, режущий инструмент, заготовка.*

В настоящее время можно считать общепризнанной необходимость анализа использования универсальных станков с целью уточнения их характеристик при проектировании новых моделей.

Имеющиеся в литературе данные об уровне использования токарных станков в основном относятся к станкам с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия над станиной 400 мм [1–3]. Данные о более крупных станках частично присутствуют в работах Донбасской государственной машиностроительной академии, но они мало систематизированы.

Цель работы – установление потребной величины параметров станков, связанных с размерами обрабатываемых деталей и режимами резания, на основании анализа использования станков.

Использование станков оценивалось по характеристикам обрабатываемых деталей и технологических операций и по применяемым режимам резания.

Сведения о деталях и технологических операциях включают: диаметр, длину и вес детали; материал детали; наличие отверстия; наличие резьбы, нарезаемой с помощью винта; наивысшая точность и чистота обработки; использование задней бабки при установке детали; перечень технологических операций с выделением операций, требующих дополнительной технологической оснастки.

Сведения о режиме резания включают: глубину резания; подачу; обороты шпинделя; скорость резания; усилие резания; крутящий момент; мощность резания; материал режущей части инструмента.

Перечисленные сведения об использовании станков накапливались различными способами. Основным из них было заполнение протоколов в процессе моментных наблюдений с регистрацией характеристик детали, операции и режима резания. При моментных наблюдениях фиксировалось состояние использования каждого станка в момент обхода анализируемых станков. Обходы периодически повторялись, пока не накопится намеченное количество записей. В проведенных ранее работах, было подсчитано, что в зависимости от принятой точности для анализа необходимо от 100 до 400 зарегистрированных случаев. Метод моментных наблюдений позволяет охватить одновременно все станки завода и менее трудоемок, чем длительные непрерывные наблюдения.

Еще один способ состоял в систематическом опросе заводских работников об уровне использования каждого станка. Помимо этого были подобраны чертежи обрабатываемых деталей и основные сведения о них были проанализированы.

Регистрация данных указанными способами была выполнена на 10 заводах тяжелого машиностроения.

Зарегистрированные указанным способом данные группировались в зависимости от диаметров обрабатываемых деталей. При этом были приняты диапазоны деталей диаметрами 75–300 мм, 100–400 мм, 150–600 мм, 200–800 мм. Такую перегруппировку деталей по сравнению с фактической их обработкой пришлось производить потому, что на заводах зачастую крупные станки загружались мелкими деталями. Внутри каждой группы выявлялась относительная повторяемость различных значений анализируемых характеристик и строились их распределения. Распределения дают наглядное представление о варьировании этих характеристик и облегчают определение средних и максимальных значений.

Сведения об относительном количестве деталей по диапазонам длин, полученные на основании анализа чертежей деталей, режимов резания и опроса станочников, мало различаются между собой (рисунок 1). Более половины деталей в длину не превосходят 2000 мм, а более третьей части деталей – короче 500 мм. Максимальная длина достигает 10000 мм (станки с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия над станиной $D_{\max} = 630$ мм) и 18000 мм (станки с $D_{\max} = 1250$ мм).

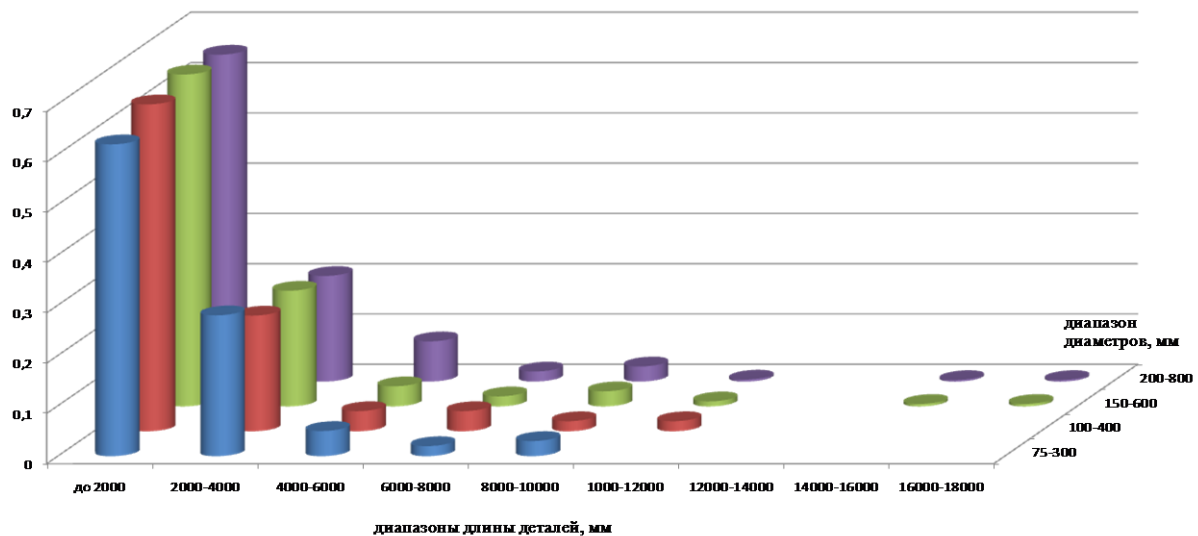


Рисунок 1 – Распределение длины деталей на основании анализа чертежей

Вес деталей в основном менее 2 т. Максимальные значения веса отдельных деталей увеличиваются по мере увеличения габаритного диаметра деталей от 4–6 т до 16–20 т. По весу почти все детали могут быть обработаны на станках с соответствующим максимальным диаметром. Основной ряд станков имеет грузоподъемность 2, 4, 8, 16 т. Только у 3% деталей масса может оказаться больше, чем грузоподъемность соответствующего по диаметру станка (рисунок 2). Масса деталей, обрабатываемых в патроне, не превышала 0,5 т на станках с $D_{max} = 630\text{--}800$ мм и 1 т на станках с $D_{max} = 1000\text{--}1250$ мм.

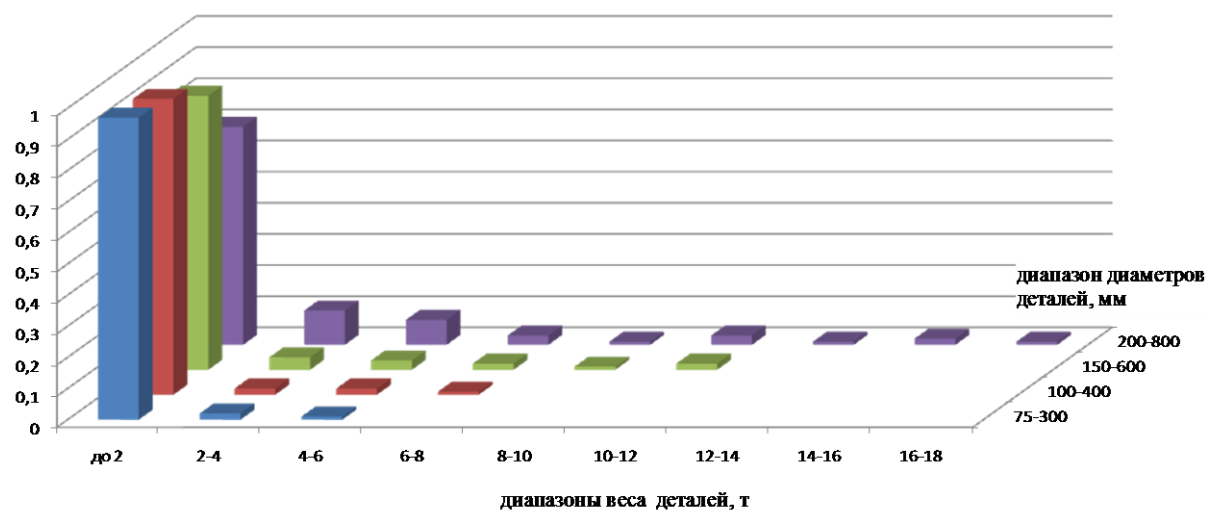


Рисунок 2 – Распределение веса деталей (для каждого диапазона диаметров)

На рисунке 3 приведены 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.

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.

В зависимости от заданной точности обработки и характера выполняемых переходов и операций станки могут быть разделены на три группы: черновые, станки общего назначения и чистовые. Станки с $D_{max} = 800$ мм присоединены к станкам $D_{max} = 630$ мм, поскольку их количество на заводах мало, а загрузка их аналогична.

На черновых станках, как правило, осуществляется обработка поковок под термообработку и точность точения соответствует 12–14 квалитету при чистоте обработки поверхности $Rz\ 20\text{--}80$. На чистовых станках точность токарной обработки составляет 6–9 квалитет и обеспечивается шероховатость поверхности $Ra\ 0,8\text{--}1,6$.

По данным наблюдений (таблица 1) наиболее часто обработка деталей на токарных станках наиболее часто ведется с точность по 11 квалитету и с чистотой поверхности $Rz\ 20$, 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.

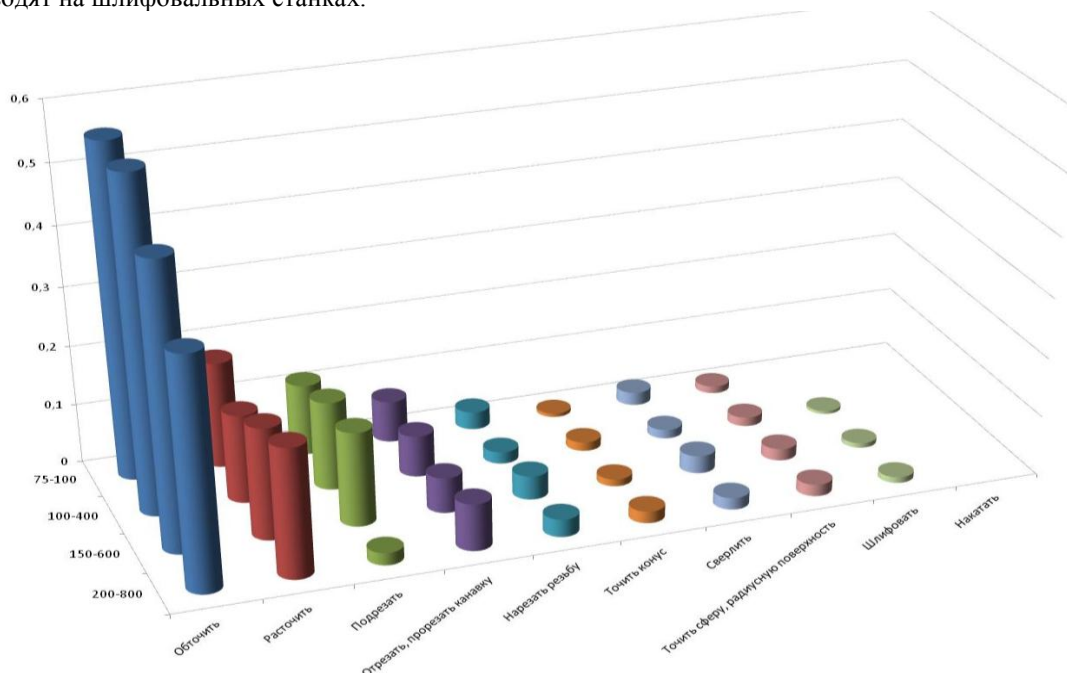


Рисунок 3 – Технологические переходы и их относительная продолжительность

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

Половину общей трудоемкости составляет обработка поковок из углеродистой стали, преимущественно, марки 45. Примерно вдвое меньше приходится на обработку поковок из легированной стали. Остальное приходится на обработку литых заготовок из стали, чугуна, бронзы.

Таблица 1 – 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 Т5К10 (таблица 2). В 2–3 раза реже применяется сплав Т15К6 и совсем редко – Т30К4. Применение сплавов ВК8 и в редких случаях ВК6 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.

Таблица 2 – Относительная применимость инструментальных материалов

Источник информации	Марка материала инструмента				
	Т5К10	Т15К6	Т30К4	ВК8, ВК6	Р9
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

В таблицах 3–5 показано применение различных значений глубины резания. Наиболее часто обработка ведется с глубиной резания менее 8 мм, а максимальная зафиксированная глубина резания достигла 18 мм. При обработке деталей в патроне максимальная глубина резания не превышает 12 мм. По результатам опроса максимальные значения глубины резания на разных станках находятся в пределах от 5 до 18 мм. Меньшие значения относятся к станкам, используемым только для чистовой обработки.

Таблица 3 – Распределение глубины резания на основании анализа режимов резания (раздельно для каждого диапазона диаметров)

Крепление детали	Диапазоны диаметров деталей, мм	Диапазоны глубины резания, мм								
		до 2	2–4	4–6	6–8	8–10	10–12	12–14	14–16	16–18
С задним центром	75–300	0,28	0,25	0,15	0,13	0,02	0,02	0,06	0,06	0,03
	100–400	0,20	0,25	0,16	0,17	0,06	0,05	–	0,07	0,04
	150–600	0,15	0,35	0,19	0,17	0,04	0,02	–	0,03	0,05
	200–800	0,22	0,14	0,28	0,20	0,08	0,04	–	0,04	–
Без заднего центра	75–300	0,21	0,42	0,28	0,08	0,01	–	–	–	–
	100–400	0,21	0,33	0,30	0,12	0,02	0,02	–	–	–
	150–600	0,18	0,28	0,27	0,18	0,05	0,04	–	–	–
	200–800	0,14	0,29	0,30	0,18	0,06	0,03	–	–	–

Таблица 4 – Распределение максимальной глубины резания на основании данных опроса станочников (раздельно для каждого диапазона диаметров)

Диапазоны диаметров деталей, мм	Диапазоны глубины резания, мм			
	2,5–7,5	7,5–12,5	12,5–17,5	17,5–22,5
75–300	0,50	0,38	0,12	–
100–400	0,48	0,24	0,28	–
150–600	0,27	0,09	0,37	0,27
200–800	0,08	0,17	0,25	0,50

Таблица 5 – Распределение максимальной глубины резания на основании анализа данных письменного опроса (раздельно для каждого диапазона диаметров)

Диапазоны диаметров деталей, мм	Значения глубины резания, мм			
	5	10	15	20
75–300	0,34	0,49	0,17	–
100–400	0,28	0,44	0,28	–
150–600	0,11	0,33	0,56	–
200–800	–	0,34	0,49	0,17

Продольные подачи, которые были зарегистрированы в процессе наблюдений, лежат в диапазоне от 0,1 до 1,2 мм/об, причем наиболее часто они не были больше 0,76 мм/об (таблица 6).

Таблица 6 – Распределение продольной подачи на основании анализа режимов резания (раздельно для каждого диапазона диаметров)

Крепление детали	Диапазоны диаметров деталей, мм	Диапазоны подач, мм/об				
		до 0,25	0,25–0,5	0,5–0,75	0,75–1,0	1,0–1,25
С задним центром	75–300	0,12	0,51	0,30	0,05	0,02
	100–400	0,12	0,45	0,30	0,10	0,03
	150–600	0,10	0,54	0,32	0,10	0,04
	200–800	0,16	0,40	0,30	0,10	0,04
Без заднего центра	75–300	0,22	0,55	0,21	0,02	–
	100–400	0,22	0,54	0,22	0,02	–
	150–600	0,25	0,37	0,35	0,03	–
	200–800	0,20	0,51	0,25	0,04	–

В результате опроса станочников о диапазоне используемых подач получены следующие сведения. Минимум подач на разных станках лежит в пределах от 0,05 до 0,6 мм/об (таблица 7), причем для чистовых станков они группируются около значений 0,1–0,2 мм/об, а для черновых станков около 0,3–0,5 мм/об. Максимальные подачи, в основном, находятся в пределах 0,5–1,5 мм/об, хотя на отдельных станках подачи достигают 2 мм/об и даже 4 мм/об при чистовых проходах широкими резцами.

Таблица 7 – Распределение минимальных подач на основании анализа данных опроса станочников (раздельно для каждого диапазона диаметров)

Диапазоны диаметров деталей, мм	Диапазоны подач, мм/об					
	до 0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	0,5–0,6
75–300	0,02	0,46	0,08	0,12	0,30	0,02
100–400	0,10	0,25	0,15	0,30	0,20	–
150–600	0,03	0,30	0,25	0,18	0,15	0,12
200–800	–	0,04	0,68	0,04	0,08	0,16

Предлагаемая величина параметров модификаций станков на основании проведенных исследований приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Предлагаемая величина параметров станков

Группа станков	Наибольший диаметр устанавливаемого изделия $D_{\max}$, мм			
	630	800	1000	1250
$L_{\max}$, мм	710 и более	1000 и более	1400 и более	2800 и более
Q, т	2	4	8	16
$n_{\min}$, об/мин	5	4	2,5	1,6
$n_{\max}$, об/мин	1000	800	500	315
P_z , Н	2000	2800	3200	4000
$M_{кр}$, Н·м	315	610	1057	2000
N, кВт	13	17	22	30

В результате можно сделать следующие выводы. В связи с небольшой длиной большей части обрабатываемых деталей основное количество выпускаемых станков должно иметь короткую станину. Помимо этого необходим выпуск патронных станков, не имеющих задней бабки. Требуемое количество этих станков составляет около одной пятой всех станков. Из анализа режимов резания следует, что на станках патронной модификации расчетные значения крутящих моментов и мощности могут быть в 1,5–2 раза меньше, чем на центровых станках. Фактически применяемые режимы резания примерно в 1,5 раза ниже режимов, допускаемых станком. При рациональной загрузке станков по размерам устанавливаемых деталей и уровне режимов резания производственные возможности станков будут использованы почти полностью. Имеется потребность в приспособлениях для шлифования, суперфиниша, накатывания, а также в копировальных устройствах.

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

Бібліографічний список використаної літератури

1. Бабин О. Ф. Тяжелые станки – перспективы развития / О. Ф. Бабин, В. Д. Ковалев // Мир техники и технологии. — 2008. — № 7(80). — С. 14.
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. 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 20.09.2010 г.

Васильченко Я.В. Визначення раціональних технічних параметрів нових верстатів на базі статистичних досліджень підприємств важкого машинобудування

Визначено параметри важких верстатів середньої групи на підставі статистичних досліджень розмірів та характеристик заготовок, технологічних операцій, режимів різання.

Ключові слова: важкий верстат, токарні верстати, режими різання, різальний інструмент, заготовка.

Vasilchenko Y.V. Definition of rational technical parameters for new machine tools based on statistical research of the heavy industry

Parameters of lathes of a middle group are determined based on statistical research of sizes and characteristics of workpieces, technological operations, and cutting modes.

Keywords: heavy machine tool, lathes, cutting conditions, cutting tool, workpiece.