

Высшее профессиональное образование
БАКАЛАВРИАТ

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

В двух томах

Том 1

УЧЕБНИК

*Допущено
Учебно-методическим объединением вузов
по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ)
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 621.9.06.002.2(075.8)

ББК 34.63-5я73

М54

Авторы:

А.М.Гаврилин, В.И.Сотников, А.Г.Схиртладзе, Г.А.Харламов

Рецензенты:

зав. кафедрой «МСИИ» Брянского государственного технического университета, доц., д-р техн. наук *А.В.Хандожко*;

зав. кафедрой «Автоматизированные станочные системы» ТулГУ, проф., д-р техн. наук *А.Н.Иноземцев*

М54 **Металлорежущие** станки. В 2 т. Т. 1 : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [А. М. Гаврилин, В. И. Сотников, А. Г. Схиртладзе, Г. А. Харламов]. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 304 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-7695-6674-5

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (квалификация «бакалавр»).

Приведена классификация станочного оборудования и его основные технико-экономические показатели. Изложены особенности формообразования поверхностей, кинематической структуры и компоновки станков, их основных узлов и механизмов. Рассмотрены устройство, кинематика и настройка металлорежущих станков всех групп, включая многооперационные станки, станочные модули и станочные системы, а также вопросы эксплуатации станочного оборудования.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования. Может использоваться инженерно-техническими работниками промышленных предприятий.

УДК 621.9.06.002.2(075.8)

ББК 34.63-5я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым
способом без согласия правообладателя запрещается*

© Гаврилин А.М., Сотников В.И., Схиртладзе А.Г.,
Харламов Г.А., 2012

ISBN 978-5-7695-6674-5 (т. 1)
ISBN 978-5-7695-6841-1

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Уровень технологических возможностей любого машиностроительного предприятия оценивается состоянием станочного парка, от которого зависят производство качественной продукции и производительность труда.

В последнее время по мере развития других способов обработки металлов в состав металлорежущих станков включены станки для лазерной, электроимпульсной и ультразвуковой обработки. Поэтому область применения металлорежущих станков расширена. Они используются не только для обработки различных металлов резанием, но и для обработки металлов поверхностным пластическим деформированием, обработки деталей из пластмасс и других материалов. Металлорежущие станки являются основным оборудованием машиностроительных предприятий.

Развитие станкостроения в России связано с трудами выдающегося энтузиаста А. К. Нартова, который впервые создал токарно-копировальный станок. В развитие станкостроения внесли вклад Я. Батищев, который создал ряд сверлильных станков, П. Захава, механик Тульского оружейного завода, создавший целый ряд металлорежущих станков для обработки оружейных стволов. Большой вклад в развитие станкостроения в России внесли Н. П. Ползунов, И. И. Кулибин и др.

Мощный толчок в развитии станкостроения был получен в результате перехода строительства кораблей с деревянного корпуса на металлический. Основное распространение здесь получили сверлильные и строгальные станки. Дальнейшее развитие станкостроения связано с потребностями оборонной промышленности, заставившими в экстренном порядке практически заново создавать отечественное станкостроение, превратив его в мощную техническую базу машиностроительного производства. Так, в 30-е гг. XX в. вступают в строй Московский станкостроительный завод им. Серго Орджоникидзе, Московский завод «Станкоконструкция», Саратовский завод тяжелых зуборезных станков, Краматорский завод тяжелого станкостроения и др.

Большое внимание, которое уделялось станкостроению, подтверждается созданием в 1933 г. экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков (ЭНИМС), который на протяжении последующих лет являлся головной органи-

зацией в проведении научных исследований в области станкостроения, разработке типажа станков и системы проведения планово-предупредительных ремонтов станочного оборудования.

В эти же годы началась подготовка специалистов по металлорежущим станкам в МВТУ им. Н.Э. Баумана, Московском станкоинструментальном и других институтах. Наличие специалистов разработчиков станочного оборудования, квалифицированных кадровых станкостроителей, накопленного опыта в производстве станочного оборудования при постоянно укрепляющейся материально-технической базе станкостроительных предприятий позволило планомерно оснащать машиностроительную промышленность необходимым станочным оборудованием, изготовленным на заводах страны.

В предвоенные годы основное внимание в автоматизации уделялось предприятиям крупносерийного и массового производства: автомобилестроению, тракторостроению, двигателестроению, по выпуску военной техники. Так, на Сталинградском тракторном заводе были введены в эксплуатацию автоматические линии обработки деталей двигателей внутреннего сгорания.

В послевоенный период вступили в строй Рязанский, Ульяновский, Коломенский, Воронежский, Новосибирский и другие станкостроительные заводы. Были созданы специальные конструкторские бюро (СКБ) по разработке различных типов станочного оборудования. Широким фронтом велась научно-исследовательская работа и опытно-конструкторские разработки. В этом участвовали многие научные школы ведущих институтов страны.

Развитие систем числового программного управления (ЧПУ) на базе вычислительной техники и оснащение ими станочного оборудования придают гибкость (универсальность) и высокий уровень автоматизации по загрузке станков, автоматизации рабочего цикла, смене инструмента, автоматизации контроля качества обработки, диагностике состояния узлов станка. На этой базе создаются гибкие производственные системы, ячейки, модули, которые резко повышают производительность труда, стабилизируют и обеспечивают высокое качество выпускаемой продукции и являются основным средством автоматизации предприятий мелко- и среднесерийного производства.

Глава 1

КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА

Многообразие деталей, изготавливаемых машиностроительной промышленностью, разнящихся по конфигурации и массе, требует соответствующего разнообразия металлорежущих станков. В условиях крупносерийного производства в основном используются специальные станки, предназначенные для изготовления конкретных деталей. Наибольшее количество металлорежущих станков, используемых промышленными предприятиями, — это универсальные станки. Для потребителей металлорежущих станков важно знать, какие станки выпускаются станкостроительной промышленностью, каковы их технические характеристики и качественные параметры.

1.1. Классификация станочного оборудования

Станочное оборудование классифицируют в зависимости от технологического назначения, степени универсальности применения в реальных условиях производства, точности, массы станочного оборудования и других показателей.

Все станочное оборудование можно разделить на три группы: станки общего назначения, станочные модули и станочные системы.

Станки общего назначения. Они условно подразделяются на станки универсальные, специализированные и специальные.

Станки общего назначения по классификации ЭНИМС в зависимости от технологического назначения разделены на девять групп: токарные; сверлильные и расточные; шлифовальные, доводочные, полировальные и заточные; электрофизические и электрохимические; зубо- и резьбообрабатывающие; фрезерные; строгальные, долбежные и протяжные; разрезные; разные. В каждой группе станков общего назначения выделяют типы (девять или десять типов в каждой группе). Станки одного и того же типа могут отличаться размерами обрабатываемых деталей, точностью, системой управления и т. д. (табл. 1.1).

Стандартами установлены основные размеры, характеризующие станки каждого типа. Для каждого типа оговорен размерный ряд станков. Например, для токарно-винторезных станков установлен основной размер — высота центров (наибольший диаметр обработки)

Классификация металлорежущих станков общего назначения

Группа станков	Типы станков				Токарно-револьверные полуавтоматы	Токарно-револьверные расточные
	Автоматы и полуавтоматы	Токарно-револьверные	Токарно-револьверные	Токарно-револьверные		
Токарные	специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные	Токарно-револьверные	Токарно-револьверные полуавтоматы	Токарно-револьверные расточные
Сверлильные и расточные	—	Настольно- и верти-кально-сверлильные	Одношпиндельные полуавтоматы	Многошпиндельные полуавтоматы	Координатно-расточные	Координатно-расточные
Шлифовальные, доводочные, полировальные	—	Кругло-шлифовальные и бесцентрово-шлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Специализированные шлифовальные
Комбинированные, станки для электрохимической и электрофизической обработки	—	—	Светолучевые	—	—	Электрохимические
Зубо- и резьбообработывающие	Резьбонарезные	Зубодолбежные для обработки конических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлифовых валликов	Для нарезания червячных колес	Для нарезания червячных колес

Фрезерные	Барабанно-фрезерные	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные
Строгальные, долбежные, протяжные	—	Продольные одностоечные	Продольные	Поперечно-строгальные	Долбежные
			двухстоечные		
Разрезные	—	Отрезные, работающие		гладким или насеченным диском	Правильно-отрезные
		резцом	шлифовальным кругом		
Разные	—	Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентрово-обдирочные	—

Продолжение табл. 1.1

Типы станков					
Группа станков					
Токарные	Карусельные	Токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
Сверлильные и расточные	Расточные	Радиально-сверлильные и координатно-сверлильные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные

Группа станков	Типы станков					Разные станки, работающие абразивами
	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные станки, работающие абразивами	
Шлифовальные, доводочные, полировальные	—	—	Электроэрозионные, ультразвуковые, прошивочные	Анодно-механические отрезные	—	—
Комбинированные, станки для электрохимической и электрофизической обработки	—	—	Электроэрозионные, ультразвуковые, прошивочные	Анодно-механические отрезные	—	—
Зубо- и резбобоо- батывающие	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резбобоо- батывающие	Разные зубо- и резбобоо- батывающие
Фрезерные	Вертикальные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	Протяжные горизонтальные	Протяжные для внутреннего протягивания	Протяжные вертикальные для наружного протягивания	—	Разные строгальные	—
Разрезные	Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	—	—	—
Разные	Для испытания инструмента	Делительные машины	Балансировочные	—	—	—

и расстояние между центрами. Станки этого типа выпускаются с высотой центров над станиной 100, 125, 160, 200, 315, 400, 500, 630 мм. Каждый типоразмер станка обозначается моделью. В наименование модели входят: группа, тип, основной размер и сведения о его переработке (модификации, как правило, буква между первой и второй цифрой в обозначении модели станка), точности, системе управления и другие особенности конкретной модели. В обозначение модели входят: первая цифра — принадлежность станка к классификационной группе (например, 1 — токарные, 2 — сверлильные или расточные и т.д.), вторая цифра отражает тип станка, третья или третья и четвертая — основной размер станка.

Модель 2Н135, например, указывает на то, что станок отнесен ко второй группе станков общего назначения (сверлильные и расточные), буква Н — станок изменен и конструктивно переработан по отношению к предшествующей модели 2А135. Далее обозначен тип станка — вертикально-сверлильный (тип первый) и основной размер — максимальный диаметр сверления — 35 мм.

Кроме того, в обозначение модели после цифр могут входить буквы П, В, А, С, указывающие класс точности станка. Если станок с ЧПУ снабжен револьверной головкой или инструментальным магазином в обозначение модели вводятся буквы Р или М, если станок снабжен системой циклового управления — вводится буква Ц, системой преднабора координат и индикацией положения стола — обозначение Ф1, для станков, снабженных позиционной системой ЧПУ, — Ф2, контурной системой ЧПУ — Ф3, универсальной системой ЧПУ, т.е. системой, работающей в режиме позиционной и контурной систем, — Ф4.

Станок модели 2Н135ПРФ2, например, выполнен на базе станка модели 2Н135, но он повышенного класса точности, снабжен револьверной головкой, позволяющей по ходу технологического процесса менять режущий инструмент, и имеет позиционную систему ЧПУ, которая позволяет автоматически изменять положение стола для обработки следующего отверстия.

Универсальные станки предназначены для обработки разнообразных деталей, различающихся по конфигурации и размерам, в пределах технологических возможностей станочного оборудования.

Специализированные станки предназначены для однотипных деталей, отличающихся размерами (например, станки для шлифования коренных и шатунных шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания). Для обозначения их модели используется та же система, что и для станков универсальных (классы, типы) или аналогично специальным станкам.

Специальные станки используются для обработки одной детали или выполнения одной операции на конкретной детали (например, специальный станок для сверления отверстий в корпусе

заднего моста автомобиля). Модель таких станков обозначается с указанием шифра завода-изготовителя и порядкового номера проекта: например, станок модели АМ262 изготовлен Минским заводом автоматических линий, порядковый номер разработанного проекта 262. Специальные станки изготавливаются по заявке конкретного предприятия потребителя. Основные технические данные содержатся в техническом задании на проектирование станка и его технической документации.

Значительная часть специальных станков выполняется на базе нормализованных узлов и деталей, используя принцип агрегатирования. Агрегатные станки широко применяют в специальных станочных системах (автоматических линиях обработки корпусных деталей).

Многооперационные станки предназначены для комплексной обработки деталей (выполняют различные технологические операции) в условиях серийного производства. Они являются базовым технологическим оборудованием в гибких производственных модулях и комплексах.

По уровню автоматизации различают станки-автоматы, станки-полуавтоматы и станки с ручным управлением. Станки-автоматы имеют автоматический цикл работы и устройства автоматической загрузки-выгрузки. После настройки станка-автомата на обработку конкретной детали он работает без участия оператора. За оператором сохраняется обязанность наблюдать за работой станка и контролировать качество обработки. Станки-полуавтоматы имеют автоматический цикл работы, но снятие обработанной детали и установку заготовки производит оператор. Станки с ручным управлением требуют ручной загрузки-выгрузки, а циклом их работы управляет оператор-станочник.

По точности станки подразделяются на станки нормального (Н), повышенного (П), высокого (В), особовысокого (А) и сверхвысокого (С) классов точности. Большинство металлорежущих станков машиностроительных предприятий составляют станки классов точности Н и П. Станки высокого класса точности используются на машиностроительных предприятиях в основном в инструментальных цехах (координатно-расточные, резьбошлифовальные и др.). Станки классов точности А и С используются, как правило, станкостроительными фирмами для обработки наиболее ответственных деталей станков и другими особо точными производствами.

По массе различают: легкие станки массой до 1 т, средние — от 1 до 10 т, тяжелые — от 10 до 100 т, которые, в свою очередь, разделяют на крупные — от 10 до 30 т, собственно тяжелые — от 30 до 100 т, уникальные — массой свыше 100 т. Для шлифовальных станков эта градация несколько изменена в сторону уменьшения массы.

Станочные модули. Станочные модели представляют собой станок, оснащенный системой числового программного управления, снабженный средством загрузки (робот или другие агрегаты) и на-

копителями заготовок и готовых деталей. Станочные модули способны длительно работать без участия человека. Их условно можно разделить на две группы: переналаживаемые производственные модули (ППМ), переналаживаемые человеком при переходе на обработку деталей другого наименования, и автоматизировано переналаживающиеся — гибкие производственные модули (ГПМ).

Станочные модули составляют основное технологическое оборудование гибких производственных систем (ГПС) и должны быть приспособлены для включения в систему управления ГПС, автоматизированную транспортно-накопительную систему, систему инструментального обеспечения и вспомогательные системы ГПС. Поэтому здесь не ставится вопрос о большой емкости инструментального магазина и накопителя заготовок у станка.

Станочный модуль может быть использован для работы в автоматическом режиме автономно без участия человека. Продолжительность работы без участия человека определяется количеством платформ накопителя и суммарной трудоемкостью обработки заготовок, которые находятся на этих платформах.

Станок, на основе которого выполнен автономно работающий станочный модуль, должен быть также снабжен емким инструментальным магазином. Такие станочные модули целесообразно называть переналаживаемым производственным комплексом (ППК) и гибким переналаживаемым комплексом (ГПК).

В случае использования в качестве технологического оборудования модуля робота (сборочные, сварочные, покрасочные и другие модули) такие модули следует называть робототехнологическими комплексами (РТК) и робототехнологическими модулями (РТМ).

Станочные системы. Станочная система — это автоматически функционирующая совокупность взаимосвязанного станочного и вспомогательного оборудования, которая предназначена для обработки деталей одного или нескольких наименований или для деталей широкой номенклатуры. В зависимости от номенклатуры обрабатываемых деталей станочные системы (СС) можно условно разделить на специальные (не переналаживаемые), специализированные (переналаживаемые) и универсальные (быстро переналаживаемые гибкие станочные системы).

Специальные станочные системы используются в крупносерийном и массовом производствах для обработки деталей изделий массового спроса (например, деталей двигателей внутреннего сгорания, автомобилей и др.). К таким системам относятся автоматические линии обработки сложных корпусных деталей, когда заготовка детали передается транспортной системой последовательно от станка к станку по маршруту технологического процесса обработки.

Специализированные станочные системы — это переналаживаемые автоматические линии обработки однотипных деталей, отличающихся размерами.

Специальные, специализированные станочные системы обеспечивают автоматизацию крупносерийного и массового производства.

Универсальные станочные системы предназначены для обработки широкой номенклатуры деталей. К этой группе станочных систем относятся гибкие производственные системы, являющиеся основным средством автоматизации серийного производства, переналадка которых на обработку других деталей может производиться автоматизировано.

1.2. Техничко-экономические показатели металлорежущих станков

Техничко-экономические показатели металлорежущих станков [35], которые в настоящее время используются для оценки эффективности оборудования (особенно при создании новых станков), отличаются большим разнообразием, и весомость каждого из них связана с назначением и областью использования станка. Многообразие этих показателей сводится к наиболее обобщающим: производительности, точности, гибкости (переналаживаемости), надежности станочного оборудования.

1.2.1. Производительность станков и станочных систем

Производительность станков и станочных систем — это способность выполнять объем работы (обработки) в течение определенного промежутка времени. Для большинства станков производительность оценивается числом деталей, которые станок способен обработать в единицу времени (например, количество деталей в час). Для универсальных станков производительность оценивается при обработке детали-представителя или набора деталей-представителей.

Станки для черновой обработки оценивают их способностью срезать определенный объем материала с обрабатываемой детали в единицу времени (производительность резания или производительность металлосъема).

Станки для чистовой (финишной) обработки обычно оценивают по их способности обрабатывать определенную площадь поверхности детали в единицу времени (производительность формообразования).

Если учесть, что штучное время обработки детали на станке складывается из основного, вспомогательного времени, времени на обслуживание станка и отдыха рабочего, становится ясно, что производительность станка можно повысить за счет проведения ряда

организационно-технических мероприятий, позволяющих сократить каждую составляющую штучного времени.

Сокращение основного времени обработки детали достигается за счет увеличения режимов обработки, которые достигаются применением более прогрессивных инструментов, изготовленных на основе новых инструментальных материалов (синтетических сверхтвердых материалов, высоколегированных быстрорежущих сталей, твердых сплавов и керамики). Сокращение основного времени будет тем существеннее, чем больше его доля в штучном времени обработки.

Другим направлением сокращения как основного, так и вспомогательного времени является использование многоинструментальной, многопозиционной обработки, а также применение непрерывных методов обработки (бесцентровое шлифование, непрерывное протягивание и др.).

Наиболее существенное снижение вспомогательного времени достигается за счет автоматизации металлорежущих станков, их включения в автоматизированные станочные системы, повышения скорости холостых ходов подвижных узлов станка, введение автоматического контроля, автоматической смены инструмента и заготовок. Большие возможности здесь открывает использование систем управления на основе электронно-вычислительной техники.

1.2.2. Точность металлорежущих станков

Точность металлорежущих станков является одним из главнейших показателей их качества. Непрерывное совершенствование техники ужесточает требования к точности изготовления деталей, а это напрямую связано с возрастанием точности оборудования.

На точность обработки деталей на металлорежущих станках влияет ряд погрешностей, основными из которых являются:

- геометрические погрешности изготовления и сборки станка, которые сводятся к точности расположения инструмента и обрабатываемой детали в процессе формообразования;
- кинематические погрешности цепей станка, которые складываются из погрешностей кинематических пар, последовательно включенных в кинематическую цепь станка;
- упругие погрешности элементов несущей системы станка и кинематических цепей, вызванные деформацией этих элементов под воздействием изменяющейся силы резания, т.е. податливостью элементов несущей системы и приводов;
- температурные погрешности, влияние которых возрастает в общем балансе погрешностей по мере повышения точности оборудования. По этой причине максимальная температура нагрева узлов станка ограничивается: для станков нормального класса точности —

70 °С, повышенного — 55 °С, высокого — 40 °С, особо высокого — 30 °С, сверхвысокого — 25 °С;

- динамические погрешности станков, связанные с мгновенными изменениями силы резания и ее неравномерностью в процессе обработки, динамические колебания передающих нагрузки кинематических звеньев приводов станка, которые характеризуют виброустойчивость оборудования;

- погрешности изготовления используемого инструмента и его установки на станке, его размерный износ.

Снижение упругих перемещений элементов несущей системы станка происходит за счет использования замкнутых (рамных) компоновок станка, дополнительных поддержек, более жестких конструкций деталей, составляющих несущую систему, уменьшения числа стыков и подвижных соединений. Кроме того, точность станка обеспечивается соответствующей точностью изготовления его составляющих частей, точностью сборки и качеством регулировки, жесткостью элементов, износостойкостью опор и направляющих, снижением влияния температурных деформаций за счет регулирования температурных потоков, совершенствования систем охлаждения и смазки, использованием безазорных соединений (соединения с преднатягом), применением систем исправления и автоматической компенсации погрешностей (корректирующих устройств, систем автоматического контроля и адаптивного управления), использованием высокоточных датчиков угловых и линейных перемещений.

1.2.3. Гибкость металлорежущих станков

Гибкость (переналаживаемость) металлорежущих станков является одним из основных потребительских свойств и оценивается с одной стороны универсальностью, т.е. способностью обрабатывать детали определенного диапазона типоразмеров, а с другой — переналаживаемостью, т.е. стоимостью и временем переналадки станка на обработку детали другого типоразмера, что важно для серийного производства. Для автоматизации этого производства необходимо соблюдение специфических требований и методов повышения гибкости оборудования: агрегатирование конструкций, их блочно-модульное построение на основе унифицированных узлов и агрегатов (универсальные инструментальные головки и магазины, столы, бабки и головки и т.д.), позволяющих использовать один и тот же станок в разнообразных технических вариантах:

- оснащение металлорежущих станков широким набором приспособлений и инструментальной оснастки;

- использование микропроцессорных систем числового программного управления и программируемых контроллеров, что создает возможность широкого построения систем управления перена-

лаживаемого оборудования с большими технологическими возможностями.

Автоматизация обработки в массовом и крупносерийном производстве связана с использованием специальных и специализированных станочных систем (автоматических линий). В последнее время здесь стали использовать также гибкие производственные системы, применение которых дает возможность конструктору совершенствовать выпускаемую продукцию, не опасаясь, что это потребует заменить используемое для обработки оборудование.

Автоматизация серийного производства связана с широким внедрением гибких производственных систем, обладающих высокой производительностью и гибкостью, что обеспечивает возможность обновления продукции без замены основных фондов и вести обработку деталей широкой номенклатуры.

В мелкосерийном производстве средством автоматизации выступают автономно работающие гибкие производственные модули, гибкие производственные ячейки и станочное оборудование с числовым программным управлением.

1.2.4. Надежность станков

Надежность станков — это их способность бесперебойно производить качественную обработку деталей в заданном количестве в течение определенного промежутка времени, характеризуется безотказностью и долговечностью работы станка, его технологической надежностью.

Безотказность работы станка оценивается вероятностью отказа по результатам испытаний. Пусть в процессе испытаний станка, состоящего из $N_{ис}$ испытываемых элементов, оказались неисправными $N_{от}$. Тогда вероятность отказа:

$$Q(t) = \frac{N_{от}}{N_{ис}},$$

где $N_{от}$ — число отказов.

Вероятность безотказной работы станка:

$$P(t) = 1 - Q(t).$$

Коэффициент технического использования станка:

$$\eta = \frac{T - \sum_{i=1}^n N_{от} t_{icp}}{T} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n N_{от} t_{icp}}{T},$$

где T — промежуток времени использования станка; $N_{от}$ — число отказов станка ($m = 1, \dots, n$); t_{icp} — среднее время на устранение отказа станка.

Долговечность станка — свойство сохранять работоспособность с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта. Свойство станка обеспечивать первоначально заданную точность изготовления деталей называется технологической надежностью станка. С точки зрения обслуживания и ремонта станка введено понятие «ремонтпригодность». Оно связано со сложностью конструкции оборудования, трудоемкостью обнаружения и устранения возникающих отказов, проведения ремонтов.

Надежность работы металлорежущих станков обеспечивается:

- на стадии проектирования — рациональным подбором материалов деталей станка, числа стыков и соединений, использованием принудительной смазки подвижных соединений, учетом опыта по надежности отдельных узлов и агрегатов, использованием высоконадежных систем числового программного управления, микроЭВМ, приводов и оснащением станка высокоэффективными системами диагностики;

- в процессе изготовления деталей станка и его сборки — обеспечением грамотной разработки и соблюдения технологических процессов на всех этапах изготовления отдельных элементов станка, сборки его узлов и станка в целом;

- при эксплуатации станка — четким выполнением всех требований, касающихся правил его использования в производственном процессе; необходимо обратить внимание на состояние смазочных систем, проведение регламентных работ, качество проведения ремонтных работ.

1.2.5. Экономическая эффективность станочного оборудования

Экономическая эффективность станочного оборудования оценивается на основе учета суммарных приведенных затрат (Z), которые включают в себя текущие затраты (себестоимость продукции) и нормативные отчисления от капитальных вложений в производственные фонды (затраты на создание проектируемого станка):

$$Z = C + K_n B_k,$$

где C — себестоимость годовой продукции обработанной на станке; K_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $K_n = 0,15 \dots 0,20$; B_k — капитальные вложения, необходимые для создания и пуска станка в эксплуатацию.

Годовой экономический эффект от внедрения нового (с индексом 1) взамен используемого (с индексом 2) станка определим по формуле

$$\Theta = (C_1 + K_n B_{k1}) - (C_2 + K_n B_{k2}).$$

Для того чтобы эффект был положительным, необходимо соблюдение следующего условия:

$$\frac{B_{к2} - B_{к1}}{C_1 - C_2} < \frac{1}{K_n},$$

где $\frac{1}{K_n} = T_n$ — нормативный срок окупаемости нового оборудования,

$$\frac{1}{K} = T_n \quad (T_n = 5,0 - 6,5 \text{ лет}).$$

Капитальные вложения включают в себя балансовую стоимость оборудования и приспособлений, а также стоимость части здания под оборудование служебно-бытовых помещений.

Балансовая стоимость оборудования определяется по следующей формуле:

$$K_{ст} = \alpha \Pi_{ст},$$

где α — коэффициент, учитывающий затраты на доставку и установку оборудования: для станков — $\alpha = 1,1$, для станочных систем — $\alpha = 1,18$; $\Pi_{ст}$ — оптовая цена оборудования со всеми вспомогательными устройствами.

Стоимость части здания, занимаемой станком:

$$K_{зд} = \Pi_{пл} S \gamma,$$

где $\Pi_{пл}$ — усредненная стоимость одного квадратного метра площади здания; S — площадь здания, занимаемая станком; γ — коэффициент использования площади. Чем больше площадь станка S , тем меньше коэффициент γ . Рекомендуется $\gamma = 5,0 \dots 1,5$; $\gamma = 1,5$ принимают, если площадь станка более 75 м^2 .

Стоимость служебно-бытовых помещений учитывают в зависимости от норматива: на каждого рабочего, обслуживающего станок, планируется 7 м^2 служебно-бытовых помещений.

Себестоимость обработки годовой программы деталей на сравниваемых станках определяется суммированием затрат на зарплату, содержание и ремонт станка, затрат на инструмент, амортизационные отчисления на оборудование, приспособления, здание цеха, затраты на электроэнергию и другие расходы.

1.2.6. Уровень безопасности станочного оборудования

Не менее важным показателем металлорежущих станков является уровень его безопасности. Для каждого типа станков разработаны ГОСТы, в которых оговариваются обязательное наличие на станке

кожухов, экранов, ограждений закрывающих вращающиеся части станка и зону обработки; наличие блокировок, исключающих одновременное включение параллельно работающими кинематических цепей (например, цепи подачи и резьбонарезания токарно-винторезных станков); другие меры безопасности, исключающие случайное включение приводов станка (пусковые кнопки должны быть утоплены, кнопки «Стоп» должны выступать, что облегчает выключение приводов, обязательно наличие кнопки «Общий стоп» и т.д.).

Обязательно должны быть установлены в электрооборудовании элементы, защищающие силовые агрегаты и цепи управления от перегрузки и коротких замыканий. Станина станка должна иметь элемент для присоединения заземляющего провода и другие меры защиты, обеспечивающие безопасную для обслуживающего персонала работу станка.

1.2.7. Удобство управления и обслуживания станочного оборудования

Техническая эстетика предъявляет комплекс эргономических и эстетических требований, направленных на создание оптимальных условий труда человека-оператора, обслуживающего станок. С этих позиций к рабочему месту оператора предъявляются следующие требования:

- должно иметь достаточное пространство и обеспечивать естественную позу человека;
- органы управления должны располагаться в зоне удобного обзора и манипулирования ими;
- рабочее место должно быть оптимально и равномерно освещено, особенно зона обработки, приборы, лицевые панели пульта управления;
- должно обеспечивать нормальные условия для обслуживания станка и его профилактики.

Требования к органам управления металлорежущих станков приведены в ГОСТ 22614—77. Достижимость органов управления (рекомендуется их располагать) в зоне полукруга радиусом 600 мм. Приводятся рекомендуемые предельные размеры пульта управления и его расположение для оператора в рабочем положении сидя и стоя, размеры кнопок управления, тумблеров, переключателей и их расположение на пульте управления, максимальные усилия переключения кнопок. Направление перемещения рычагов, включающих движение подвижного узла станка, должно совпадать с направлением его движения.

Системы отображения информации (шкальные и цифровые приборы, многокатодные лампы, электронно-лучевые трубки, сигнальные лампы), которыми оснащается станок, должны обеспечивать

оператора необходимой и достаточной информацией для оценки ситуации и принятия решения и предоставлять оператору дополнительную информацию о сложившихся аварийных ситуациях.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение специализированных станков?
2. Для выполнения каких работ предназначены специальные станки?
3. Каково назначение универсальных станков?
4. Какие символы входят в обозначение модели универсальных и специализированных станков?
5. Как обозначается модель специального станка?
6. Каким образом разделяют станки по массе?
7. Какие классы точности станков вам известны?
8. Что такое станочные модули?
9. Как оценить производительность станочного оборудования?
10. Какие погрешности влияют на точность металлорежущих станков?
11. Что такое гибкость станочного оборудования?
12. Какие факторы обеспечивают надежность работы станочного оборудования?
13. Как оценить эффективность станочного оборудования?
14. Как повысить безопасность работы станков?
15. Какие требования предъявляются к рабочему месту оператора, обслуживающего металлорежущий станок?