

4402644

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

НЕ ВХОДИТ

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ имени Н.Э. Баумана

На правах рукописи
УДК 621.941.2.007.52.

ЧЕЧЕТКОВИЧ Александр Александрович

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
НА РОБОТИЗИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ
(на примере токарных станков с ЧПУ)

Специальность 05.02.08. - Технология машиностроения

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Работа выполнена на Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени станкостроительном заводе "Красный пролетарий" им.А.И.Ефремова.

Научный руководитель

- Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор

КОРСАКОВ В.С.

Официальные оппоненты

- Доктор технических наук, профессор А.М.Кузнецов
- Кандидат технических наук, доцент Б.А.Усов

Ведущее предприятие

- НПО "Оргстанкинпром"

Защита диссертации состоится на заседании специализированного высшего технического училища им.Н.

107005, Москва, Б-5, 2-я Бау

С диссертацией можно ознакомиться им. Н.Э.Баумана.

Ваш отзыв на автореферат в печать, просим направлять по у

Автореферат разосла

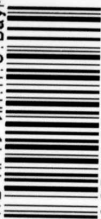
Ученый секретарь Совета, кандидат технических наук, доцент

Л-99260 Подп. к печ. 1

Тираж 100 экз.

Ротапринт МВТУ 107005, Москва, Б

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1402644

Чечеткович А.А.Повышение у

M 402 644

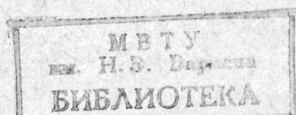
Актуальность проблемы. Станки с ЧПУ являются высокоавтоматизированным оборудованием. Большой удельный вес машинно-автоматического времени их работы (75-80%) позволяет обслуживать одному оператору больше единиц такого оборудования, чем это возможно на универсальных станках или полуавтоматах других видов.

Производственные наблюдения, проведенные на ряде машиностроительных предприятий, показали, что вопросам многостаночного обслуживания (МО) уделяется недостаточно внимания. Численность многостаночников в машиностроении увеличилась за последние годы незначительно, а на отдельных предприятиях она не превышает довоенного уровня. В то же время уровень автоматизации производства постоянно повышается вследствие дальнейшего расширения применения станков с ЧПУ и промышленных роботов (ПР). В имеющейся литературе вопросы МО освещены слабо: нет методик построения технологических процессов механообработки, обеспечивающих высокий уровень технологического использования автоматизированного оборудования (АО) при МО. Нерациональная организация труда многостаночников увеличивает имеющийся дефицит рабочей силы и снижает коэффициент сменности на машиностроительных предприятиях.

Цель работы. Повышение уровня технологического использования станков с ЧПУ и другого АО на роботизированных участках и в обычном производстве, где используется МО.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе основ технологии машиностроения, теории производительности труда и машин с применением математических методов теории вероятностей, комбинаторики и системного анализа. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры "Технологии механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана и на Московском станкостроительном заводе "Красный пролетарий" им. А.И.Ефремова с использованием современной измерительной и регистрирующей аппаратуры. Результаты экспериментов обрабатывались на ЭВМ с применением методов теории вероятностей.

Научная новизна. Впервые решена задача оптимизации маршрута движения многостаночника (МДМ) с целью сокращения простоев, вызванных неполной синхронизацией работы оборудования, связанного многостаночным методом работы. Разработана методика построения группы станочных операций (СО), выполняемых на многостаночном рабочем месте (МРМ). Разработаны научно обоснованные рекомендации, направленные на повышение производительности роботизированных участков.



вершенствования МО в современном производстве, позволяющие наиболее эффективно использовать станки с ЧПУ и ПР. Рост производительности робота может достигаться путем увеличения числа рук, входящих в состав его технологической схемы, что обеспечивает совмещение во времени выполнения различных манипуляций с заготовкой и обработанной деталью.

На основании выполненного анализа и в соответствии с целью исследования в диссертации ставились следующие задачи: 1) выявить закономерности образования простоев оператора (ПО) и простоев станков (ПС), связанных с ожиданием оператора или ожиданием окончания автоматической работы оборудования, и дать рекомендации по их устранению; 2) разработать научно-обоснованные рекомендации по организации обслуживания МРМ, направленные на сокращение ПО и ПС; 3) разработать методику построения группы СО, связанных МО, обеспечивающую повышение уровня технологического использования АО; 4) выявить возможности повышения уровня использования АО путем применения ПР и других устройств, повышающих уровень автоматизации производства; 5) провести технико-экономическое обоснование внедрения полученных результатов.

Во второй главе рассмотрены специфика и особенности осуществления МО в различных производственных условиях. Показаны пути повышения эффективности МО.

Наиболее устойчивые и благоприятные условия для многостаночного метода обслуживания обеспечиваются в поточно-массовом производстве, где отдельные рабочие места связаны общим тактом работы линии. Условия организации потока и условия МО обеспечиваются путем регламентации производительности на отдельных станках. Все затраты для обеспечения соответствующей синхронизации обработки окупаются снижением себестоимости продукции.

Постоянство объекта обработки и незначительный объем наладочных работ позволяют добиваться высокой стабильности оперативного времени обработки, что необходимо для устранения простоев оборудования, вызванных рассеиванием момента окончания автоматической работы на отдельных станках. Простой возникает вследствие необходимости ожидания оператора, занятого обслуживанием другого закрепленного за ним оборудования. Рассматриваются соотношения для определения значений коэффициентов загрузки станков и оператора в случае возникновения указанных простоев, характерных для МО. Приводится методика определения продолжительности оперативного времени на станках с ЧПУ с учетом нестабильности основ-

ного и вспомогательного времени обработки и надежности работы оборудования. Дана зависимость, позволяющая определять величину межоперационных заделов.

В серийном и единичном производстве изделий возникают потери, составляющие подготовительно-заключительное время. В этих условиях снижение себестоимости продукции в большой мере зависит от сокращения потерь времени в процессе переналадки оборудования при изменении объекта обработки. МО осуществляется в процессе обработки и не охватывает процесс переналадки. Отсутствие упорядоченности наладочных работ приводит к более ощутимым потерям производительности, чем отсутствие регламентации процесса МО. Для повышения экономической эффективности технологической подготовки МО следует добиваться сокращения доли подготовительно-заключительного времени работы по отношению ко времени обработки партии, выравнивать продолжительность обработки партий деталей на отдельных станках.

Исследования показали, что на порядок и методы проведения технологической подготовки и организации производства оказывает влияние вид программного управления оборудованием. Так, у станков с оперативными системами программного управления (например станки модели I6K20TI производства завода "Красный пролетарий" им. А.И.Ефремова) основная часть технологической подготовки производства может производиться в условиях цеха. При этом следует различать три способа подготовки управляющих программ: 1) предварительная подготовка в условиях бюро; 2) подготовка в цехе на программаторе; 3) подготовка непосредственно на станке методом ручного преднабора.

Анализ методов подготовки управляющих программ, применяемых при этом технических средств, уровня серийности производства и уровня МО позволил определить целесообразные области применения рассматриваемых методов и технических средств в зависимости от имеющихся производственных условий. Уровень МО, достигаемый в различных производственных условиях, неодинаков. Он возрастает с повышением уровня автоматизации процесса управления и ростом серийности производства.

В третьей главе проводятся теоретические исследования закономерностей протекания процесса МО АО.

Установлено, что многостаночный метод работы вызывает необходимость увязывать продолжительность обработки заготовок на различных станках, обслуживаемых одним оператором. Подобно то-

му, как рабочее место станочника, работающего на одном станке, отличается от МРМ, следует различать отдельные СО от группы СО, связанных МО. Средством, наглядно иллюстрирующим связь во времени работы оператора и закрепленного за ним АО, является график (циклограмма) МО, который является изображением циклограмм работы нескольких станков. Установление регламента на продолжительность выполнения отдельных элементов циклограммы позволяет повышать производительность АО путем сокращения простоев, связанных со случайностью совпадения момента окончания работы отдельного станка с началом его обслуживания.

Устранение ПО и ПС достигается при выполнении следующих условий синхронизации, определяющих организацию МРМ и продолжительность выполнения СО: 1. Единичное цикловое время обработки $T_{цij}$ (время j -того периода непрерывной работы i -того станка) должно быть равно времени работы оператора $T_{виj}$ по обслуживанию других станков.

$$T_{цij} = T - T_{виj}, \quad (1)$$

где T - время цикла работы оператора (цикла МО).

2. За время цикла работы оператора T он должен обойти заданный МММ и обслужить все закрепленные за ним n станков.

$$\sum_{i=1}^n K_{цi} \cdot \sum_{j=1}^{K_i} T_{виj} = T, \quad (2)$$

где K_i - сложность структуры СО (количество установок); $K_{цi}$ - количество циклов работы отдельного станка, выполняемых за период одного цикла МО.

3. За время цикла работы оператора T на каждом i -том станке должно быть выполнено $K_{цi}$ циклов их работы.

$$K_{цi} \sum_{j=1}^{K_i} (T_{цij} + T_{виj}) = T. \quad (3)$$

4. За время цикла работы оператора T на всех обслуживаемых станках должно быть выполнено $\sum_{i=1}^n K_{цi}$ циклов их работы.

$$\sum_{i=1}^n K_{цi} \left[\sum_{j=1}^{K_i} (T_{цij} + T_{виj}) \right] = n \cdot T. \quad (4)$$

Выполнение названных условий синхронизации работы оборудования на МРМ возможно без изменения действующей на предприятии технологии путем соответствующей организации труда. Добиться высокой степени синхронизации на действующем производстве путем подбора имеющихся СО удастся лишь для одной трети обрабатываемой номенклатуры деталей. Для обеспечения синхронизации в более широком диапа-

зоне необходимо определенным образом регламентировать структуру и продолжительность группы СО, выполняемых на МРМ. Задаваясь дискретностью элементов циклограммы работы оператора и станков, строят эталонные циклограммы многостаночного обслуживания (ЭЦМО). Под ЭЦМО понимается такое сочетание циклограмм работы оператора и станков, при котором отсутствуют ПО и ПС, вследствие неполной синхронизации их работы.

Разработана методика построения ЭЦМО, которая иллюстрируется разбором конкретного примера. Исходными данными является регламентированная циклограмма работы оператора, характеризующаяся последовательностью заданного количества подходов при обслуживании определенного количества станков. На продолжительность обслуживания при каждом подходе устанавливается регламент. Методом комбинаторных построений получают эталонные циклограммы работы отдельных станков, которые служат основанием при регламентации структуры и продолжительности выполнения СО. Определяя множество возможных МДМ, получаем соответствующее множество ЭЦМО, составляющих библиотеку вариантов МО. Для определения частных решений, количество которых достаточно мало для того, чтобы библиотекой можно было пользоваться без помощи ЭВМ, вводятся дополнительные условия. Для токарных станков с ЧПУ следует принять ограничение: все значения времени занятости оператора при каждом подходе должны быть попарно равны. В результате имеем два следствия, которые характеризуют множество регламентированных СО: 1) все значения времени обслуживания для каждой операции попарно равны; 2) все значения циклового времени обработки, входящие в рассматриваемую группу ЭЦМО, кратны продолжительности обслуживания АО при отдельном подходе.

$$T_{cij} = a_{ij} \cdot T_{vij},$$

где a_{ij} — коэффициент кратности отношения.

В совокупности с соотношениями (2), (3) и (4) полученные следствия позволяют вывести соотношения для вычисления значений коэффициента кратности. После некоторых преобразований получаем:

$$\sum_{i=1}^n K_{ci} \cdot \sum_{j=1}^{K_i} a_{ij} = m(n-1); \quad (5)$$

$$n/2 \leq \sum_{i=1}^n K_{ci} \cdot \sum_{j=1}^{K_i} a_{ij} \leq n-1, \quad (6)$$

где m — количество подходов к станкам в течение цикла МО.

Задаваясь сложностью структуры цикла МО ($m = 3, 4, 5, \dots$) и значением коэффициента МО ($n = 2, 3, 4, \dots$), следует определять значение коэффициента кратности A_{ij} для отдельных вариантов обслуживания.

Таким образом, приведенные зависимости представляют собой математическую модель, использование которой позволяет добиваться синхронизации работы оператора и закрепленного за ним оборудования путем регламентации структуры и продолжительности автоматической работы отдельных станков на МРМ.

В четвертой главе изложены результаты теоретических исследований производительности группы станков, объединенных МО, приводятся алгоритмы, позволяющие автоматизировать процесс повышения уровня МО без изменения действующей на машиностроительных предприятиях технологии механообработки.

Установлено, что цикловую производительность группы станков $Q_{цг}$, обслуживаемых одним оператором, следует определять с учетом ПС $Пст_{ij}$, связанных с ожиданием оператора.

$$Q_{цг} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sum_{j=1}^{K_i} (T_{цij} + T_{виj} + Пст_{ij})}. \quad (7)$$

С увеличением количества станков, обслуживаемых одним оператором, производительность группы станков возрастает, но не безгранично. Решая совместно уравнения (2) и (3) относительно n , получаем выражение, позволяющее определить расчетное количество станков n_p , которое в состоянии обслужить один оператор.

$$n_p = K\alpha + 1, \quad (8)$$

$$\text{где } K\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n K_{цi} \cdot \sum_{j=1}^{K_i} T_{цij}}{\sum_{i=1}^n K_{виi} \cdot \sum_{j=1}^{K_i} T_{виij}}. \quad (9)$$

В случае, когда принятое количество станков меньше расчетного значения, возможно полное исключение ПС, связанных с ожиданием оператора, который будет загружен неполностью. Если принятое значение больше расчетного, то ПС в ожидании оператора неизбежны, так как оператор не успеет их обслужить в течение цикла МО при определенном регламенте на продолжительность обслуживания. Установлено, что неполное использование принятого регламента на продолжительность обработки является более предпочтительным, чем его превышение. Если фактическое цикловое время обработки меньше своего эталонного значения, то возникает единичный простой только одного рассматриваемого

мого станка, повторяющийся при каждом цикле МО. Если фактическое цикловое время обработки больше своего эталона, то возникает ПО и нескольких обслуживаемых им единиц АО при каждом обходе оператора по принятому МДМ.

Исследования показали, что в процессе МО наблюдаются переходные процессы, вследствие чего ПО и ПС при первых циклах МО меняются от цикла к циклу. Это объясняется тем, что оператор не может запустить все закрепленные за ним станки одновременно, в результате чего количество обслуживаемых станков является переменной величиной. Наличие переходных процессов делает необходимым определение точного значения суммарных простоев при помощи соответствующего алгоритма, который приводится. Разработанный алгоритм позволяет рассчитать возникающие простои для всех возможных МДМ, осуществляя поиск оптимального маршрута, при котором суммарные простои минимальны. Анализ процесса образования простоев позволяет получить приближенные формулы, которые выводятся исходя из того, что игнорируется наличие переходных процессов. Точность приближенных формул в различных случаях неодинакова. Погрешность вычислений уменьшается с ростом количества проводимых циклов МО $\mathcal{N}$ и с уменьшением количества единичных ПО. Ими целесообразно пользоваться при обработке больших партий деталей ($\mathcal{N} > 20$). Приближенное значение суммарных ПО P_0 вычисляется:

$$\sum_{i=1}^{\mathcal{N}} P_0 = (T^* - T)(\mathcal{N} - 1), \quad (10)$$

где T^* — увеличенное, вследствие ПО, значение цикла МО.

Приближенные значения суммарных ПС $P_{ст}$ вычисляются по формуле:

$$\sum_{i=1}^{\mathcal{N}} P_{ст} = (n T^* - T - \sum_{i=1}^m T_{цij})(\mathcal{N} - 1). \quad (11)$$

Повышать уровень МО путем сокращения возникающих простоев путем изменения организации труда, обеспечивающей синхронизацию работы оборудования на МРМ, наиболее целесообразно на производстве с высоким уровнем серийности при обработке многочисленной номенклатуры деталей, обрабатываемых повторяющимися партиями значительных размеров.

В пятой главе приводятся результаты производственных наблюдений и экспериментальных исследований, положенные в основу методики построения группы СО, выполняемых на МРМ.

Вопросами точности и производительности механообработки уделено достаточно много внимания (работы Балакшина Б.С., Корсакова В.С., Капустина Н.М., Маталина А.А., Кучера И.М., Сафрангана Р.Э.,

Шаумяна Г.А. и других). Однако специфика технологической подготовки при МО освещена очень слабо. Поэтому были проведены исследования путей повышения производительности обработки на МРМ. Экспериментальные исследования проводились на заводе "Красный пролетарий" им. А.И.Ефремова на станках модели I6K20Ф3С5, находящихся в процессе эксплуатации.

Производственные наблюдения показали, что продолжительность выполнения СО зависит от большого количества факторов, которые следует разделить на три группы: конструктивные (масса детали, сложность формы, погрешность размеров и взаимного расположения отдельных поверхностей, шероховатость обрабатываемых поверхностей), технологические (точность и производительность оборудования и оснастки, установленные режимы резания, метод получения заготовки и другие факторы) и организационные (планировка расположения оборудования, уровень автоматизации станков и оснастки, интенсивность труда операторов). Производственные наблюдения показывают, что решающее влияние на продолжительность обработки оказывают конструктивные факторы, которые на 70% определяют штучное время обработки. Это обстоятельство позволяет предварительно комплектовать ЭЦМО при подборе деталей для обработки на МРМ. Оказывается, что имеется линейная корреляционная зависимость циклового времени обработки и времени обслуживания от коэффициента сложности детали K_c , который является комплексной оценкой данных рабочего чертежа и отражает степень влияния конструктивных факторов на трудоемкость обработки.

$$T_b = a_1 + b_1 K_c; \quad T_u = a_2 + b_2 K_c, \quad (12)$$

где: a_1, a_2, b_1 и b_2 - коэффициенты пропорциональности, определяемые согласно теории корреляции путем обработки статистических данных отобранных деталей-представителей, обработка которых была проведена на станках с ЧПУ модели I6K20Ф3С5.

Использование выявленной зависимости позволяет определять на этапе разработки маршрутной технологии механообработки значения ожидаемого циклового времени обработки и времени обслуживания для выбора подходящей ЭЦМО, по которой целесообразно проводить регламентацию структуры и продолжительности выполнения проектируемых станочных токарных операций. Проектирование СО следует начинать с выявления переходов обработки и установления рабочих ходов. Структура операции уже определена и известно соотношение, в котором объем механообработки необходимо распределить между имеющими-

ся установками. Регламент на продолжительность обработки выдерживается путем установления режимов обработки. Глубина резания определяется величиной припуска, подача назначается максимально допустимая, а скорость резания выбирается такой, чтобы цикловое время обработки на всех установках не превышало установленного регламента. Себестоимость в то же время должна быть минимальной и учитывать возникающие ПО и ПС.

Установлено, что при выполнении одной и той же операции на нескольких станках ряд первичных погрешностей обработки переходит из категории систематических постоянных в категорию случайных величин. Это объясняется неоднородностью параметров точности различных станков вследствие неравномерности их износа в процессе эксплуатации и других индивидуальных особенностей. В результате возникает дополнительная первичная погрешность обработки, которую принято называть погрешностью объединения. Она определяется экспериментально, имеет несколько составляющих и позволяет добиваться точностной однородности А0, входящего в состав МРМ. Если погрешность объединения в балансе суммарной погрешности обработки составляет более 10%, то рассматриваемые станки либо нецелесообразно объединять в одну группу, либо определение суммарной погрешности обработки следует проводить отдельно для каждого станка. Такая регламентация погрешности объединения позволяет компоновать оборудование отдельно для обдирки и чистовой обработки.

Анализ составляющих погрешности объединения показал, что различие погрешностей позиционирования (ПП) на отдельных станках является доминирующим (составляет 30% баланса погрешности объединения). В целях выявления закономерностей изменения ПП с течением времени в процессе эксплуатации проведено экспериментальное исследование в цеховых условиях на заводе "Красный пролетарий" им. А.И.Ефремова на станке модели 16К20Ф3С5, прошедшем капитальный ремонт за год до эксперимента, при общем сроке службы 5 лет. В составе экспериментальной установки использовался лазер, что обеспечило точность измерений до одного микрометра. Была определена ПП при перемещении каретки суппорта на быстром ходу и на рабочей подаче в нескольких контрольных точках, расположенных на различных расстояниях друг от друга. В каждой конкретной точке проводилось по пять замеров и вычислялись: среднее значение отклонений, размах отклонений, средний размах отклонения, накопленное и среднеквадратическое отклонение. Аналогичным образом прово-

дилось измерение периодического отклонения при позиционировании раздельно для поперечного и продольного перемещения суппорта. Анализ полученных гистограмм по критерию согласия Пирсона показывает, что рассеивание размеров при повторяемости происходит в соответствии с нормальным законом распределения. Полученные результаты показывают, что на исследованном станке параметры III в продольной оси находятся в пределах допуска, а в поперечной оси установленные нормы превышены на 50%. Установлено, что применение лазера позволяет значительно сократить трудоемкость работ по измерению III по сравнению с измерениями при помощи штриховой меры (в 5...7 раз). Это обстоятельство особенно важно при проведении исследований на производстве и позволяет рекомендовать систематическое проведение измерений III (2 раза в год) и соответствующую переоценку целесообразности включения различных станков в состав одного МРМ. Измерение III с помощью лазера проводится в течение одной смены и не приводит к нарушению ритмичности производства.

Обосновано, что оптимизацию СО, связанных МО, целесообразно проводить методом однокритериальной многопараметрической оптимизации. Корректировать структуру и продолжительность выполнения операций следует по критерию минимума себестоимости обработки, которая может быть представлена состоящей из затрат на инструмент и оснастку, затрат на обеспечение работы оборудования и издержек от простоев АО вследствие неполной синхронизации работы. В настоящее время отсутствуют нормативные данные по себестоимости ПС, поэтому оптимизация СО связана с известными трудностями. Однако, если принять себестоимость простоев равной себестоимости работы АО, то процесс оптимизации можно проводить с определенной степенью достоверности. В этом случае целевая функция $f(c)$ может быть представлена в виде:

$$f(c) = \sum_{i=1}^n C_{оп} + \sum_{i=1}^n C_{пст}, \quad (13)$$

где: $\sum_{i=1}^n C_{оп}$ - суммарная себестоимость СО, входящих в данный вариант МО; $\sum_{i=1}^n C_{пст}$ - суммарное значение себестоимости ПС.

Изменение себестоимости и продолжительности обработки достигается путем проведения следующих мероприятий: 1) изменением режимов обработки; 2) применением специнструмента; 3) использованием специальных приспособлений и оснастки; 4) введением дополнительных переходов обработки; 5) объединением двух и более СО; 6) переносом части обработки из одной СО в другую.

Проведенные исследования показывают, что при проведении технологической подготовки МО приходится решать следующие задачи:

1. Подбор деталей, которые целесообразно обрабатывать на МРМ.
2. Назначение дискретности элементов ЭЦМО.
3. Установление регламента на продолжительность цикла МО.
4. Построение возможных МЦМ.
5. Построение ЭЦМО.
6. Выбор эталонной циклограммы и установление регламента на структуру и продолжительность СО.
7. Построение оптимальных СО.

Полученные результаты позволяют добиваться повышения уровня МО путем целенаправленной технологической подготовки производства, что особенно эффективно на роботизированных участках станков с ЧПУ, где повышается уровень технологического использования дорогостоящего АО. Следует также отметить высокую стабильность цикловой работы АО, что облегчает процесс синхронизации работы оператора и станков при МО.

В шестой главе приводятся результаты экспериментальных исследований и разрабатываются рекомендации, направленные на повышение производительности АО при МО, осуществляемом ПР.

Показано, что ПР целесообразно передать выполнение только тех действий оператора, которые производятся перед запуском станка и с процессом обработки не связаны. К таким действиям относятся: ориентация заготовок, установка и снятие их со станка, включение станка и переход от станка к станку. Остальные действия целесообразно передать специальным устройствам, которыми следует оснастить станок. Управление роботом-многостаночником рекомендуется осуществлять от собственной системы ЧПУ, а управление остальными устройствами производить от системы ЧПУ станков. Роботизированный процесс захвата заготовок из тары, где они лежат "навалом", изучен слабо, поэтому были проведены экспериментальные исследования с целью определения закономерностей, позволяющих оценивать ожидаемую точность и производительность ПР. Результаты исследований показали, что процесс ориентации заготовок целесообразно проводить в два этапа: сначала осуществлять предварительную ориентацию в специальной таре, а затем окончательную в специальном устройстве. Предложены конструктивные схемы ряда устройств, которыми следует оснащать МРМ.

Применение нескольких рук позволяет повысить производительность ПР путем совмещения во времени различных манипуляций. По

количеству рук следует различать четыре вида роботов-многопостаночников: однорукие, двурукие, трехрукие и четырехрукие. Анализ грузопотока заготовок на МРМ и учет влияния других факторов, определяющих конструкцию ПР, показывают, что применение более четырех рук нецелесообразно, поскольку значительно возрастает доля холостых ходов (манипуляции без заготовки составляют более 50%) и существенно повышаются требования к конструкции и системе ЧПУ ПР. На основании литературных источников и данных производственных наблюдений построены циклограммы работы ПР с различным количеством рук. Показано, что если время, необходимое однорукому роботу на обслуживание одного станка, принять равным T , то двурукий ПР выполнит тот же объем манипуляций за $(0,7...0,75)T$, трехрукий за $(0,55...0,7)T$, а четырехрукий за $0,5T$. При наличии у робота только одной руки все элементы циклограммы выполняются последовательно, а при наличии нескольких рук некоторые элементы циклограммы выполняются параллельно, что сокращает время обслуживания.

Проведено сравнение различных планировок расположения АО на роботизированных участках станков с ЧПУ и компоновок МРМ. Установлено, что при круговой схеме расположения оборудования требуются меньшие производственные площади. Приводится ряд рекомендаций и предложений, направленных на повышение уровня технологического использования оборудования.

В заключении приводится экономический расчет эффекта, получаемого от внедрения результатов исследований на примере участка токарных станков с ЧПУ модели 16К20Ф3С5.

В приложениях изложено описание алгоритма оптимизации МРМ, составленного на программном языке PL/I, и приводится распечатка текста управляющей программы с результатами расчета конкретного примера. Помещены протоколы измерений параметров ПР и периодического отклонения при позиционировании. Прилагается акт о принятии к использованию материалов диссертации на Московском станкостроительном производственном объединении "Красный пролетарий" им. А.И.Ефремова.

Общие выводы

1. Постоянно повышающийся уровень автоматизации ручных и вспомогательных работ в машиностроении путем расширения использования станков с ЧПУ и ПР определяет актуальность темы МО.

2. Характерной причиной потерь производительности при МО является отсутствие полной синхронизации работы АО, входящего в состав МРМ. Добиваться сокращения возникающих простоев целесообразно путем регламентации продолжительности механической обработки и времени обслуживания рабочего места.

3. Устанавливать регламент на структуру и продолжительность выполнения СО целесообразно на основании ЭЦМО, построенных в соответствии с условиями полной синхронизации цикла работы много-станочника с циклами работы обслуживаемых им станков.

4. Выбор ЭЦМО следует проводить путем оптимизации МЦМ с целью минимизации возникающих простоев. Оптимизацию СО целесообразно проводить путем минимизации себестоимости обработки при заданной (регламентированной) производительности.

5. Для обеспечения выбора рациональной ЭЦМО при подборе деталей для обработки на МРМ целесообразно использовать корреляционную зависимость продолжительности обработки от коэффициента сложности деталей, который является комплексной оценкой данных рабочего чертежа и отражает учет факторов, влияющих на трудоемкость механической обработки.

6. При разработке группы СО, выполняемых на МРМ, с использованием ЭВМ целесообразно рассматривать погрешность объединения, которая характеризует разброс параметров точности на различных станках. При этом величина погрешности объединения не должна превышать 10% величины суммарной погрешности обработки на отдельно взятом станке.

7. Для контроля изменения точности станков на МРМ с течением времени рекомендуется периодически (1 раз в 6 месяцев) проводить проверку по определению ПП исполнительными органами АО при помощи установки, включающей лазер, использование которого в 5 раз снижает трудоемкость измерений по сравнению с измерениями при помощи штриховой меры.

8. Оснащение ПР несколькими руками позволяет повышать его производительность путем совмещения во времени выполнения отдельных манипуляций. Применение более четырех рук нецелесообразно вследствие значительного возрастания доли холостых ходов, усложнения конструкции и системы управления ПР.

9. Для надежного и гибкого управления роботом-многостаночником его целесообразно оснащать собственной системой ЧПУ, соответствующей технологическим возможностям ПР.

10. Внедрение результатов исследований позволяет получить годовой экономический эффект в размере 2190 рублей на один станок с ЧПУ за счет высвобождения рабочей силы и АО.

Содержание диссертации отображено в следующих публикациях:

1. Корсаков В.С., Четкович А.А. Построение оптимальных технологических процессов при многостаночном обслуживании станков с ЧПУ. - Владимир, 1981 (тезисы докладов всесоюзной научно-технической конференции "Использование методов поверхностно-пластического деформирования материалов в машиностроении"), с. 122.

2. Четкович А.А. Регламентация структуры и содержания станочных операций для условий многостаночного обслуживания. - М., 1981. Рукопись депонирована во НИИМАШе, № 138-81.

3. Корсаков В.С., Четкович А.А. Построение графиков многостаночного обслуживания. - Известия ВУЗов. Машиностроение, 1982, № 2, с. 143-145.

4. Корсаков В.С., Четкович А.А. Технологические схемы роботов-многостаночников. - Известия ВУЗов. Машиностроение, 1982, № 4, с. 131-134.

5. Четкович А.А. Вопросы технологической подготовки производства при многостаночном обслуживании. - Труды/ МВТУ, 1982, № 376, с. 75-81.

