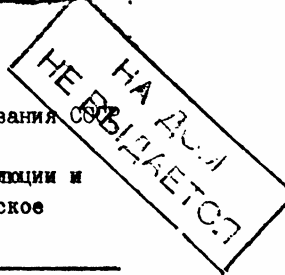


М417491

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э. Баумана



На правах рукописи

ИГНАТЬЕВ АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 007.52.011.56:621.9.011

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И
ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ МАНИПУЛЯ-
ТОРОВ ПОРТАЛЬНОГО ТИПА

Специальность 05.02.07 - Автоматизация в машиностроении

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва - 1984

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Высшем техническом училище имени Н.Э. Баумана.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
УСОВ Б.А.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Е.Г. Нахапетян;
- кандидат технических наук, доцент
И.И. Слущкий

Ведущее предприятие - Московское производственное объединение
"Станкостроительный завод им.С.Орджони-
кидзе."

Защита диссертации состоится "____" _____ 1984 г.
на заседании специализированного совета К 053.15.01 в Московс-
ком Высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская улица, д. 5.

Ваш отзыв на автореферат в 1-м экземпляре, заверенный
печатью, просим напре

С диссертацие
им. Н.Э.Баумана.

Автореферат 1

Ученый секретарь
специализированно:
кандидат техничес
доцент

Подг. к печ. 26.
А.82945 - 26. № 34.

М417491

1.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В программном документе ЦК КПСС "Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981-85 годы и на период до 1990 года" поставлена одна из главнейших задач одиннадцатой пятилетки, которая ставит целью ускорение научно-технического прогресса и перевод экономики на интенсивный путь развития. Способствовать этому будет не только рациональное использование производственного потенциала, увеличение времени работы технологических средств, но создание и внедрение принципиально нового оборудования, повышающего производительность и улучшающего показатели качества. Для решения поставленной проблемы рост экономики должен опираться на непрерывный научно-технический прогресс, основным направлением которого является автоматизация производственных процессов.

167471431

Актуальность работы. Одним из наиболее эффективных путей решения задачи автоматизации загрузки технологического оборудования является создание автоматических механизмов, способных выполнять на производстве множество вспомогательных операций в условиях различных типов производств. К ним относятся бункерные и магазинные механизмы питания, автоматические манипуляторы и промышленные роботы, из которых в настоящее время широкое распространение получили автоматические манипуляторы портального типа (АМПТ). Задача создания простых, экономичных и надежных в эксплуатации АМПТ, разработка теории и методов их расчетов и проектирования приобретает особое значение, если учесть, что эффективность этих средств загрузки нередко зависит от удачно выбранной структурно-компоновочной схемы, а эксплуатационная надежность во многом определяется конструкцией основных рабочих органов (захватов, питателей, каретки) и устройств, обеспечивающих необходимую точность позиционирования АМПТ.

Целью работы является повышение производительности технологических комплексов "АМПТ+СТАНОК" за счёт повышения скорости перемещения рабочих органов и сокращения длительности несовмещённых элементов цикла работы АМПТ при обеспечении требуемой точности позиционирования.

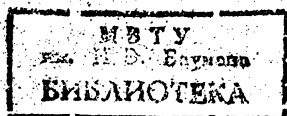
Методы исследований. В работе применялись теоретические и экспериментальные методы исследований. Теоретические исследова-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1417491

Игнатьев А.А. Разработка ме



I

ния проводились с использованием современных механико-математических методов. Теоретические исследования подтверждены экспериментально, последние проводились на специально разработанных и изготовленных установках, опытных и промышленных образцах АМПТ тензометрическими методами с использованием высокоточной измерительной аппаратуры.

Научная новизна. Получена математическая модель, позволявшая установить взаимосвязь структурно-компоновочных характеристик и показателей надежности АМПТ с производительностью технологического комплекса "АМПТ+СТАНОК"; разработана методика инженерного расчета АМПТ и выбора их рациональной компоновки и структуры цикла.

На основе теоретических и экспериментальных исследований предложены расчетные зависимости и установлены основные закономерности влияния геометрических и динамических параметров на силовые характеристики захватных устройств АМПТ.

Разработаны математические модели формирования точности позиционирования рабочих органов АМПТ и определены параметры устройств, обеспечивающие стабильную точность позиционирования.

Практическая ценность. Разработана конструкция АМПТ для автоматизации загрузки станков в автоматической линии с поперечным расположением технологического оборудования и боковой трассой транспортного потока. На основе проведенных исследований разработаны конструкции и определены параметры устройств, обеспечивающие необходимую точность позиционирования.

Предложена методика инженерного расчета и выбора параметров АМПТ, позволяющая получить требуемые характеристики процесса загрузки (структуру цикла, точность позиционирования).

Реализация работы. Годовой экономический эффект от полного внедрения и использования разработанной конструкции АМПТ при автоматизации процессов механообработки полуосей эскалаторов на ЛПО "ЭСКАЛОТОР" составляет 80 тыс. рублей в год.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались:

1. На научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ВПИТтяжмаш. - г. Москва, 1981 г.

2. На научно-технических семинарах (январь 1981, январь 1982) и заседании кафедры "Металлорежущие станки и автоматы механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана (16.12.83).

Публикации. Основные материалы диссертации опубликованы в трех статьях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, основных выводов, списка литературы и приложения; содержит 149 страниц машинописного текста, 64 рисунка, 18 таблиц и список литературы из 109 наименований.

Первая глава. "Состояние вопроса и задачи исследования", посвящена анализу требований, предъявляемых к автоматическим устройствам загрузки и их основным рабочим органам, обоснованию актуальности и направления исследований. В работе проанализированы разработки и исследования в области автоматизации технологического оборудования с использованием автооператоров, роботов и манипуляторов.

Большой вклад в формирование научных основ автоматизации технологических процессов загрузки и выгрузки оборудования штучными заготовками с помощью автоматических механизмов внесли исследования советских ученых Волчкевича Л.И., Камшного Н.И., Милова А.Н., Медвидя Н.Ф., Рабиновича А.Н., Шаумяна Г.А. и др. Исследования по кинематике, динамике промышленных роботов, по разработке алгоритмов управления и др. вопросам проведены Артоболевским И.И., Беляниным П.Н., Кобринским А.Е., Поповым Е.П., Юревичем Е.И. и др. Вопросами теории и проектирования промышленных роботов занимаются многие организации, в том числе ЭНИМС, МВТУ им. Н.Э.Баумана, институт машиноведения АН СССР, ВПТИтяжмаш и др.

В последнее время при создании автоматических линий механообработки деталей типа валов широкое распространение получают манипуляторы (рис.1) портального типа - АМПТ. Широкое внедрение АМПТ объясняется возможностью объединения в автоматические системы практически любого технологического оборудования и создания гибких, мобильных, многоручьевых автоматических линий как с фронтальным, так и с поперечным расположением станков. Верхняя трасса транспортирования, освобождение производственных площадей и зоны обслуживания станка дает значительное преимущество этим типам манипуляторов.

Однако анализ ряда работ показал, что вопросы загрузки металлорежущих станков с применением АМПТ освещены мало. Эти устройства не полностью удовлетворяют современным требованиям производства, недостаточно изучены их надежность, точностные харак-

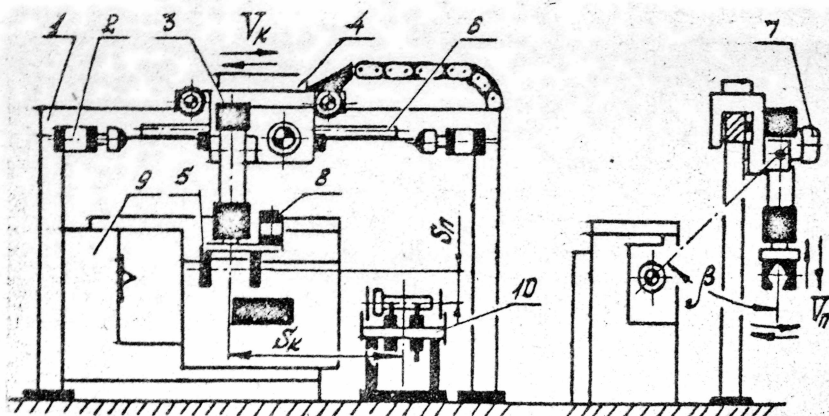


Рис. 1. Принципиальная схема АМПТ

(1 - портал, 2 - гидроамортизатор, 3 - питатель, 4 - каретка, 5 - захватное устройство, 6 - зубчато-реечная передача, 7 - гидромотор, 8 - привод захватного устройства, 9 - станок)

теристики, динамические качества, влияние структурно-компоновочных параметров на эффективность их применения.

Исследованиями установлено, что эффективность применения описанных устройств, надежность выполнения ими тех или иных технологических операций часто зависит от удачно выбранной компоновки и конструкции основных рабочих органов - захватов, приводов, тормозных устройств, от качества выполнения функционального назначения - обеспечения необходимой точности позиционирования, определяемой динамическими параметрами рабочих органов. Анализ приводных (клевыхых) захватных устройств показал, что они не всегда обеспечивают требуемое положение заготовки при ее загрузке и транспортировании, не полностью удовлетворяют требованиям надежности захвата деталей (особенно при перемещении каретки АМПТ), размеры и форма которых изменяется после обработки.

По существующим оценкам точность позиционирования АМПТ определена, в большинстве случаев, для 3-х линейных декартовых координат. Однако, для ряда задач требуется обеспечить не только точность выхода схвата в заданную область по осям координат, но и точность относительно поворотов вокруг осей. Кроме того,

точность позиционирования зависит от целого ряда динамических и конструктивных факторов, определяющих технические особенности АМПТ.

При проектировании гидравлических систем АМПТ необходимо учитывать требования к ним, определяемые особенностями манипуляторов по сравнению с другими механизмами. В первую очередь это высокие скорости перемещения рабочих органов, требующие предварительного расчета демпфирующих устройств и влияющие на точность позиционирования.

На основе проведенного анализа, в соответствии с целью исследований, задачами настоящей работы являются: проведение эксплуатационных исследований автоматических линий в части выявления резервов повышения надежности и производительности АМПТ; исследование влияния показателей надежности и структурно-компоновочных характеристик АМПТ на производительность системы "АМПТ+СТАНОК"; разработка математических моделей формирования точности позиционирования АМПТ; выявление основных принципиальных схем торможения рабочих органов АМПТ и разработка конструктивных параметров эффективных тормозных устройств; проведение теоретических и экспериментальных исследований динамики рабочих органов, с целью определения технических возможностей захватных устройств; разработка общей методики инженерного расчета и проектирования АМПТ.

Во второй главе. "Эксплуатационные исследования автоматических линий с АМПТ", приведен подробный конструктивно-компоновочный анализ АМПТ, обладающих широкими функциональными возможностями по обслуживанию технологического оборудования. Даны основные технические данные отечественных и зарубежных образцов АМПТ, классификация и требования технологичности к деталям, легко поддающимся загрузке с помощью АМПТ, а также модели станков, позволяющих производить обработку данных групп деталей.

Конструктивно-компоновочное решение АМПТ, габариты станков, расположение и степень доступности их рабочих зон, схемы загрузки - все это определяет число степеней свободы и величины перемещений рабочих органов АМПТ. Для загрузки станков, предназначенных для обработки групп деталей, характерных для АМПТ, и разделенных на станки с горизонтальной и вертикальной осью шпинделя, в АМПТ должны быть предусмотрены в общем случае три основные и одна дополнительная степени свободы, причем для загрузки стан-

ков любой из групп АМПТ должен иметь минимум две степени свободы без учета вращения захвата .

На основе анализа многочисленных структурных схем промышленных роботов и манипуляторов для обслуживания различного технологического оборудования предложен ряд структурных схем АМПТ, при разработке которых учитывались функциональные признаки АМПТ, характерные особенности устройств выдачи и хранения заготовок, планировка участка и ряд других факторов. Изучение существующих классификаций автоматических загрузочных устройств позволило разработать классификацию для АМПТ. В качестве показателя эффективности применения компоновочной схемы АМПТ предложены коэффициент использования рабочего пространства $K_{рп}$ и коэффициент заполнения производственной площади $K_{зп}$.

На основе анализа важнейших факторов, определяющих производительность технологических машин, с целью определения основных направлений исследования АМПТ установлена качественная связь производительности от конструктивных, структурных и эксплуатационных параметров этих устройств и разработана математическая модель взаимосвязи структурно-компоновочных характеристик и показателей надежности АМПТ с целевой функцией Q - производительностью технологического комплекса "АМПТ+СТАНОК".

Математическая модель представлена в виде отдельных блоков, формирующих конструктивные ($V_0, G, S \dots P$), структурные ($T_{AM}, \alpha_i, \epsilon, T_0$), эксплуатационные ($\Sigma B_i, Z_{tex}$) параметры исследуемой системы, и связанные между собой математическими зависимостями. А основным направлением исследования АМПТ является реализация данной модели через установление функциональных зависимостей по двум цепочкам:

1. Конструктивно-динамические параметры АМПТ ($V_0, G \dots P$) $\leftrightarrow$ точность позиционирования (Δ_k, Δ_n) $\leftrightarrow$ внецикловые потери (B_i) $\leftrightarrow \dots Z_{tex}$;

2. Структурно-компоновочные характеристики комплекса "АМПТ+СТАНОК" ($T_{AM}, \alpha_i, \epsilon, T_0$).

Поскольку целесообразность применения АМПТ в автоматических линиях определяется возможностями быстрого действия и надежности, что в свою очередь, может быть обосновано лишь путем проведения эксплуатационных исследований, проведены эксплуатационные исследования трех автоматических линий для обработки валов, различных по компоновке, техническим характеристикам, времени

эксплуатации.

При проведении эксплуатационных исследований особое внимание уделялось работе таких органов АМПТ, как каретка, питатели, захватные и демпфирующие устройства.

Наблюдения за работой автоматических линий показали, что основной причиной возникновения отказов в работе АМПТ при загрузке станков являются обратимые, циклически действующие факторы, причиной возникновения которых являются конструктивные и динамические особенности АМПТ. При этом из всех простоев, связанных с работой АМПТ, 40-50% приходится на устройства, обеспечивающие стабильность конечных перемещений. Величина точности позиционирования во многом определяется конструкцией привода рабочих органов, наличием устройств для эффективного торможения, величиной скорости, ускорения и пути перемещения, законами изменения скорости и ускорения, геометрическими и силовыми параметрами захватных устройств. Так, применение цепной электромеханической передачи для привода рабочих органов создают благоприятные условия для возникновения колебаний, что увеличивает величины разброса крайних положений схвата АМПТ до 5 ± 8 мм. Отсутствие торможения в конце хода ограничивает возможную скорость перемещения каретки до 0,3 м/с, а применение гидроамортизаторов позволяет повысить скорость перемещения рабочих органов до $0,5 \pm 0,7$ м/с при неизменной точности позиционирования $\pm 1 \pm 3$ мм.

Анализ структур цикла и компоновок показал, что значительные резервы повышения производительности автоматических линий с АМПТ лежат в сокращении холостых ходов за счет применения рациональных конструктивно-компоновочных схем АМПТ с улучшенными динамическими параметрами. Так, применение кареток с двумя питателями приводит к сокращению цикла в 2-3 раза.

В третьей главе, "Исследование точности позиционирования рабочих органов АМПТ", рассматриваются вопросы разработки методики оценки точности позиционирования АМПТ и обоснования взаимосвязи точности позиционирования и производительности АМПТ.

Поскольку одной из важнейших составляющих суммарной погрешности выхода схвата манипулятора с заготовкой в заданную область пространства является точность позиционирования рабочих органов АМПТ, предложено производить описание точности позиционирования АМПТ, используя функцию плотности многомерных законов распределения, которая для практических задач может быть записа-

на:

$$\Delta_{AM} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\partial y}{\partial p_i} \right)^2 K_i^2 \delta_i^2} \quad (1)$$

где K_i - коэффициент относительного рассеяния ошибок, вычисляемый как отношение среднеквадратического отклонения к 0,5 поля рассеяния ошибок; δ_i - половина абсолютной величины поля допуска i -ой ошибки; $\partial y / \partial p_i$ - передаточное отношение от ведомого звена к элементу, имеющему производственную погрешность; n - число погрешностей.

При этом полагается, что суммарная погрешность Δ_{AM} состоит из погрешности углового и линейного параллельного смещения заготовки. Зная статистические характеристики распределения погрешностей по координатам, можно описать область возможного положения схвата АМПТ в пространстве.

На основе результатов эксплуатационных исследований и применения метода факторного планирования экспериментов изучен механизм формирования отклонения детали в пространстве, разработаны основные схемы взаимосвязи точности позиционирования рабочих органов АМПТ и погрешности пространственного положения цилиндрической детали при загрузке ее в центры станка, получены математические модели формирования точности позиционирования рабочих органов АМПТ:

$$\begin{aligned} &\text{для каретки АМПТ} && \text{для питателей АМПТ} \\ \Delta_x = A_1 V_{0x}^\alpha G^b S^c &; && \Delta_n = A_2 V_{0n}^{\alpha_1} G^{b_1} S^{c_1} \beta^{d_1} \end{aligned} \quad (2)$$

где $A_1, A_2, \alpha, \dots, d_1$ - эмпирические величины, принимающие следующие значения:

	V_{0i} м/с	G Н	S м	β град	$A_1; A_2$	$\alpha; \alpha_1$	$b; b_1$	$c; c_1$	d_1
Каретка	$0,5 \div$	$2000 \div$	$0,3 \div 0,8$	—	$1,33 \cdot 10^{-4}$	5,931	1,219	-3,922	—
АМПТ	$\div 0,8$	$\div 2300$	$0,8 \div 2,0$		$8,8 \cdot 10^{-5}$	5,181	1,287	—	—
Питатели	$0,2 \div$ $\div 0,5$	$100 \div$ $\div 400$	$0,1 \div$ $\div 0,5$	$0 \div$ $\div 90$	3,05	2,721	0,384	1,43	0,142

Для обоснования связи производительности АМПТ с точностью позиционирования на основе метода факторного планирования экспериментов разработана модель формирования параметра потока

отказов σ_{Δ} по точности рабочих органов АМПТ при загрузке цилиндрической детали в центры станка, которая может быть представлена

$$\sigma_{\Delta} = A \Delta_K^m \Delta_n^n \quad (3)$$

где m, n - безразмерные показатели; A - коэффициент, зависящий от конструкции АМПТ.

С учетом (3) общая формула производительности АМПТ запишется

$$Q = \frac{I}{T_{AM} + t_e + \alpha_d T_B} \quad (4)$$

где T_{AM} - длительность рабочего цикла АМПТ; T_B - средняя длительность обнаружения и устранения неполадок; t_e - суммарные потери по основным элементам АМПТ.

Для выяснения функциональной зависимости производительности АМПТ от режимов загрузки изучено влияние интенсификации скорости загрузки на все составляющие затрат времени (T_{AM} , t_e , t_d).

В результате получена аналитическая зависимость производительности АМПТ от интенсификации режимов загрузки.

В четвертой главе, "Исследование динамики рабочих органов автоматических манипуляторов портального типа", на основе структурного анализа автоматических линий с фронтальным и поперечным расположением технологического оборудования обоснована взаимосвязь компоновочной схемы и эффективности линии, установлены аналитические зависимости влияния структурных характеристик АМПТ на производительность комплекса "АМПТ+СТАНОК". Разработаны основные схемы модуля "АМПТ+СТАНОК" и предложена методика выбора его рациональной компоновки и структуры цикла. При этом установлено, что рекомендуемые компоновки АМПТ целесообразно использовать для обслуживания станков с оперативным временем обработки, находящимся в пределах $14 \leq T_0 \leq 44$ с.

Проведены теоретические исследования влияния геометрических и динамических параметров рабочих органов на силовые характеристики основных групп захватных устройств (ЗУ), применительно к АМПТ. При этом разработаны основные схемы удержания детали в ЗУ, формы зажимных губок и определены аналитические зависимости для определения удерживающего момента, необходимого для устойчивого перемещения детали в пространстве. Определены зависимости для оп-

ределения допустимых ускорений торможения, при которых возможно перемещение детали в призмах неприводных ЗУ. Установлено, что усилие привода P ЗУ меняется незначительно в зависимости от угла наклона β питателя в интервале значений угла призм $\alpha = 30^\circ + 45^\circ$ при перемещении питателя. Причем, при $\beta = 0$ усилие имеет максимальное значение. Получены универсальные инженерные зависимости для определения необходимого усилия привода ЗУ, нормально работающего во всем диапазоне изменения угла β ($0+90^\circ$).

На основании анализа законов движения рабочих органов автооператоров установлено, что условиям получения высокой эффективности применения АМПТ отвечает трапециевидальный закон перемещения рабочих органов. При этом торможение целесообразно осуществлять с ускорением, близким к постоянному, а в начале и конце торможения, для повышения точности позиционирования, предпочтительно иметь участки монотонного изменения ускорения.

Определены значения рациональной установившейся скорости V_0 перемещения рабочих органов АМПТ. При этом в качестве определяющих критериев работоспособности приняты их быстродействие и энергозатраты, а в качестве целевой функции - их линейная комбинация с соответствующими коэффициентами

$$Q = \lambda_1 k_1^6 + \lambda_2 k_2^9 \quad (5)$$

где k_1 - относительные потери времени; k_2 - относительные энергозатраты; λ_1 , λ_2 - весовые коэффициенты, $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$.

Теоретически описана динамика гидропривода перемещения питателя и каретки АМПТ, разработана методика построения диаграмм, позволяющих для конкретного гидропривода АМПТ определить области динамических параметров (V_0 , a_m), для которых можно рекомендовать конкретные формы рабочих элементов тормозного устройства, осуществляющего торможение с заданным законом.

В пятой главе, "Экспериментальные исследования автоматических манипуляторов портального типа", изложена методика проведения экспериментальных исследований, описаны конструкции экспериментальных установок, аппаратура для измерения и регистрации результатов исследования, приведены результаты экспериментальных исследований. Для проведения исследований была создана установка на базе промышленного АМПТ. В соответствии с целью исследования осциллографировались и определялись следующие величины: перемещения, скорости и ускорения каретки и питателя АМПТ, давление на выходе насосной установки и в магистральных. Измерение ско-

рости перемещения производилось с помощью промышленных тахогенераторов ТМГ-30П и СЛ-161, ускорение перемещения определялось с помощью акселерометра. Для измерения давления в гидромагистралях был изготовлен комплект специальных датчиков давления.

В результате экспериментальных исследований получены осциллограммы процесса торможения рабочих органов АМПТ, осуществляемого тормозными устройствами, рабочие элементы которых выбирались по разработанной методике. На рис. 2 показаны осциллограммы торможения питателя АМПТ с помощью устройства, рабочие элементы которого не рассчитывались (рис. 2, а), и после изменения формы рабочей части золотника (рис. 2, б). На втором случае отсутствуют пики ускорения, снижена скорость подхода к жесткому упору, установившаяся скорость повышена до 0,4 м/с.

Экспериментальные исследования ЗУ подтвердили достоверность расчетных зависимостей силовых характеристик захватов АМПТ. На рис. 3 показаны теоретические (сплошные линии) зависимости необходимого усилия привода ЗУ и результаты экспериментов (точки на диаграммах). Диаграммы показывают, что зависимости необходимого усилия привода ЗУ от угла наклона питателя β (рис. 3, а) носят закономерный характер при различных углах α - призм ЗУ. При уменьшении угла β плавно увеличивается усилие привода P , причем, тем сильнее, чем больше угол α или модуль ускорения при торможении (рис. 3, б). Например, для симметричных губок при $\beta = 0$, при перемещении питателя АМПТ (на рис. 3, б обозначено П), при $a_n = 5,0 \text{ м/с}^2$ $P \alpha = 30^\circ = 125 \text{ Н}$; $P \alpha = 45^\circ = 165 \text{ Н}$; $P \alpha = 60^\circ = 225 \text{ Н}$.

Для несимметричных, плоско-призматических губок, например, эти зависимости (пунктирные линии на рис. 3, а) выражены резче.

На основе экспериментальных исследований точности позиционирования рабочих органов разработанной конструкции АМПТ с применением метода факторного планирования экспериментов получена обобщенная характеристика

$$\begin{cases} \Delta_{\Delta n} = f(V_0, G, S, \beta) \\ \Delta x_{\Delta} = f(\Delta n, \Delta x) \end{cases}, \quad (6)$$

которая может быть использована при выборе рациональных условий загрузки станков, обеспечивающих необходимую точность конечных перемещений рабочих органов АМПТ, а также для прогнозирования возможной точности позиционирования АМПТ.

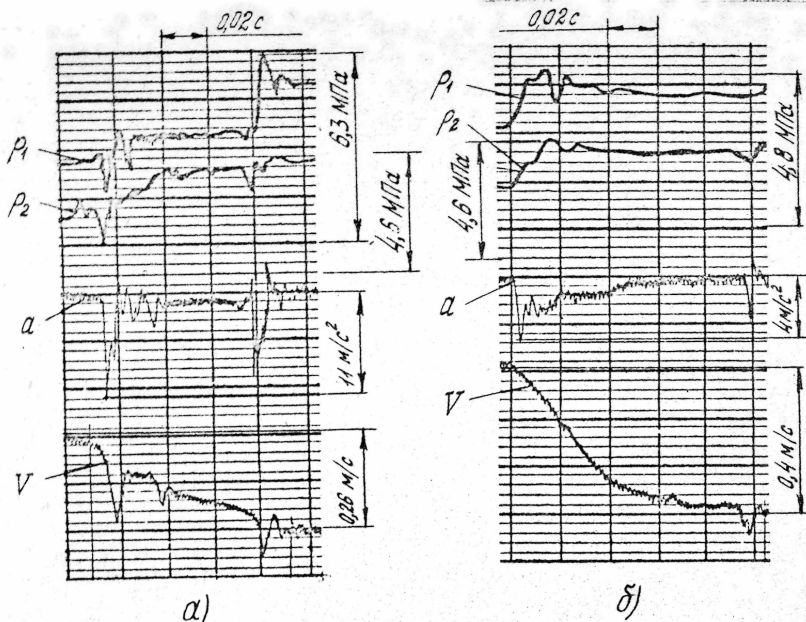


Рис. 2. Осциллограммы торможения питателя АМПТ:

P_1, P_2 - давление в напорной и сливной полостях;
 V, a - скорость и ускорение торможения питателя;

В шестой главе, "Рекомендации по проектированию и расчету автоматических манипуляторов портального типа", изложен общий алгоритм последовательности выбора и расчета основных параметров АМПТ.

С учетом выполненных исследований изложена методика выбора и расчета типового АМПТ, рекомендуемого для встройки в автоматическую линию механообработки деталей типа валов весом до 50 ± 100 Н с поперечным расположением станков и боковой трассой транспортного потока. На ее основе производится выбор рациональной компоновки АМПТ с учетом оперативного времени лимитирующего станка в линии, определяются параметр потока отказов по точности и допустимая точность позиционирования рабочих органов АМПТ, производится выбор и расчет геометрических и силовых параметров ЗУ,

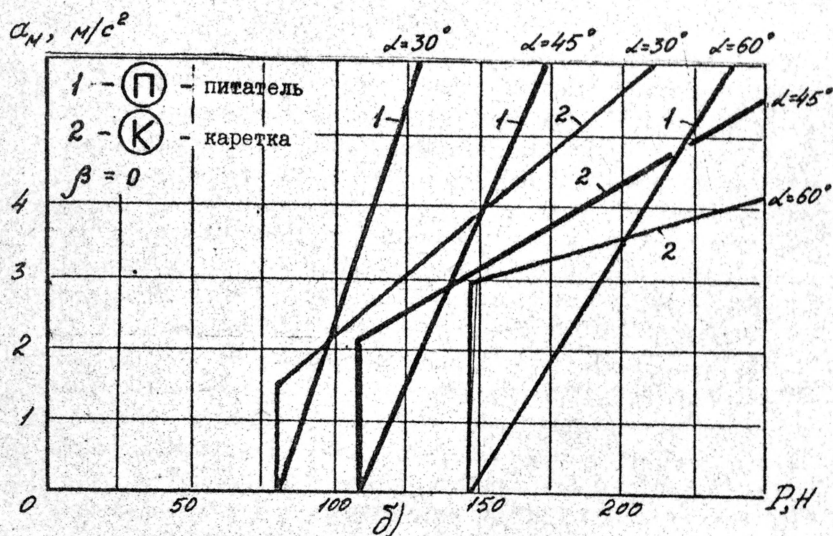
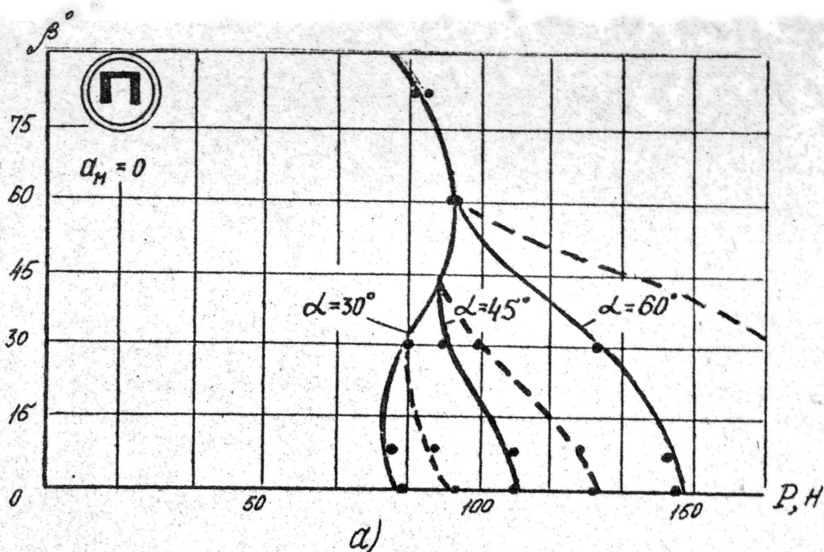


Рис. 3. Конструктивно-динамические характеристики захватных устройств АМТТ

выбирается рациональная скорость перемещения рабочих органов и соответствующая точность конечных перемещений, определяются формы рабочих элементов и рассчитываются устройства для эффективного торможения:

О С Н О В Н Н Е В Ы В О Д Ы

1. Производительность технологических комплексов "АМПТ+СТАНОК" в большой степени зависит от их структурно-компоновочных характеристик ($T_{\Delta n}$, α_i , ε , T_0), определяющих условный коэффициент производительности η' , а также от показателей надёжности (ω_i , $T_{\Delta i}$) основных функциональных элементов, формирующих коэффициент технического использования η_{tex} системы.

2. Основной причиной отказов в работе АМПТ являются обратимые, циклически действующие факторы, а из всех простоев, связанных с работой АМПТ, 40-50 % приходится на устройства, обеспечивающие стабильность точности позиционирования рабочих органов.

3. Сокращение потерь по точности позиционирования t_{Δ} приводит не только к увеличению производительности АМПТ $Q_{\Delta n}$, но и к соответствующему изменению коэффициента интенсификации X режимов загрузки, обеспечивающему новый максимум производительности.

4. Основными путями повышения производительности технологических комплексов "АМПТ+СТАНОК" являются конструктивные мероприятия, позволяющие сократить несовмещённые элементы цикла работы АМПТ за счёт осуществления ускоренного перемещения рабочих органов по закону, близкому к трапециевальному и применения демпфирующих устройств, обеспечивающих торможение с постоянным ускорением при обеспечении требуемой точности позиционирования.

5. Оптимальные геометрические параметры рабочих элементов тормозного золотника и гидроамортизатора, выбранные и рассчитанные по предложенной методике, позволили повысить установившуюся скорость перемещения рабочих органов экспериментального манипулятора портального типа с $0,2 \pm 0,3$ м/с до $0,5 \pm 0,75$ м/с и снизить опасные пики ускорения при торможении с 8 ± 9 м/с² до 4 ± 5 м/с² с сохранением стабильной точности позиционирования рабочих органов АМПТ в пределах $\pm 1,0 \pm \pm 3,0$ мм.

6. На устойчивое положение заготовки во время перемещения

её в призмах как открытых (неприводных), так и приводных захватных устройств ЗУ существенное влияние оказывают форма призм ЗУ, расположение относительно траектории движения, ускорение при торможении. В интервале значений угла призм ЗУ, равном $\alpha = 30^\circ + 45^\circ$ угол наклона питателя к вертикали β не оказывает существенно влияние на силовую характеристику привода ЗУ, а наибольшее значение допустимого ускорения при торможении рабочих органов АМПТ с сохранением устойчивого положения детали в призмах неприводного ЗУ обеспечивают симметричные губки с: $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 90^\circ$ - при перемещении питателя; $\alpha = 60^\circ$ и $\beta = 0^\circ$ - при перемещении каретки АМПТ; при этом в первом случае возможное ускорение $a_y = 16,6 \text{ м/с}^2$, а во втором - $5,44 \text{ м/с}^2$.

7. Точность позиционирования (Δ_k, Δ_n) рабочих органов для исследованных АМПТ, в общем случае, зависит от скорости перемещения рабочего органа V_k , веса перемещаемых масс G и пути перемещения S_k . Причём, при позиционировании каретки АМПТ величина пути перемещения $S_{ок}$ оказывает влияние на точность Δ_k только в диапазоне перемещений $0,3 \leq S_{ок} \leq 0,6 \text{ м}$, а при $0,8 \leq S_{ок} \leq 2,0 \text{ м}$ это влияние не существенно. При позиционировании питателя АМПТ на точность позиционирования Δ_n влияет также угол наклона питателя к вертикали β .

8. Разработана общая инженерная методика проектирования и расчёта АМПТ.

9. Годовой экономический эффект от полного внедрения и использования в производстве разработанных АМПТ при автоматизации процессов механообработки полусей эскалаторов типа "ЭТ" на ЛПО "ЭСКАЛАТОР" им. Котлякова (г. Ленинград) составляет восемьдесят тысяч рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Игнатьев А.А. Исследование погрешности позиционирования автоматических манипуляторов портального типа. - Известия вузов. Машиностроение, 1983, № 3, с. 50 - 55.

2. Усов Б.А., Игнатьев А.А. Выбор и расчёт основных параметров захватных устройств манипуляторов портального типа. - Известия вузов. Машиностроение, 1983, № 2, с. 106-110.

3. Усов Б.А., Игнатьев А.А. Эксплуатационные исследования

надёжности поратльных загрузочных устройств автоматических линий.-Известия вузов. Машиностроение, 1982, № 8, с. 133-139.

