



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Информационное обеспечение автоматизированных
технологических комплексов»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплинам

**«Транспортно-накопительные
системы»**

**«Средства механизации и
автоматизации
технологических процессов в
машиностроении»**

Автор
Шишкарёв М.П.

Ростов-на-Дону, 2014



Аннотация

Рассмотрены вопросы, связанные с использованием робототехнических комплексов и их компоновочными решениями в автоматизированном производстве. Приведены примеры основных компоновочных схем комплексов, порядок выполнения работы.

Для студентов 4 курса очной и заочной форм с нормативным и сокращенным сроком обучения по направлению 151900 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль подготовки «Металлообрабатывающие станки и комплексы».

Автор

д.т.н., доцент, профессор, зав. кафедрой
«Адаптивные системы автоматического управления
механического типа» Шишкарев М.П.





Оглавление

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ.....	4
Введение	4
1. Значение робототехники и ее задачи	4
2. Основные типы роботизированных технологических комплексов	7
3. Принципы построения и этапы проектирования роботизированных технологических комплексов.....	8
4. Автоматизация производственных участков и цехов.....	12
5. Современные тенденции развития и основные направления роботизации.....	13
Литература	18
Выбор загрузочно-транспортного устройства	19
Введение	19
1. Цель и задачи работы.....	19
2. Бункерные загрузочные приспособления и расчет их параметров	19
Литература	43
Приложения	44
РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ И РОТОРНО-КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ	49
Введение	49
1. Цель и задачи работы.....	49
2. Особенности и технико-экономические преимущества роторных машин и автоматических роторных линий.....	49
3. Критерии оценки эффективности применения АРЛ и АРКЛ	52
4. Методика расчета эффективности применения АРЛ и АРКЛ	54
5. Структура, порядок выполнения, оформление и сдача работы	58
Литература	60
ПРИЛОЖЕНИЕ	61



ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Введение

В связи с наметившейся в настоящее время тенденцией к переходу на многономенклатурное серийное производство изделий на первый план выступает задача совмещения высокой гибкости технологического оборудования с высокой производительностью. Эта задача может быть успешно решена за счет внедрения гибких производственных систем на основе типовых роботизированных технологических комплексов (РТК). Весьма важным представляется оптимизация компоновочных решений РТК при помощи выбранных критериев, обеспечивающая наибольшую производительность и минимальную себестоимость.

1. Значение робототехники и ее задачи

Снижение себестоимости продукции за счет автоматизации технологических процессов, сокращение численности работающих и повышение производительности труда — это постоянная актуальная проблема, стоящая перед любой отраслью промышленности.

Современное противоречие производства заключается в том, что с одной стороны требуется непрерывный рост производительности труда, традиционно обеспечивающийся специализированным и высокоавтоматизированным оборудованием, с другой стороны — необходимость частой смены моделей машин и расширение номенклатуры деталей с малыми сериями выпуска, требующие универсального оборудования.

Это противоречие и потребовало создания гибкого производства, обеспечивающего автоматизацию многономенклатурного мелкосерийного производства. Традиционные средства механизации к автоматизации с их жесткой технологической оснасткой не удовлетворяют требованиям гибкого производства. Такие задачи гораздо легче решаются путем применения многофункциональных легко переналаживаемых робототехнических систем, обслуживающих станки с ЧПУ. Таким образом, станки с ЧПУ, промышленные роботы и манипуляторы, управляющие системы на



Технология машиностроения

базе ЭВМ являются технической основой гибких производственных систем (ГПС).

Как показывает опыт, групповое применение роботов в технологических линиях позволяет во много раз увеличить производительность. При этом существенно экономятся трудовые ресурсы, поскольку около половины всех работ заняты ручным трудом. При единичном применении системы робот-станок этот эффект значительно ниже. При использовании роботов, исключающих участие человека в производстве, облегчается переход; на двух- и трехсменную работу, что существенно повышает и степень использования всего технологического оборудования. При этом упрощаются требования к помещениям цехов, т. е. исключается необходимость создания комфортности, освещенности и пр.

На роботизированных участках существенно повышается ритмичность производственного процесса, так как при роботизации цеха меняется и сонорное оборудование на более производительное, что приводит к сокращению площадей.

Значительно снижается стоимость работ в экстремальных условиях. Например, безлюдная работа в шахтах снимает вопрос обеспечения безопасности и удешевляет все рабочие процессы в горнодобывающей промышленности.

Роботизация производства представляет собой комплексную проблему. Робототехника предъявляет повышенные требования к механизмам манипуляторов, приводов, датчикам обратной связи, к датчикам осязания, микропроцессорной технике, а также к вопросам математического программного обеспечения.

Чем разнообразней номенклатура изделий, тем сложнее задача роботизации, тем важнее использование свойств многофункциональности роботов и тем в большей степени требуются адаптивные роботы.

Социальное значение широкого применения робототехники во всех отраслях народного хозяйства трудно переоценить. Так, число людей, работающих на роботизированной линии, уменьшается в несколько раз, и они заняты лишь наладкой и переналадкой линии и наблюдением за ее работой, т. е. характер труда работающих меняется коренным образом. При этом резко повышается культура труда.

Легко автоматизируется труд контролеров, конструкторов, чертежников при общей роботизации производства. Роботу не обязательно изготавливать детали и производить сборку по чертежам.



Технология машиностроения

Он может это делать непосредственно по цифровым программам, полученным в системе автоматизированного проектирования, минуя этапы создания чертежей и технологических карт.

Освобождение человека от ручного нетворческого труда способствует переходу к более интересной интеллектуальной деятельности. Это благоприятно сказывается на развитии человека, повышении его квалификации и общей культуры.

Большое социальное значение робототехники состоит не только в повышении культуры производства, но и в оздоровлении условий труда: замена ручного труда машинным с участием роботов и манипуляторов ликвидирует производственный травматизм и многие профзаболевания.

С появлением робототехники можно связать новый этап научно-технической революции. Используя механику, кибернетику и вычислительную технику, работ в одной машине осуществляет объединение выполнений всех трех функций человека в его трудовой деятельности: восприятие внешней среды с помощью «органов чувств» (технические средства очувствления робота), «обдумывание» и принятие решения (микропроцессорный «мозг» робота), активное воздействие на внешнюю среду своими «руками» (манипуляторы робота). Это и составляет принципиальную новизну машин-роботов и определяет современные новые возможности комплексной автоматизации производства.

Создание роботизированных производств требует развития двух основных направлений:

- разработка новых технологий, оборудования и производства в целом, основанных на применении роботов;
- роботизация действующих производств и объектов.

Первое ведущее направление выливается в большую комплексную проблему, охватывающую все отрасли промышленности. Для решения этой проблемы требуется создание новых технологий и нового оборудования, рассчитанного уже не на человека, а на робота, а также разработка принципов организации и управление для целиком роботизированных предприятий. Последнее имеет иерархическую структуру с автоматическим управлением внизу и переходом на автоматизированное управление на верхних уровнях управления.

Суть, второго направления состоит в применении промышленных роботов на действующих производствах с учетом реальных ограничений, но и, одновременно, с модернизацией. В настоящее время именно второе направление является основным при



создании роботизированных производств в плане технического перевооружения и реконструкции народного хозяйства.

2. Основные типы роботизированных технологических комплексов

Промышленные роботы (ПР), призванные заменить ручной труд человека машинным, являются принципиально новым технологическим средством, позволяющим завершить комплексную автоматизацию производства и придать последнему возможность гибкой системы, перенастраиваемой на различные технологии и изготавливаемые изделия.

Снабженные роботами технологические ячейки, участки, линии именуются роботизированными технологическими комплексами.

Классификация РТК по типу роботизированного подразделения основывается на количественной характеристике выполняемых комплексом технологических операций [1]. Простейшим типом РТК является роботизированная технологическая ячейка (РТЯ). В ней выполняется минимум основных технологических операций. При этом число единиц технологического оборудования и ПР в составе РТЯ невелико, но строго оно не регламентируется.

Более крупным роботизированным комплексом является роботизированный технологический участок (РТУ) (рис. 1, 2, 3). Он характеризуется выполнением нескольких основных технологических операций, которые объединены этим участком технологически, конструктивно или организационно. Если осуществляется технологическая связь операций, то такой комплекс представляет собой роботизированную технологическую линию (РТЛ).

Простейший РТУ может включать несколько единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним ПР (неподвижным с размещением оборудования вокруг него или подвижным, перемещающимся вдоль оборудования). Следующим по сложности РТУ является участок, включающий несколько единиц технологического оборудования и обслуживаемых их одинаковых ПР. Дальнейшим усложнением РТУ будет совместная работа на участке ПР различных типов. Большой системой РТК является цех, состоящий, например, из нескольких РТУ, автоматизированных складов и связывающих их транспортных ПР. Пределом развития роботизированного производства является комплексно-роботизированный завод.



3. Принципы построения и этапы проектирования роботизированных технологических комплексов

При разработке РТК возможны две задачи. Первая — создание РТК для вновь организуемого производства, вторая — построение РТК для уже действующего производственного процесса. Первая задача позволяет получить наиболее эффективное решение. При решении второй — необходимо учитывать многочисленные ограничения, том не менее именно вторая задача является наиболее эффективной в деле покушения эффективности народного хозяйства.

Основной структурной единицей любого РТК, как уже было сказано, является РТЯ. Поэтому разработка РТК начинается с отдельных РТЯ.

Прежде всего, необходимо оценить степень подготовленности обрабатываемого изделия для автоматизации производства. Определяется необходимость создания ориентирующих и подающих устройств. Выполняется систематизация деталей по конфигурации, числу осей и плоскостей симметрии, физико-техническим свойствам.

На основании этих признаков основная масса заготовок по методам ориентации в загрузочных устройствах может быть разделена на три класса.

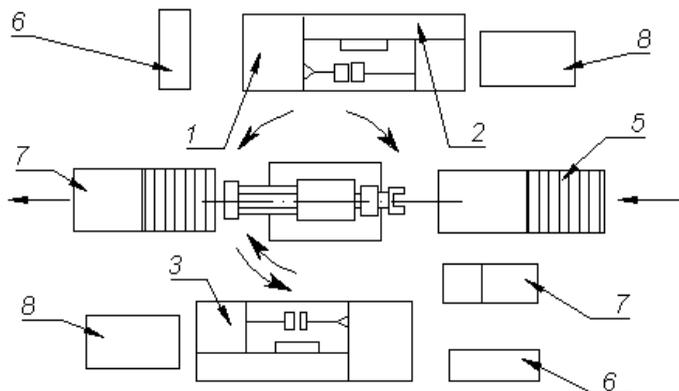
Первый класс — это детали простой формы, для которых операции ориентации, базирования и транспортирования легко автоматизируются с помощью известных технических решений.

Второй класс составляют детали средней сложности. Они требуют разработки специальных устройств ориентации и подачи.

Третий класс объединяет детали, из-за сложности которых автоматическая ориентация и подача их с помощью специальных устройств нецелесообразны.

В зависимости от того, к какому классу относятся рассматриваемая деталь, определяется в тип требуемого промышленного робота. Если деталь относится к первому или второму классу, и, следовательно, возможна ее автоматическая поштучная подача с требуемой ориентацией, то в составе такой РТЯ могут быть использованы жестко программируемые роботы первого поколения. Если детали относятся к третьему классу, необходимо использовать адаптивные роботы, способные распознавать и брать неориентированные изделия. В некоторых случаях сложные детали целесообразно формировать в магазины с помощью человека.

Устройства, подающие детали поштучно и с заданной ориентацией, в рамках РТЯ относятся к вспомогательному оборудованию



Типовая деталь

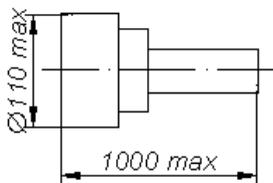


Рис. 1. Компоновка РТК кругового типа:

1 – ПР мод. СМ40Ц.40.11; 2 – фрезерно-центровальный станок мод. МР-71; 3 – токарный станок мод. 1А730; 4 – накопитель деталей периодического действия; 5 – накопитель заготовок периодического действия; 6 – устройство ЧПУ станка (2 шт.); 7 – устройство ЧПУ ПР; 8 – электрошкаф (2 шт.).

и делятся на два класса: магазинные и бункерные. В магазинные устройства изделия закладываются вручную или укладочным механизмом, после чего их поштучная подача осуществляется автоматически. Бункерные устройства предназначены для захвата насыпанных навалом заготовок и выдачи их поштучно в ориентированном положении. Наиболее широкое применение в РТЯ нашли дисковые фрикционные и вибрационные бункерные устройства.

В результате анализа степени подготовленности обрабатываемого изделия к автоматическому производству



определяют вид вспомогательного оборудования и типы роботов, которые целесообразно использовать в разрабатываемых РТЛ. Эти данные являются исходными для перехода к решению задачи выбора оптимальной компоновки РТЯ.

Рассмотрим вопросы выбора компоновок РТЛ на примере комплексов механической обработки изделий на металлорежущих станках с ЧПУ, обслуживаемыми роботами, выполняющими грузочно-разгрузочные операции.

Для каждой предполагаемой компоновки выбирают тип ПР и составляют циклограмму установки инструмента и детали.

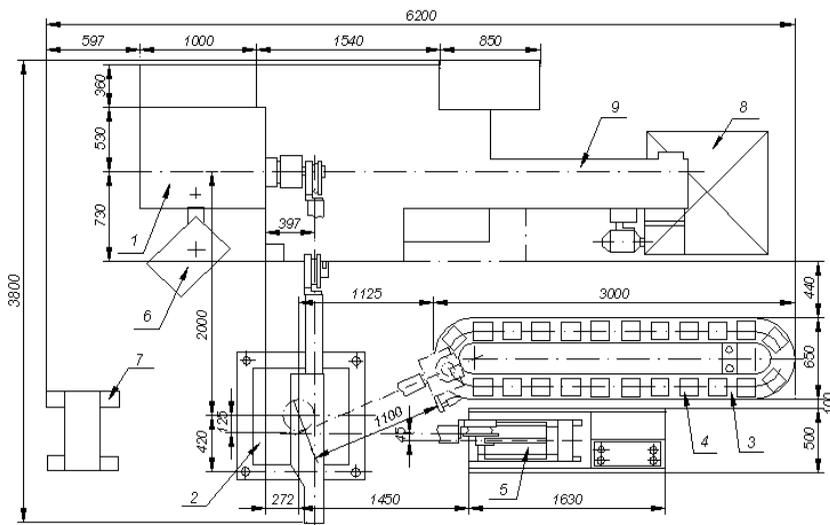
По рассмотренной методике можно определить компоновочные схемы РТЯ и при использовании в них другого оборудования. Методика не претендует на универсальность, так как в других случаях могут применяться иные оценочные параметры.

Следующими по сложности типами роботизированного комплекса является роботизированный технологический участок и цех. При разработке таких РТК наиболее сложная задача состоит в определении их структуры. Под структурным синтезом РТК понимается определение его составных элементов, связей и функций, а также выбор реализующих их технических средств. При этом, прежде всего разбивают участок на типовые РТЯ и определяют тип уравнения РТК. Ввиду сложности и неоднозначности этого этапа, его решение выполняется с использованием ЭВМ.

Варьируя структуру РТК (например, путем замены нескольких простых роботов одним более сложным и т. п.) и определяя каждый раз эффективность, выбирают наилучший вариант. Необходимо, чтобы подсистема автоматизированного проектирования РТК позволяла также определить капитальные затраты на реализацию определенной структуры РТК, оптимальную схему обслуживания подвижным роботом нескольких единиц технологического оборудования по минимуму его простоев и др.

Рис. 2. РТК на базе токарного станка с ЧПУ мод. 1720ПФ30:

1 – станок с ЧПУ мод. 1720ПФ30; 2 – встроенный в станок ПР



мод. М10П62.01 или ПР напольного типа мод. М20П40.01; 3 – тактовый стол типа СТ220; 4 – платформы тактового стола; 5 – инструментальный магазин барабанного типа; 6 – устройство ЧПУ станка; 7 – устройство ЧПУ ПР типа «Контур-1»; 8 – тара для стружки; 9 – стружечный конвейер

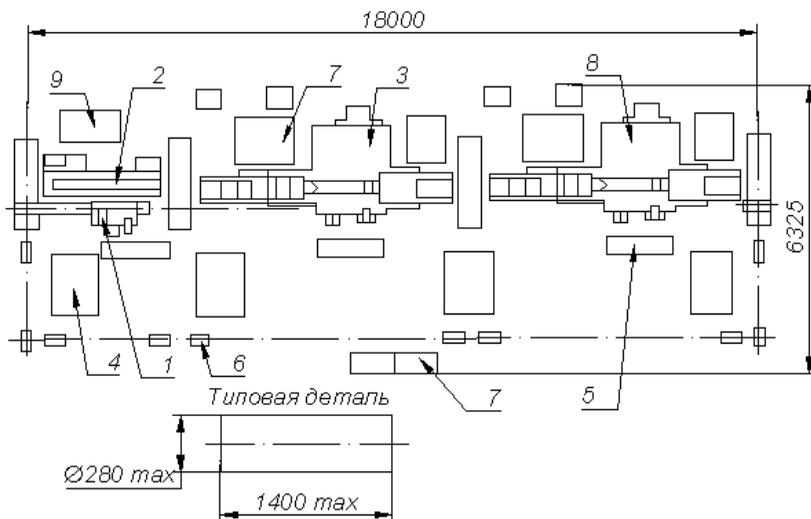
Задача выбора структуры РТК упрощается при максимальном использовании типовых РТЯ. При этом синтез структуры сводится к компоновке комплекса из типовых ячеек и объединением их общей системой управления.

4. Автоматизация производственных участков и цехов

Роботизированные цеха и участки отличаются от РТЯ наличием транспортной системы и единой системы управления, связывающие отдельные ячейки, автоматизированные склады и другие элементы комплекса в единую систему. Такие крупные комплексы имеют помимо локальных систем управления технологическим оборудованием более высокие уровни управления для решения задач программирования и оперативного-календарного планирования (сменного, суточного, недельного и т. д.) работы комплекса.

Рис. 3. Комплекс мод. АСВР-07:

1 – ПР мод. УМ160Ф2.81.014; 2 – центродоводочный станок мод. МА3926; 3 – шлифовальный станок мод. ЗМ163Ф2 (2 шт.); 4 – магазин (4 шт.); 5 – позиция контроля промежуточная (3 шт.); 6 – система



светозащиты; 7 – устройство ЧПУ ПР (2 шт.); 8 – станция СОЖ (2 шт.); 9 – гидростанция (3 шт.).

На компоновку РТК влияют вид реализуемого технологического процесса, состав оборудования, особенности организации данного производства, характеристики промышленных роботов и т. п. Для технологических процессов с малым циклом обработки используются схемы линейной компоновки. В отдельных случаях межоперационная транспортная система может отсутствовать, а передача предметов производства от одной ячейки к другой осуществляется непосредственно входящими в них роботами.



Подобные комплексы могут иметь как централизованное, так и децентрализованное управление. Все ячейки комплекса работают синхронно, обеспечивая заданную последовательность рабочих и холостых ходов. Такие линии с прямой жесткой связью между ячейками наиболее просты и имеют наименьшую стоимость.

В приведенных выше примерах рассматривались комплексы, в которых ПР выполняют вспомогательные операции по обслуживанию основного технологического оборудования.

Высшей формой комплексно-автоматизированного производства является предприятие, оснащенное АСУ. Основными составляющими такого производства являются типовые роботизированные и автоматизированные технологические ячейки, объединенные в участки, автоматизированные склады (материалов, полуфабрикатов, готовых изделий, инструмента и т. п.), внутрицеховые и межцеховые транспортные системы, системы технической диагностики оборудования и качества продукции, системы автоматизированного проектирования выпускаемых изделий и специальных средств производстве, наконец, системы автоматизированной разработки технологических процессов, планирования производства и программирования.

5. Современные тенденции развития и основные направления роботизации

В настоящее время уже очевидны новые принципиальные возможности робототехники в завершении комплексной автоматизации производства, в создании гибких легкопереналаживаемых технологических участков, в построении трудосберегающих производственных процессов, полностью автоматизированных цехов и заводов.

Одна из основных задач — это интенсификация народного хозяйства, увеличение выпуска продукции на существующих площадях при одновременном уменьшении числа людей, занятых в производстве. Вместе с тем, существует задача осуществления гибкой переналадки производства на новые технологические процессы и изделия. Для решения таких фундаментальных задач необходимы коренная реконструкция и техническое перевооружение производства на базе комплексной механизации и автоматизации с введением многофункциональных переналаживаемых и перепрограммируемых машин и технологических линий, в основном, с числовым программным обеспечением и с управлением от ЭВМ.



Технология машиностроения

Новое производство невозможно создавать да прежней основе. Оно должно базироваться на новых принципах комплексной механизации и автоматизации о еще более широким применением робототехнических средств. При этом надо учитывать возможность работы роботов в некомфортных условиях, что позволяет целесообразным образом менять конструкции машин и производственных линий. Так, робот может одинаково успешно действовать на полу, стене, под потолком, со светом и без него, в душном и шумном пространстве, в агрессивной среде, у горячих объектов, в вакууме, под водой и т. п.

При изготовлении и сборке небольших изделий отдельные технологические операции могут производиться в ячейках, расположенных на стене, как пчелиные соты. Роботы же, совершая вспомогательные операции загрузки, выгрузки и переноса деталей, а также и основные сборочные операции, могут автоматически в соответствии с программой перемещаться вдоль ячеек по горизонтали и вертикали. Программа при необходимости может быстро изменяться или автоматически адаптироваться к многономенклатурной продукции.

Крупные изделия можно обрабатывать и собирать без перемещений, обслуживая их снизу, сверху, с боков и изнутри с помощью группы роботов, действия которых согласуется центральной системой управления.

Опыт говорят о большой выгоде не одиночного, а именно группового применения роботов в технологических линиях. При этом упрощается техническое обслуживание (один оператор-наладчик на несколько роботов), резко увеличивается производительности при значительном уменьшении числа работающих, появляется возможность совместного управления роботами и технологическим оборудованием с помощью меньшего числа ЭВМ, появляются возможности быстрого перехода на более высокую технологию я новые изделия.

Эти положения оказывают решающее влияние на дальнейшее развитие робототехники и роботизированного производства.

Все ускоряющимися темпами будут роботизироваться все виды тяжелых, вредных и вспомогательных операций. В этой проблеме много еще нерешенных вопросов, как технологических, так и вопросов создания необходимых роботов, в том числе с различными средствами очувствления и адаптивного управление на базе микропроцессорной техники.



Технология машиностроения

Быстрыми темпами будет развиваться роботизация и основных технологических операций, таких, как сварка, окраска, где также много ручного труда. Ликвидация такого труда имеет большое экономическое и социальное значение. Автоматизация таких технологических операций в еще большей степени требует создания и серийного производства средств очувствления адаптивных роботов, в том числе с техническим зрением и с распознаванием предметов, как по заданным признакам, так и по эталону.

Важнейшую роль будут играть организация серийного производства датчиков очувствления, микропроцессорных устройств и других комплектующих изделий, которые должны удовлетворять новым требованиям робототехники.

Очень остро стоит вопрос об ускорении создания и производства электромеханических роботов, что требует серийного производства электроприводов, механизмов передач, управляющих устройств с внутренними обратными связями и импульсными датчиками, облегчающими управление от ЭВМ.

Вместе с тем, большого совершенствования требует и принимаемая сейчас в работах гидравлика и пневматика, без которых в ряде случаев нельзя обойтись.

Важным объектом роботизации будет и другая сфера производственной деятельности: проектирование как самих изделий, так и технологических процессов их производства. Непосредственная увязка процесса проектирования изделия с процессом производства приведет к тому, что во многих случаях отпадет этап изготовления и хранения чертежей. Задание на работу робототехнической технологической линии может поступать в нее из системы автоматизированного (или автоматического) проектирования непосредственно в виде цифровых программных документов на магнитных лентах, дисках, других носителях информации, на которых они хранились. С этих же программных документов можно на автоматическом графопостроителе сделать чертеж или технологическую карту.

На такой основе можно осуществить почти полностью автоматизированные конструкторско-технологические бюро с передачей программной документации в цех.

На роботизированных технологических линиях должны существовать связи, как между этими линиями, так и со складами деталей и инструментов. Для этого нужны роботизированные транспорты средства, как в виде подвесных движущихся устройств,



Технология машиностроения

ленточных и пр., так и в виде колесных или иных напольных тележек, которые автоматически передвигались он по требуемым адресам. При этом автоматические манипуляторы должны по сигналам загружать их или снимать детали или инструмент для автоматической установки на рабочие места или складские ячейки. Должны предусматриваться устройства, предотвращающие столкновения с препятствиями, аварийный останов и другие меры безопасности.

В сложных и разнообразных условиях современного производства требуются новые средства и метода управления, включая элементы искусственного интеллекта. Это означает наличие развитой системы очувствления робота (манипуляционных, мобильных, информационных и управляющих), включая искусственное зрение системы автоматического распознавания образцов с построением цифровой модели среды в «мозгу» робота, системы сравнения этой модели с заложенной в память робота, систем автоматической выработки на этой основе и принятия роботом решений.

Во всем этом чрезвычайно велика роль микропроцессорных вычислительных и логических устройств, а также математического обеспечения.

Сложность задач такова, что экспериментальная часть исследований в этих проблемах играет главную роль. Для их осуществления требуется создание многомашинных ЭВМ, исследовательских комплексов для моделирования и оптимизации процессов, связанных с элементами обработки сенсорной информации, искусственного интеллекта и формирования адаптивного управления.

Подобие исследовательских комплексов будет основным средством перспективных исследований и средством выработки путей развития робототехнических систем.

Для использована таких систем в экстремальных условиях, где человек способен контролировать и управлять лишь издали, целесообразным направлением развития в этой области будет сокращение функций копирующих и полуавтоматических манипуляторов при возрастании роли дистанционно управляемых роботов. Будут создаваться и полностью автономные роботы с искусственным интеллектом, которые смогут самостоятельно действовать в тяжелых условиях, например, в шахтах, воде и т. п.

Робототехника будет все активнее внедряться и в другие сферы человеческой деятельности: науку, медицину, торговлю, предприятия бытового обслуживания, питания, домашний быт. Развитие элементов



Технология машиностроения

искусственного интеллекта делает роботы активными помощниками человека во всех областях деятельности.

В принципе робототехника призвана автоматизировать все действия рутинного для человека характера. При этом речь идет не только о двигательных функциях, но и об умственной работе.

Поэтому, понимая робототехнику в широком смысле слова как создание системы, имитирующих двигательные и интеллектуальные действия человека, нужно иметь в виду не только чисто манипуляционные роботы, но и робот-информатор, библиотекарь, диагностик, продавец и т. д., другими словами «робот-специалист».



ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов Ю.Д., Бобриков З.П., Гончаренко З.Н. и др. Робототехника. — М.: Машиностроение, 1984. — 285 с.
3. Жданович В.Ф., Гай Л.Б. Комплексная механизация и автоматизация в механических цехах. — М.: Машиностроение, 1976. — 281с.
4. Исследования принципов построения систем управления гибкими производственными системами. Отчет по НИР ВНТИЦ. Харьков, 1984.
5. Ганин В.Б., Козлов А.И. Повышение гибкости автоматических линий из агрегатных станков. Станки и инструмент, 1990.
6. Ветко А.К., Калинин В.В. Формирование структуры технологического процесса обработки корпусных деталей на переналаживаемых автоматических линиях. Станки и инструмент, 1990.
7. Эффективное применение режущего инструмента, оснащенного синтетическими сверхтвёрдыми материалами и керамикой, в машиностроении. Метод. рекомендации. — М.: ВНИИТОМР, 1986.



ВЫБОР ЗАГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО УСТРОЙСТВА

Введение

Автоматизация операций загрузки технологического оборудования играет значительную роль в деле повышения производительности труда и точности обработки деталей. Высвобождая человека, автоматические загрузочные приспособления позволяют оптимально использовать технические возможности металлорежущих станков и сборочного оборудования. Наиболее совершенными являются бункерные загрузочные приспособления, которые сводят к минимуму и значительно упрощают процесс заполнения накопителей заготовками или деталями.

1. Цель и задачи работы

Цель работы — ознакомление студентов с различными конструкциями загрузочно-транспортных устройств, последовательностью их расчета и закрепление полученных теоретических знаний.

Задачи работы:

- освоить методики расчета и проектирования бункерных загрузочных приспособлений различных типов;
- приобрести навыки выбора необходимого типа бункерного загрузочного приспособления в зависимости от конструктивных особенностей загружаемых деталей и требований производства.

2. Бункерные загрузочные приспособления и расчет их параметров

В бункерных загрузочных приспособлениях запас деталей размещается в емкостях (бункерах) коробчатой формы. Из емкости (бункера) детали поступают в накопитель в ориентированном положении. Бункерные загрузочные приспособления применяют для загрузки станков различными деталями: поршневыми пальцами, шкворнями, втулками, кольцами, клапанами, болтами, винтами, гайками, колпачками и т. д.

Бункер — это емкость (тара), которая служит для размещения штучных заготовок или деталей. В емкостях бункерных загрузочных устройств имеется плоскость DK обрушения (рис. 1), которая

пересекает поверхность AB в зоне бункера под некоторым углом β . Плоскостью обрушения называют такую плоскость, по которой происходит обрушение материала при удалении стенки AD бункера. Расстояние между точками A и K вычисляется по формуле

$$x = h / \operatorname{tg} \beta,$$

где $\beta = (\varphi/2) + 45^\circ$ — угол, заключенный между плоскостью обрушения DK и дном DC емкости бункера, град; φ — угол между плоскостью естественного откоса DM и дном DC емкости бункера, град; h — высота емкости бункера для загрузки штучными деталями металлорежущих станков; принимают $h = m/4$ (m — длина емкости бункера), мм.

В емкости бункера имеется плоскость DM естественного откоса. Плоскостью естественного откоса называют плоскость, по которой располагают детали, загружаемые в емкость кучей (навалом).

Детали, размещаемые между плоскостью обрушения DK и вертикальной стенкой AD емкости бункера, образуют клин ADK , который давит на стенки бункера.

Вертикальное давление p_y (см. рис. 1) на горизонтальную плоскость, находящуюся на расстоянии y от верхней плоскости AB загрузки бункера сыпучими материалами, определяется как гидростатическое давление:

$$p_y = qy,$$

где q — давление сыпучего материала, МПа.

Горизонтальное (боковое) давление на вертикальную плоскость емкости бункера на расстоянии y от верхней плоскости AB определяется как результат действия клина, нагруженного весом Q :

$$p_x = R p_y = R q y.$$

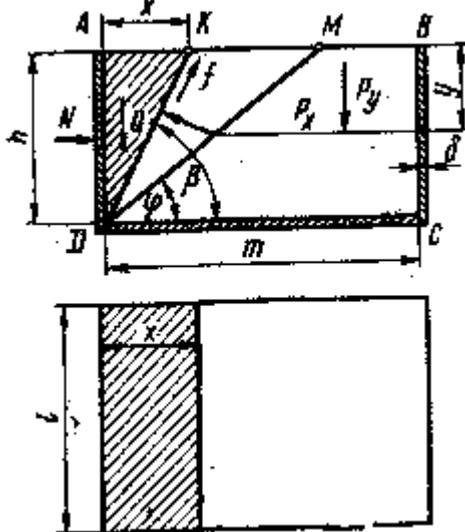


Рис. 1. Схема расположения сил, действующих на стенки корпуса бункера



Технология машиностроения

Следовательно, горизонтальное давление p_x пропорционально вертикальному давлению p_y на определенной высоте и составляет его часть, определяемую коэффициентом R :

$$R = (1 - \sin \varphi) / (1 + \sin \varphi).$$

Полное давление (N), действующее на вертикальную стенку бункера

$$N = 0,5h^2Rq.$$

Толщина стенок бункера

$$\delta = 0,15Q + 1.$$

По конструкции бункеры бывают с одной емкостью для размещения и выдачи запаса деталей. Одну емкость — предбункер — используют для размещения основного запаса деталей, а вторую — собственно бункер — для выдачи деталей на станок. Детали из предбункера в бункер перемещаются под действием собственного веса.

Обычно емкость бункерного загрузочного приспособления во время работы неподвижна, но встречаются бункерные загрузочные устройства с вращающимися бункерами.

Бункера изготавливают литыми из чугуна и алюминия или сварными из листовой стали. Объем бункера (его емкости, см^3) зависит от количества деталей, требуемых для бесперебойной работы загрузочного устройства в течение заданного промежутка времени:

$$V_6 = V_d T / t_{\text{шт}} q,$$

или

$$V_6 = V_d T Q / q,$$

где V_d — объем одной детали, см^3 ; T — промежуток времени непрерывной работы бункерного загрузочного устройства между двумя очередными загрузками, мин; $t_{\text{шт}}$ — штучное время обработки одной детали на станке, мин; $q = 0,4 \dots 0,6$ — коэффициент объемного заполнения емкости бункера в зависимости от формы загружаемых деталей; $Q = V_6 q / V_d T$ — средняя производительность бункерного загрузочного устройства, шт/мин.

2.1. Бункеры с ножевыми захватами

Ножевой захват бункера расположен последовательно по отношению к лотку-накопителю (рис. 2, а) или параллельно к лотку-накопителю (рис. 2, б). В бункерах с параллельным ножевым захватом может быть один или два ножевых захвата. Бункеры с последовательным ножевым захватом имеют небольшую производительность и применяются редко. В этих бункерах ножевой захват, находясь в нижней части бункера, захватывает небольшое количество деталей и поднимает их вверх до уровня лотка-накопителя. В верхнем положении захват задерживается на небольшое время, чтобы детали, находящиеся на нем, последовательно перемещались и смогли соскользнуть в лоток-накопитель.

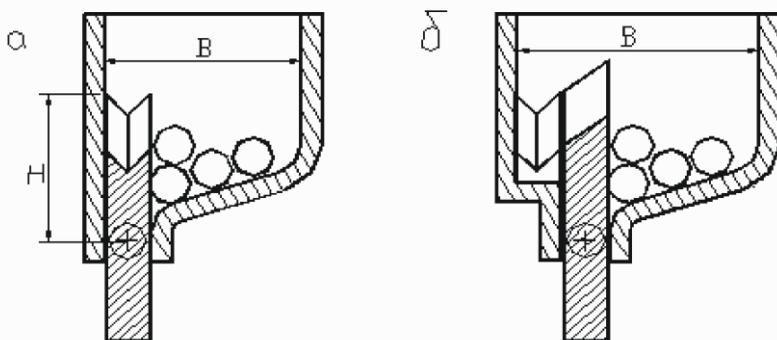


Рис. 2. Схемы емкостей бункеров с различным расположением ножевых захватов деталей

Бункеры с параллельным расположением ножевого захвата относительно лотка-накопителя более производительны. В таких бункерах ножевой захват, захватив в нижней части бункера детали, поднимает их вверх к лотку-накопителю. В верхнем положении захвата все детали одновременно соскальзывают с его плоскости на лоток-накопитель, расположенный параллельно захвату. Затем захват движется вниз, снова захватывает небольшое количество деталей, поднимает вверх и сбрасывает в лоток-накопитель и т. д.

Производительность бункеров с последовательным расположением ножевого захвата относительно лотка-накопителя 90...110 дет/мин; с параллельным расположением захвата — 450...550 дет/мин (деталей типа винтов, болтов, гаек). Ножевые захваты в



бункерах приводятся в движение от кривошипного вала с кулачками, расположенными под углом 180° , или от других устройств.

Детали, поданные из бункера в лоток-накопитель, перемещаются дальше транспортирующими устройствами самотечным, полусамотечным или принудительным способами. Транспортирующие устройства также являются и накопителями.

Самотечные транспортные устройства применяются для перемещения деталей, допускающих удары, полусамотечные и принудительные транспортные устройства — для деталей, между которыми удары недопустимы, и их движение должно быть равномерным.

В бункерах последовательного действия рабочая площадь ножа располагается под углом α к горизонтальной плоскости. Если детали с поверхности ножа движутся в лоток качением, то угол $\alpha \leq 20^\circ$, а если скольжением, то $\alpha = 45^\circ$ (H — ход ножа бункера (рис. 2)).

Ширину B бункера с ножевым захватом принимают в зависимости от наибольшего размера загружаемых в бункер деталей.

Для бункеров последовательного и параллельного действия с боковым ножевым захватом ширина $B=(8...10)l$; с ножевым захватом, расположенным в центре, $B=(12...15)l$ (где l — длина детали, мм).

Глубина бункера зависит от длины L — рабочей поверхности ножа, для загружаемых деталей $h=(1/4...1/3)L$.

Длина рабочей поверхности ножа зависит от длины, загружаемых деталей: $L=(7...10)l$.

Число двойных ходов в минуту ножа-захвата $n_x = v/(L)$.

Производительность (шт/мин) бункера с ножевым захватом

$$Q = n_x L p z / l ,$$

здесь и выше v — скорость перемещения деталей в рабочей зоне станка, обслуживаемого бункером, м/мин; $p=0,5...0,7$ — коэффициент вероятности захватывания ножом деталей из бункера, зависящий от формы и размеров деталей; $z=1$ или $z=2$ — число ножей в бункере.

Мощность (кВт) электродвигателя для перемещения ножа-захвата определяется по формуле

$$N = 0,008L .$$



2.2. Вибрационные бункеры

Вибрационные бункеры по типам конструкции бывают плоскими, круглыми и винтовыми.

Вибрационные плоские бункеры применяются для перемещения деталей сплошным потоком или по нескольким желобам, вибрационные круглые и винтовые бункеры — для перемещения деталей вверх по одному винтовому лотку. Движение деталей вверх по лотку вибробункера может происходить безотрывно от поверхности лотка и с периодическим отрывом. Из вибробункера детали подаются для обработки на станок. Вибробункеры по сравнению с бункерами других типов имеют следующие преимущества: возможность их применения для подачи на станок разнообразных по форме и размерам мелких деталей, быстрая переналадка вибробункера при переходе с одного типоразмера деталей на другой, простота регулирования вибробункера для увеличения производительности, надежность в работе, отсутствие кинематической связи со станком.

Вибробункер имеет привод и состоит из емкости (бункера) с закрепленным внутри лотком, по которому перемещаются и ориентируются детали.

Наибольшее применение в машиностроении получили вибробункеры с электромагнитным приводом.

Вибробункеры с электромагнитным приводом изготавливают с одним вертикальным или с несколькими тангенциальными вибраторами. На рис. 3 представлен вибробункер с вертикальным электромагнитным вибратором. Он состоит из бункера 1, на внутренней поверхности которого закреплен спиральный лоток, а к наружной поверхности прикреплен лоток для деталей, выходящих из бункера 1.



Технология машиностроения

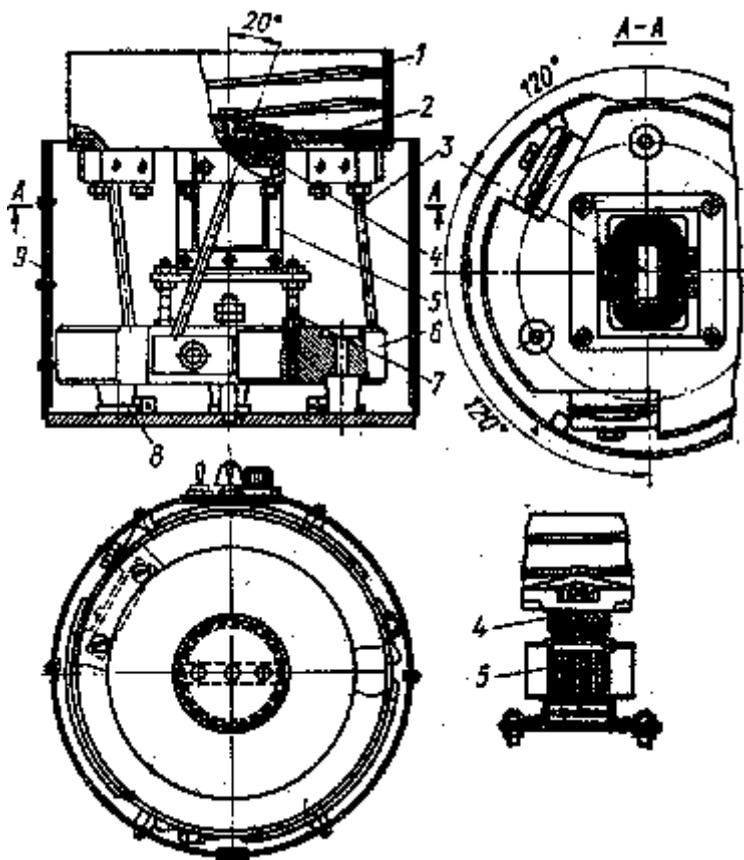


Рис. 3. Вибробункер для перемещения деталей вверх с вертикальным электромагнитным вибратором

Нижняя часть 2 вибробункера установлена и закреплена на трех наклонных цилиндрических подвижных стержнях 3 и к ней прикреплен якорь электромагнита 5, закрепленного на массивной плите 6. Зазор между якорем 4 и электромагнитом 5 можно изменять подъемом или опусканием электромагнита с помощью винтов 7. От величины этого зазора зависит скорость перемещения деталей по спиральному лотку бункера 1. Для виброизоляции вибробункер установлен на резиновых амортизаторах 8. Электромагнитный привод вибробункера закрыт кожухом 9. Питание электромагнита производится от сети



переменного тока напряжением 220 В. На обмотку катушки электромагнита 5 подаются импульсы электрического тока.

Под действием изменяющегося магнитного поля якорь 4 с бункером 1, загруженным деталями, совершает крутильные вибрационные колебания с небольшой амплитудой, равной долям миллиметра. Величина амплитуды, от которой зависит скорость перемещения деталей по винтовому лотку внутри бункера, а, следовательно, и производительность вибробункера, может регулироваться реостатом путем изменения силы тока, поступающего в катушку электромагнита, или изменением величины воздушного зазора между якорем и электромагнитом (в небольших вибробункерах).

В крупногабаритных вибробункерах применяют автотрансформаторы. Частоту собственных колебаний вибробункера при постоянной силе тока регулируют изменением рабочей длины наклонных цилиндрических стержней. Следовательно, от рабочей длины цилиндрических стержней зависит резонансная настройка вибробункера.

Габаритные размеры вибробункеров в основном зависят от формы и размеров загружаемых деталей:

— глубина (мм) вибробункера $h=(0,2...0,3)D$;

— внутренний диаметр (мм) вибробункера зависит от длины перемещаемых деталей (большие величины коэффициентов принимаются для меньших диаметров вибробункера): $D=(6...12)l$, где $l=(25...250)$ — длина загружаемых деталей, мм.

Коэффициент проходимости деталей в вибробункере

$$\eta_{\text{пр}} = (G - W_0) / G,$$

где G — вес детали, перемещаемой в вибробункере, кг; W_0 — сопротивления, встречающиеся на пути детали при перемещении ее в вибробункере, в виде неровностей поверхности (шероховатость и кривизна стенок вибробункера и т. д.), кг.

Практически $\eta_{\text{пр}}=(0,7...0,97)$ (большие значения $\eta_{\text{пр}}$ принимают для загружаемых деталей большей длины).

Одновременное движение лотка вибробункера и детали определяется неравенством

$$F_{\text{тр}} \geq F_c,$$

где $F_{\text{тр}}$ — сила трения между поверхностью лотка вибробункера и перемещаемой в бункере деталью, кг; F_c — сила сопротивления перемещению детали по поверхности лотка вибробункера, кг.



Шаг спирального лотка вибробункера $s=1,5h_d+\delta$, где h_d — высота перемещаемой детали в плоскости, перпендикулярной ее движению по лотку вибробункера, мм; $\delta=1,5...2$ — толщина стенки лотка, мм.

Угол подъема лотка вибробункера $\operatorname{tg} \alpha = s / (\pi D)$, принимают угол $\alpha = 2...4^\circ$.

Ширина (мм) лотка вибробункера $B=b_d+(2...3)$, где b_d — ширина перемещаемой детали, мм.

Средняя скорость (мм/сек) перемещения деталей в лотке вибробункера

$$v_{\text{ср}} = Q / (60k),$$

где Q — производительность вибробункера, шт/с; $k=0,5...0,8$ — коэффициент заполнения вибробункера.

Производительность (шт/с) вибробункера при установившемся режиме работы

$$Q_y = v_{\text{ср}} \rho k / l,$$

где $\rho=0,33$ — вероятность ориентации деталей в лотке вибробункера; l — длина перемещаемой детали в направлении ее движения вдоль лотка, мм.

Колесания вибробункера осуществляются с помощью электромагнитных вибраторов, работающих с частотой 50 и 100 Гц. Частота 100 Гц применяется у вибробункеров для перемещения небольших деталей с диаметром чаши бункера до 250 мм, частота 50 Гц — для вибробункеров с диаметром чаши бункера до 500 мм.

На основании наблюдения за работой вибробункеров можно сделать вывод, что их целесообразно использовать для перемещения мелких деталей. При перемещении средних и более крупных деталей вибробункеры сильно шумят. Вибрационные бункеры нормализованы.

2.3. Дисковые фрикционные бункеры

Бункерные загрузочные приспособления с фрикционным диском применяют для загрузки станков плоскими деталями типа дисков, колец, фланцев и небольших валиков. На рис. 4, а показано бункерное загрузочное приспособление с фрикционным вращающимся диском, а на рис. 4, б, д — различные формы бункеров.

В бункере 1 (см. рис. 4, а) детали типа колец загружаются навалом на поверхность вращающегося диска 2. За счет силы трения между поверхностью деталей и диском 2 они перемещаются в лоток-накопитель 3, из которого непосредственно или питателем подаются в рабочую зону станка.

Технология машиностроения

При перемещении деталей во фрикционном коническом бункере (рис. 4, б) возникает сила трения между вращающимся диском 2 и деталями, а также между стенками бункера 1 и деталями. Перемещение деталей диском 2 из бункера 1 в лоток-накопитель происходит при условии, что сила трения между вращающимся диском 2 и деталями будет больше силы трения между стенками бункера 1 и деталями; в противном случае подача деталей диском в лоток либо прекращается, либо будет происходить с перебоями, что уменьшит надежность работы бункера.

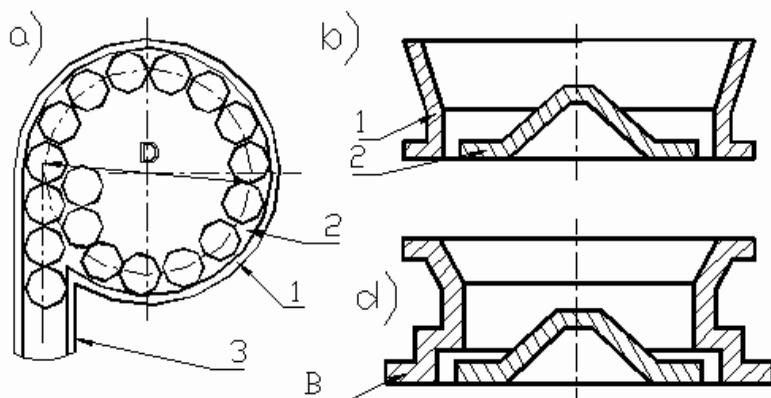


Рис. 4. Схема бункерного загрузочного приспособления с фрикционным диском для подачи

В бункерных загрузочных приспособлениях применяются различные формы бункеров (см. рис. 4, б, д), которые выбирают в зависимости от формы и размеров загружаемых деталей.

Более приемлемой в отношении уменьшения величины силы трения является форма бункера при загрузке его обработанными деталями, показанная на рис. 4. Для необработанных деталей следует применять формы бункера, показанные на рис. 4, б, д. В бункерах таких форм имеется зона, над которой находится горизонтальная или наклонная стенка *В* бункера, уменьшающая нагрузку на детали в зоне от силы веса всех деталей, загруженных в бункер. Если моменты от силы трения деталей о стенки бункера и поверхность вращающегося диска равны (см. рис. 4, б), то справедливо равенство

$$PR = Gr,$$

где P — равнодействующая сил давления со стороны загруженных деталей на стенки бункера, кг; R — расстояние от оси диска до стенки бункера, мм; G — вес загруженных деталей,



непосредственно оказывающих давление на вращающийся диск бункера, кг; r — расстояние от оси диска до точки сосредоточения веса загруженных деталей, мм.

Чтобы детали из бункера подавались вращающимся диском в лоток, необходимо соблюдать неравенство

$$PR < Gr.$$

Форму вращающегося диска бункера выполняют цилиндрической или конической с углом наклона $30...40^\circ$ и кольцевым диском с углом наклона $3...6^\circ$.

Частота вращения диска бункера в минуту

$$n = Qd / \eta_0 \pi D_{cp},$$

где Q — производительность бункера; d — диаметр или поперечный размер загруженных деталей, мм; D_{cp} — средний диаметр вращающегося диска, на котором размещаются детали, мм; $\eta_0 = (8-a)/(10+a)$ — коэффициент, учитывающий проскальзывание, заторы и другие ненормальности в работе бункера; a — количество слоев деталей, загруженных в бункер.

В бункерах небольшой производительности (до 70 шт/мин) поверхность подающего диска изготавливают конической. В бункерах большой производительности (до 150...900 шт/мин) поверхности подающего диска придают плоскую или коническую форму с углом конуса $\gamma = 20...25^\circ$.

Мощность (кВт) электродвигателя привода бункера вычисляется по формуле

$$N = \frac{2\pi Rf[2G/3 + P]n}{75 \cdot 60 \cdot 1,36 \cdot 1000 \eta_n},$$

где f — коэффициент трения загруженных деталей о стенки бункера; k_n — коэффициент полезного действия привода бункера.

При проектировании и расчете принимают следующие размеры бункера (см. рис. 4, в): диаметр бункера $D_b = (10...12)d'$; ширину горизонтальной части вращающегося конусного диска бункера $s = (1,5...2)d'$; диаметр верхней конической части вращающегося диска бункера $d = 0,75d'$; высоту загрузки деталей в бункере $H = (1,5...2)d'$.

2.4. Дисковые карманчиковые бункеры

Эти бункеры находят наибольшее практическое применение вследствие высокой производительности. Дисковые карманчиковые бункеры используют для загрузки станков гладкими стержневыми деталями с головкой, дисками, кольцами и плоскими деталями. В



Технология машиностроения

карманчиковых бункерах (табл. 1) в дисках пазы для захвата деталей располагаются по хорде диска перпендикулярно его плоскости и по радиусу диска. Эти бункеры классифицируют также по виду ориентации деталей в один или два приема.

На рис. 5 представлен дисковый карманчиковый бункер, применяемый для захвата и ориентации стержневых деталей в один прием.

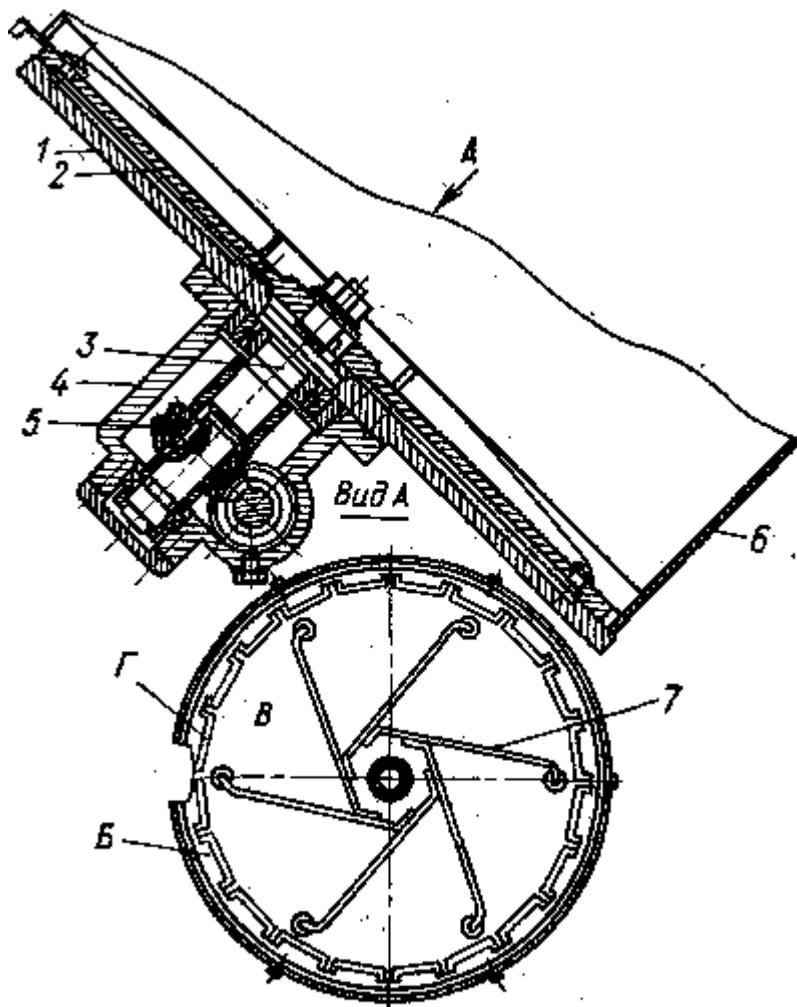


Рис. 5. Дискový карманчиковый бункер для захвата, ориентации и подачи деталей

Он имеет неподвижный диск 1, закрепленный на корпусе 4 червячного редуктора 5. Внутри бункера 6 вращается диск 2 с открытыми пазами *Б* для захвата деталей. На оси 3 червячного колеса редуктора 5 установлен и закреплен диск 2; на наружной поверхности



вращающегося диска 2 — жестко лопасти 7 для перемещения деталей и для лучшего заполнения деталями пазов диска 2.

Цилиндрический бункер 6 из листовой стали, крепится под углом 30...45° на неподвижном диске 1. Детали загружаются в бункер на поверхность диска 2. Во время вращения диска 2 лопасти 7 захватывают детали из нижней части бункера и переносят их в зону В. Из зоны В часть деталей, скатываясь вниз, западает в пазы Б вращающегося диска 2 и поднимается вверх, где под действием собственного веса через приемное окно Г в неподвижном диске 1 выпадает в лоток-накопитель.

Правильность захвата и ориентации, а также поштучная выдача деталей зависят от размеров и формы пазов вращающегося диска 2.

Дисковые бункеры устанавливают под углом, чтобы загружаемые детали размещались в нижней части бункера и соприкасались с вращающимся диском 2 примерно на 2/3 его радиуса.

При поддержании в дисковом бункере постоянного уровня расположения деталей коэффициент равномерности $k_p=0,9$. Если уровень расположения деталей в бункере изменяется и зависит от промежутка времени загрузки дискового бункера, то при работе до полной выдачи деталей из бункера коэффициент равномерности $k_p=0,7$.

Диаметр дискового бункера выбирают в зависимости от длины деталей l и сил трения, возникающих при перемещении в бункере деталей вращающимся диском 2 с открытыми пазами (захватами). Размеры пазов вращающегося диска даны в табл. 1.

Диаметр (мм) дисковых бункеров

$$D=(16...20)l.$$

Производительность (шт/мин) дисковых карманчиковых бункеров

$$Q = nzk,$$

где n — частота вращения диска в мин⁻¹; z — число пазов (захватов) во вращающемся диске; $k=0,4...0,6$ — коэффициент вероятности захвата вращающимся диском 2 деталей, т. е. отношение фактической производительности бункера к теоретической производительности.

Производительность (шт/мин) дисковых карманчиковых бункеров можно определять и по другой формуле:

$$Q = 1000vk / m,$$

где m — шаг пазов диска, мм; v — окружная скорость деталей, перемещаемых в бункере вращающимся диском, м/мин. (табл. 1).

Таблица 1



Окружная скорость диска и деталей

Расположение деталей в пазах вращающегося диска	Примерные значения окружной скорости диска и деталей v , м/мин
По хорде диска	4
Перпендикулярно плоскости диска	1,8
По радиусу диска	13

Мощность (кВт) электродвигателя привода дисковых карманчиковых бункеров определяется по формуле

$$N = \frac{2M_{кр}n}{97500\eta_m},$$

где $M_{кр}$ — крутящий момент, Нм; $\eta_m=0,85$ — коэффициент полезного действия.

Величина крутящего момента

$$M_{кр} \approx GR,$$

где G — вес деталей, загруженных в бункер, Н; R — радиус вращающегося диска бункера, м.

Максимальная мощность (кВт) электродвигателя для привода дисковых карманчиковых бункеров

$$N=0,005D,$$

где D — диаметр вращающегося диска, мм.

2.5. Барабанные бункеры

В загрузочных бункерных приспособлениях (рис. 6) с вращающимся барабаном на его внутренней поверхности имеются жестко закрепленные захваты 2 (лопасти). Лоток-накопитель или транспортер размещается внутри барабана. Такие приспособления применяются для загрузки станков деталями небольших размеров различной формы.

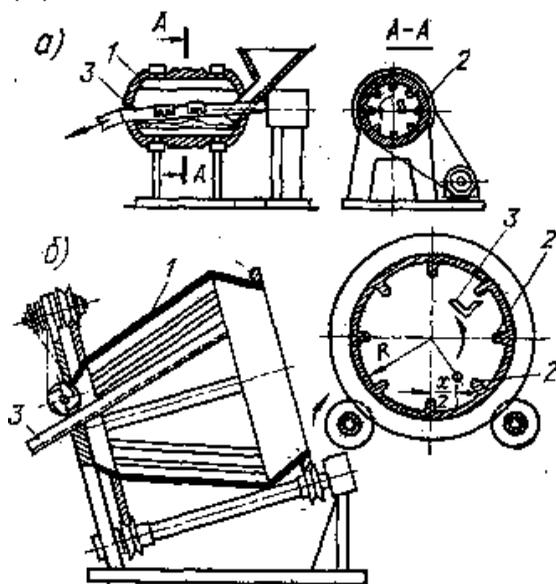


Рис. 6. Бункерные загрузочные приспособления с барабаном: а — цилиндрическим; б — коническим

Детали, находящиеся в нижней части бункера, захватываются лопастями 2 вращающегося барабана 1 (рис. 6, а, б) и перемещаются вверх, где выпадают из лопастей в лоток-накопитель 3. Детали, занявшие правильное положение в лотке 3, перемещаются по лотку самотеком или принудительно в питатель; детали, занявшие неправильное положение в лотке 3, сбрасываются в барабан бункера. Лоток относительно оси

вращения барабана располагают в соответствии с траекторией падения деталей при соскальзывании их с лопастей. Вращение барабана 1 бункера с лопастями бывает непрерывным и прерывистым.

Максимальная производительность барабанных бункеров с непрерывно вращающимся барабаном зависит от величины центробежной силы, которая может так прижать детали к внутренней поверхности барабана, что они перестанут падать с лопастей 2 в лоток-накопитель 3. Коэффициент равномерности подачи деталей из

барabanного бункера на станок при постоянном уровне размещения деталей в бункере ($k_p=0,8$) и при переменном $k_p=0,6...0,7$.

Диаметр (мм) барабана бункера зависит от длины загружаемых деталей l : $D=(8...10)l$.

Длина (мм) барабана бункера зависит от длины загружаемых деталей и производительности: $L=(5...7)l$.

Детали размещаются в нижней части вращающегося барабана бункера. Высота слоя деталей в барабане $h=3/4R$, где R — радиус барабана бункера, мм.

Во время работы бункера центр тяжести массы деталей, находящихся в барабане, смещается в сторону на величину $x=0,525$.

Крутящий момент, необходимый для преодоления момента от действия веса деталей, находящихся внутри барабана, определяется по формуле

$$M_{кр} = 0,525G_d R,$$

где G_d — вес деталей, находящихся внутри вращающегося барабана.

Производительность (шт/мин) барабанных бункеров

$$Q = nz(L/l)\rho,$$

где n — частота вращения барабана в мин.; z — число захватов; L — длина захватов, мм; l — длина загружаемой детали, мм; ρ — вероятное количество захватываемых деталей одним захватом.

Мощность (кВт) электродвигателя для вращения барабана с деталями $N=0,001D$, где D — диаметр барабана, мм.

Максимальная частота вращения барабана $v_{max}=12$ м/мин.

2.6. Бункеры с трубчатыми захватами

Такие бункеры применяются для захвата и

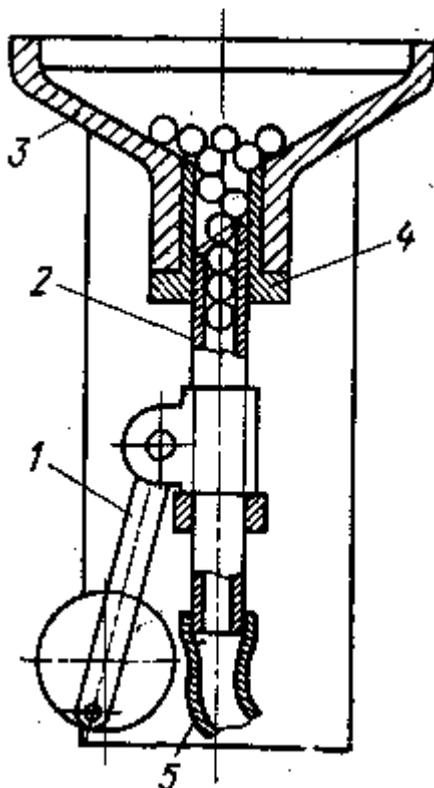


Рис. 7. Бункер с подвижным трубчатым захватом деталей



ориентации мелких деталей трубкой бункера.

На рис. 7 показан трубчатый бункер с возвратно-поступательно движущимся трубчатым захватом и неподвижным корпусом 3 бункера. В нижней части корпуса 3 бункера запрессована втулка 4, внутри которой свободно движется трубчатый захват 2, получающий движение от кривошипного механизма 1, приводимого во вращение от электрического привода. Детали из трубчатого захвата 2 поступают в лоток 5 и затем в питатель или на станок.

Для нормального захвата деталей с отношением $L/d=1,0...1,25$, где L — длина детали, а d — диаметр детали, на верхней части захвата 2 имеется скос под углом $30...45^\circ$, чтобы не происходило перекрытие отверстия трубчатого захвата деталями. Для длинных деталей конец трубки изготавливают без скоса.

Коэффициент производительности трубчатого бункера

$$K = \sqrt{\frac{H_0}{l}},$$

где H_0 — высота слоя деталей в корпусе бункера; l — длина или ширина деталей (наибольший размер).

Диаметр корпуса бункера зависит от длины или ширины l детали $D=(10...15)l$.

Глубина бункера $h=(0,3...0,5)D$.

Производительность (шт/мин) бункера

$$Q = n_k \rho \sqrt{\frac{H_0}{l}} = n_k \rho K,$$

где n_k — число двойных ходов захвата, мин^{-1} .

Мощность (кВт) электродвигателя бункера $N=0,005l$.

Трубчатые бункеры имеют простую конструкцию, надежны в работе, легко переналаживаются на другие типоразмеры деталей. На производстве трубчатые бункерные загрузочные приспособления не получили широкого распространения, так как они могут нормально работать только при определенных оптимальных соотношениях размеров загружаемых деталей и их геометрических форм.

2.7. Бункеры с двумя полувтулками

Конструкция бункера с захватно-ориентирующими двумя полувтулками, движущимися возвратно-поступательно вдоль оси, показана на рис. 8. Бункер укреплен на кронштейне 1 втулкой 4, на верхнем конце которой на резьбе закреплена втулка 3, являющаяся основанием сварного корпуса 2 бункера. Внутри втулки 4 во

вкладышах 5 движутся возвратно-поступательно две полувтулки 6, которые приводят в движение от рычагов 9, качающихся на осях 10.

Загруженные в бункер детали перемещаются движущимися полувтулками 6 и

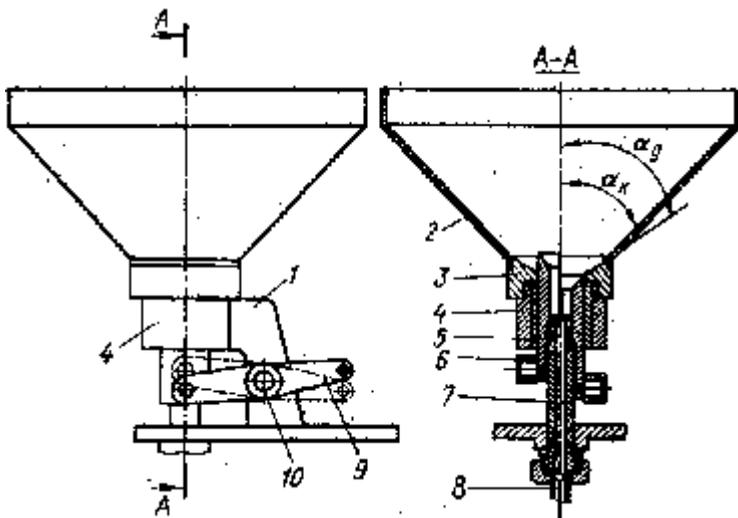


Рис. 8. Конструкция бункера с двумя захватно-ориентирующими полувтулками

западают в отверстия между ними. Затем детали проходят по неподвижной втулке 7 в трубчатый лоток 8, по которому перемещаются в рабочую зону станка.

При конструировании бункера с полувтулками определяют целый ряд величин.

Величина хода полувтулок бункера

$$H = (0, \dots 1)l.$$

Максимальное число двойных ходов полувтулок в минуту $n_{\max} = 4000/H$. Число двойных ходов полувтулок больше 300 брать не следует, так как производительность бункера снижается.

Угол наклона стенок корпуса бункера $\alpha_k = 45 \dots 55^\circ$.

Угол конуса дна корпуса бункера $\alpha_d = 55 \dots 65^\circ$.

Угол конуса верхней части движущихся полувтулок принимают 45°.

Диаметр отверстия полувтулок при $l/d > 1,7$

$$D = \frac{2dn_1}{\sqrt{1+f^2}},$$

где d — диаметр загружаемых деталей; f — коэффициент трения; n_1 — число двойных ходов полувтулок в минуту.



Средняя скорость возвратно-поступательного движения полувтулок $v=70...100$ мм/с.

Минимальный диаметр корпуса бункера в его верхней части $D=(10...12)l$.

Глубина (высота) бункера $h=D/4$.

Зависимость между длиной l и диаметром d деталей, загружаемых в бункер, следующая: $l=(1...10)d$.

Производительность (шт/мин) бункера $Q=n_x p$, где n_x — фактическое число двойных ходов полувтулок в минуту; $p=0,7$ — коэффициент вероятности захватывания деталей, зависящий от отношений l/d загружаемых деталей, числа двойных ходов в минуту и величины хода полувтулок.

Средняя производительность бункера примерно 200 деталей в минуту.

Мощность (кВт) электродвигателя привода бункера $N=0,006l$.

Бункер с двумя полувтулками служит для подачи на станок небольших стержневых, дисковых или шариковых деталей. Бункер должен загружаться очищенными деталями. В этом бункере не требуется блокировочных устройств; при переполнении трубки или трубчатого лотка бункер прекратит подачу деталей на станок.

Коэффициент равномерности работы бункера $k_p=0,7...0,8$.

2.8. Способы ориентации деталей типа ступенчатых дисков в вибробункерах

На рис. 9 справа показаны небольшие детали типа ступенчатых дисков, получающих заданную ориентацию при перемещении по винтовому лотку вибробункера.



Технология машиностроения

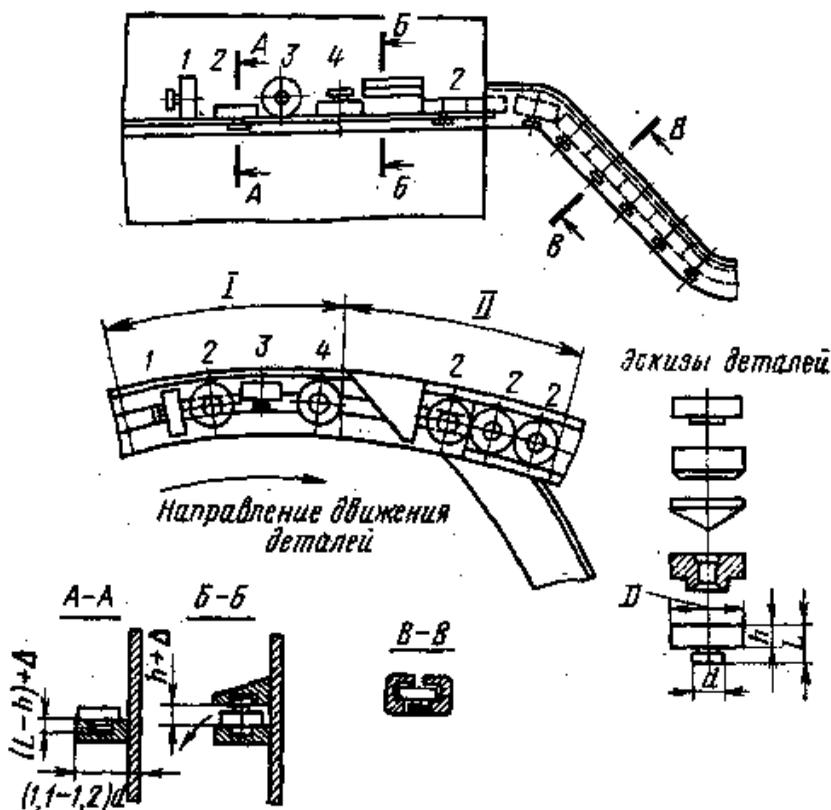


Рис. 9. Ориентация небольших ступенчатых дисков

На рис. 9 представлены четыре различных положения, которые могут занимать ступенчатые диски при движении на участке 1 винтового лотка вибробункера. В положении 1 деталь размещается на лотке цилиндрической поверхности с направлением малого уступа вперед или назад и осью детали параллельно направлению ее движения в лотке. В положении 2 деталь размещается на лотке торцом малого уступа вниз, а торцом большого уступа вверх от лотка, в положении 3 — на спиральной лотке цилиндрической поверхности большого уступа с расположением малого уступа справа или слева относительно направления движения детали. При этом ось детали располагается перпендикулярно направлению ее движения в спиральной лотке.

В положении 4 деталь размещается на спиральной лотке торцом большого уступа вниз, а торцом малого уступа вверх. Расположение оси детали вертикально, но параллельно направлению ее движения в лотке.

Деталь в лотке вибробункера должна быть ориентирована в положении 2 и в таком виде подана к питателю. Чтобы все детали, проходящие по лотку вибробункера, занимали положение 2, в винтовой лотке всей длины имеется паз глубиной $(L-h)+\Delta$ (Δ — зазор) и шириной $(1,1\dots1,2)d$ (сечение А—А). Все детали, перемещающиеся по лотку в неправильно ориентированном положении 1, 3 и 4, отсекателем сбрасываются на дно вибробункера. Отсекатель установлен над плоскостью лотка на высоте $h+\Delta$ (сечение Б—Б). Следовательно, по участку II винтовой лотка детали перемещаются только в положении 2. Далее с участка II детали в положении 2 попадают в изогнутый выходной лоток, пройдя который, они поступают к питателю. Профиль выходного лотка показан на рис. 9 (сечение В—В).

2.9. Способы ориентации деталей типа ступенчатых и конических валков в вибробункерах

На рис. 10 справа показаны детали небольших размеров типа ступенчатых и конических валков, получающих заданную ориентацию при перемещении по винтовому лотку вибробункера.

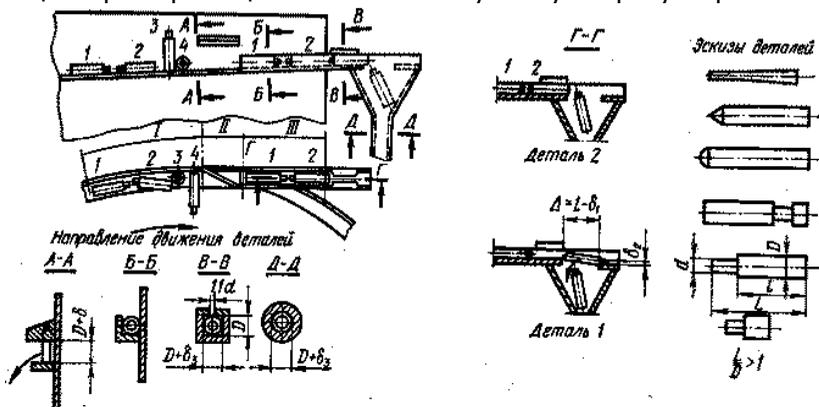


Рис. 10. Ориентация небольших ступенчатых и конических валков при перемещении по винтовому лотку вибро-

При ориентации деталей, имеющих форму тел вращения, большое значение имеет смещение центра тяжести деталей. В случае перемещения таких деталей с небольшими размерами и весом влияние



расположения центра тяжести на ориентацию значительно уменьшается. На рис. 10 показаны четыре различных положения, которые могут занимать ступенчатые и конические валики при перемещении на участке I винтового лотка вибробункера.

В положении 1 деталь размещается на лотке цилиндрической поверхностью большого диаметра, а цилиндрической поверхностью меньшего диаметра — вперед в направлении движения деталей по лотку. Ось детали располагается параллельно или под небольшим углом к направлению движения детали в лотке. В положении 2 деталь располагается на лотке цилиндрической поверхностью большого диаметра, а цилиндрической поверхностью меньшего диаметра назад относительно направления перемещения деталей по лотку. При этом ось детали располагается параллельно или под небольшим углом к направлению движения детали по лотку. В положении 3 деталь размещается на лотке торцом цилиндрической поверхности большого диаметра, а цилиндрической поверхностью меньшего диаметра — вверх от поверхности лотка. В этом случае ось детали располагается вертикально. В положении 4 деталь размещается на спиральной лотке частью цилиндрической поверхности большого диаметра с расположением цилиндрической поверхности меньшего диаметра к оси бункера. При этом ось детали располагается перпендикулярно направлению движения детали.

Детали в лотке вибробункера должны быть ориентированы в положении 2. Из вибробункера к питателю ступенчатые валики необходимо подавать в вертикальном положении торцом цилиндрической поверхности большого диаметра вниз.

На участке II над лотком вибробункера на высоте $D + \delta_3$ (δ_3 — зазор) установлен отсекающий лоток, который сбрасывает с лотка детали, перемещающиеся в положении 3 и 4 (сечение А—А). Следовательно, на участке III (сечение Б—Б) детали перемещают в положении 1 или 2. Пройдя участок III лотка вибробункера, детали поступают в вертикальный лоток, имеющий на верхнем конце конус, внутри которого находится ориентирующий порог. Он пропускает без изменения ориентации детали, идущие цилиндром большого диаметра вниз, и поворачивает их на 180° , если они перемещаются цилиндром малого диаметра вниз.

2.10. Содержание и порядок выполнения работы

2.10.1. Внимательно ознакомьтесь с устройством, принципом действия и работой бункерных приспособлений различных типов. Для



более успешного изучения бункерных приспособлений при подготовке к выполнению практической работы рекомендуется расширенное изучение их устройства и принципа действия.

2.10.2. Получить задание от преподавателя на выполнение практической работы (приложения, табл. 2—8).

2.10.3. Уяснить цель и последовательность расчета, рассчитать основные параметры бункерного загрузочного приспособления в порядке, приведенном в разделе методических указаний, соответствующем типу бункера, указанному в задании, и решить поставленную задачу.

2.10.4. Оформить работу и предъявить ее преподавателю для защиты.

2.10.5. На защите выполненной работы четко знать устройство, принцип работы, параметры бункера, а также смысловое значение каждой формулы и методику расчета бункеров.



ЛИТЕРАТУРА

1. Малов А.Н., Иванов Ю.В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов. — М.: Машиностроение, 1974. — 368 с.
2. Камышный Н.И. Автоматизация загрузки станков. — М.: Машиностроение, 1977. — 278 с.
3. Рубцов А.А., Воронин Ю.В. Механизация и автоматизация производства. — М.: Машиностроение, 1987. — 190 с.
4. Кувшинский В.В. Автоматизация технологических процессов в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1972. — 272 с.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Таблица 2

Исходные данные для расчета бункера с ножевыми захватами

Варианты заданий	1	2	3	4	5	6	7
А. Бункер с боковым ножевым захватом							
Длина загружаемых деталей l , мм	50	75	90	55	65	80	100
Скорость перемещения деталей в рабочей зоне станка v , м/мин	1,5	2,0	1,8	2,4	1,6	3,0	1,4
Требуемая производительность бункера Q , шт/мин	40	35	30	45	30	50	45
Б. Бункер с ножевым захватом, расположенным в центре							
Длина загружаемых деталей l , мм	55	35	60	50	70	95	65
Скорость перемещения деталей в рабочей зоне станка v , м/мин	1,2	1,6	1,4	1,0	1,8	2,0	1,5
Требуемая производительность бункера Q , шт/мин	30	25	50	45	35	60	40
Задача — определить необходимое количество ножей z в бункере							

Таблица 3

Исходные данные для расчета вибрационного бункера

Варианты заданий	1	2	3	4	5	6	7
Длина загружаемой детали l , мм	60	120	75	200	180	240	135
Высота перемещаемой детали h_d , мм	20	15	25	20	18	22	16
Ширина перемещаемой детали b_d , мм	25	18	30	24	22	28	20
Вес детали G , Н	5	9	8	16	14	20	12
Сопротивления	0,8	1	1	1,4	1,2	1,8	0,9



Технология машиностроения

при перемещении детали W_0, H							
Производительность вибробункера $Q, \text{шт/с}$	2	1	2	1	1	1	2
Задача — определить производительность вибробункера Q_y							

Таблица 4

Исходные данные для расчета дискового фрикционного бункера

Варианты заданий	1	2	3	4	5	6	7
Производительность бункера $Q, \text{шт/мин}$	80	64	50	55	60	70	45
Поперечный размер загружаемых деталей $d, \text{мм}$	65	70	58	75	65	60	68
Количество слоев деталей в бункере a	4	5	5	4	4	8	3
Коэффициент трения f	0,15	0,18	0,16	0,13	0,15	0,14	0,20
Расстояние $r, \text{мм}$	200	190	210	180	200	205	190
Расстояние от оси диска до стенки бункера $R, \text{мм}$	300	280	310	275	290	305	285
Вес загруженных деталей G, H	250	230	270	225	235	265	230
Коэффициент полезного действия привода бункера	0,88	0,92	0,90	0,91	0,93	0,92	0,90
Задача — определить потребную мощность электродвигателя N							



Таблица 5

Исходные данные для расчета дискового карманчикового бункера

Варианты заданий	1	2	3	4	5	6	7
Длина загружаемых в бункер деталей l , мм	75	60	55	60	80	100	90
Частота вращения диска n , мин ⁻¹	70	55	65	60	50	45	75
Производительность бункера Q , шт/мин	50	38	46	54	58	52	44
Шаг пазов диска m , мм	314	314	314	288	269	314	288
Окружная скорость деталей в бункере v , м/мин	4	2,8	8	6	3,5	4,6	5
Вес деталей, загруженных в бункер G , Н	320	400	400	480	540	320	480
Радиус вращающегося диска R , м	0,4	0,5	0,5	0,55	0,6	0,4	0,55
Задача — определить число пазов (захватов) диска z							

Таблица 6

Исходные данные для расчета барабанного бункера

Варианты заданий	1	2	3	4	5	6	7
Длина загружаемых в бункер деталей l , мм	45	60	50	55	40	65	60
Вес деталей, находящихся во вращающемся барабане $G_{дл}$, Н	280	340	320	390	300	400	370



Технология машиностроения

Вероятное количество захватываемых деталей одним захватом p , шт	2	1	3	2	2	1	2
Производительность бункера Q , шт/мин	60	52	45	30	70	50	40
Частота вращения n , мин ⁻¹	7,2	5,3	6,4	5,8	8,0	4,9	5,3
Задача — определить количество захватов z							

Таблица 7

Исходные данные для расчета бункера с трубчатыми захватами

Варианты заданий	1	2	3	4	5	6	7
Длина или ширина детали l , мм	25	20	30	35	25	15	22
Высота слоя деталей в бункере H_0 , мм	200	220	190	250	235	240	200
Число двойных ходов захвата n_k , мин ⁻¹	190	180	185	195	210	180	175
Вероятность захватывания детали p	0,52	0,45	0,41	0,44	0,48	0,50	0,40
Задача — определить размеры бункера (D и h), производительность Q , мощность электродвигателя привода N							

Таблица 8

Исходные данные для расчета бункера с двумя полувтулками

Варианты заданий	1	2	3	4	5	6	7
Длина загружаемых деталей l , мм	30	25	28	32	36	24	22



Технология машиностроения

Диаметр загружаемых деталей d , мм	15	12	14	18	20	12	12
Коэффициент трения f	0,16	0,18	0,15	0,12	0,14	0,18	0,16
Фактическое число двойных ходов n_x , мин ⁻¹	310	330	290	350	320	340	300
Задача — определить производительность бункера Q и мощность электродвигателя привода N							



РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ И РОТОРНО-КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ

Введение

Современное машиностроительное производство основано на высоких темпах изготовления изделий. Наиболее высокая производительность труда достигается в массовом производстве за счет применения конвейерных технологических машин и линий. Оптимальное сочетание производительности и рентабельности применения этих устройств возможно только на основе правильно построенной методики расчета эффективности их работы.

1. Цель и задачи работы

Цель работы — углубление и систематизация знаний, приобретенных студентами по соответствующему разделу курса «Автоматизация производственных процессов в машиностроении».

Задачи работы:

— изучение конструкторско-технологических схем машин и линий роторного типа, принципа их действия и технико-экономических преимуществ относительно с другими средствами автоматизации.

— приобретение навыков самостоятельной работы по расчету эксплуатационных показателей машин и линий роторного типа.

2. Особенности и технико-экономические преимущества роторных машин и автоматических роторных линий

Роторные машины и линии являются одной из высших форм автоматизации технологических процессов: обработка, контроль и сборка изделий осуществляются в процессе их непрерывного транспортирования совместно с орудиями обработки. Скорость транспортирования при этом не зависит от технологической скорости. Вследствие этого роторные (АРЛ) и роторно-конвейерные (АРКЛ) линии значительно превосходят любое современное оборудование по производительности и компактности [1, 5].



АРЛ и АРКЛ дают большой экономический эффект в условиях массового производства по выпуску сравнительно простых по форме деталей при годовой программе в несколько миллионов штук или по выполнению примерно такого же количества однотипных операций расфасовки, упаковки, сборки, контроля качества [4].

Основой АРЛ и АРКЛ являются роторы: технологические, транспортные и контрольно-измерительные. Типовая компоновка технологического ротора приведена на рис. 1.

Технологический ротор представляет собой расположенные на периферии цилиндра рабочие органы, выполненные в виде инструментальных блоков 4, объединяющих инструмент для выполнения технологической операции. В качестве инструмента может быть использован блок с пуансоном и матрицей, фиксируемый в блокодержателе 5.

Вместе с центральным валом 1 вращаются и блоки 4 с инструментом. При прохождении одной из позиций в блок вводится заготовка 6. За время одного оборота ротора над заготовкой выполняется полный цикл технологической операции.

При необходимости продолжить обработку детали она передается на следующий ротор, аналогичный первому, но оснащенный блоками с другим инструментом, предназначенным для выполнения следующей технологической операции.

Принцип управления инструментом состоит в следующем. Ползуны 3 и 7, например, пуансон

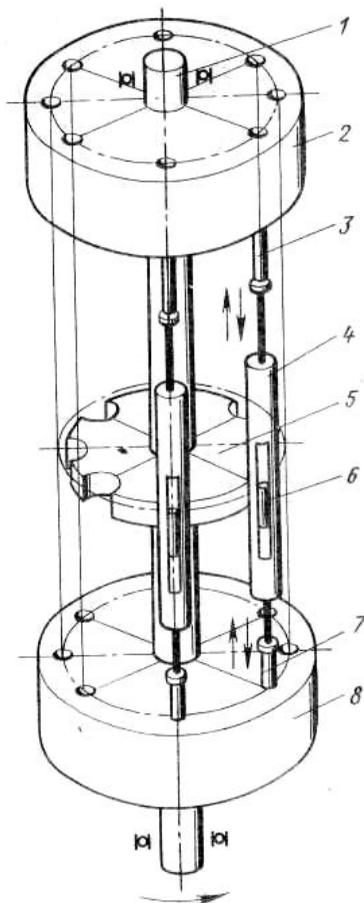


Рис. 1. Типовая компоновка узлов и элементов технологического ротора



и матрица движутся по копирам, расположенным в соосных ротору неподвижных блоках 2 и 8. Верхний и нижний копиры приводят инструмент в движение.

АРЛ представляет собой комплекс двух и более роторных машин, установленных в технологической последовательности и объединенных системой транспортирования, привода и управления (рис. 2).

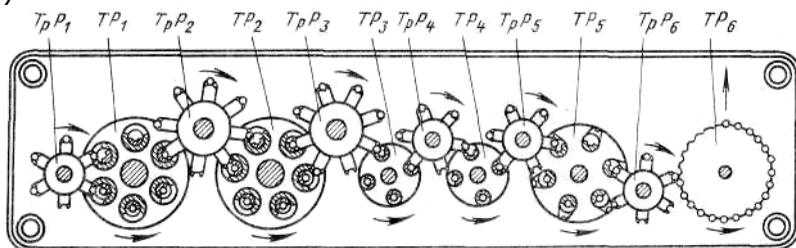


Рис. 2. Типовая компоновка технологических (ТР) и транспортных (ТрР) роторов в автоматической

На входе и выходе АРЛ устанавливаются устройства для автоматической загрузки и выгрузки объектов обработки. В состав АРЛ входят технологические роторные машины (ТР), транспортные роторы (ТрР), устройства для автоматической загрузки и выгрузки объектов обработки, системы обслуживания и управления. Технологический и транспортный роторы вращаются синхронно и непрерывно. Для синхронизации потока применяют неодинаковое число инструментов на роторах, либо используют роторы разного диаметра.

В АРКЛ разделены этапы технологической операции. Инструмент и заготовка размещены в блоках, смонтированных на втулочно-роликовой цепи, огибающей два ротора и образующей транспортный конвейер. В зоне первого ротора выполняются только производственные операции, например, штамповка, в зоне второго ротора – удаление заготовки (детали).

В настоящее время в АРКЛ устанавливают роторы контроля и роторы смены инструмента, что позволяет эффективнее контролировать параметры изделий, а также, не останавливая линию, заменять блоки с неисправным инструментом. При необходимости возможна замена всех блоков, что позволяет перестраивать на ходу АРКЛ на изготовление новой продукции.

В АРКЛ 90 % времени цикла каждого ротора отведены на непосредственную обработку, т. е. на выполнение собственно



технологических операций, а все вспомогательные операции производятся вне ротора. Производительность такой линии почти вдвое превышает производительность роторной линии [2, 4].

3. Критерии оценки эффективности применения АРЛ и АРКЛ

В практике перехода от изготовления продукции на раздельном оборудовании к роторной технологии в первую очередь необходимо определить минимальный объем выпуска деталей, с которого целесообразно переходить к роторным машинам и линиям.

Фиктивная или технологическая производительность идеальной машины непрерывного действия, бесконечной долговечности и абсолютной надежности при отсутствии потерь времени на холостые ходы и простои определяется по формуле, шт/мин [2]:

$$\Pi_T = 60U_p/t_p,$$

где t_p — экстремальная продолжительность рабочего цикла, мин; U_p — число гнезд роторной машины.

Реальная машина отличается от идеальной машины наличием холостых ходов рабочих органов, конечной долговечностью и ограниченной надежностью механизмов, узлов и элементов. Период рабочего цикла одного инструмента технологической машины складывается из промежутков времени на совершение рабочих t_p и холостых t_x ходов [3]. Соответственно этому цикловая производительность роторной машины равна, шт/мин:

$$\Pi_{ц} = 60U_p/(t_p+t_x) = 60U_p/T_k,$$

где T_k — длительность кинематического цикла инструмента роторной машины (время одного оборота ротора):

$$T_k = t_p + t_x.$$

Ожидаемая действительная производительность прямо пропорционально числу U_p гнезд роторов и обратно пропорциональна сумме длительностей обработки и всех видов потерь [3]:

$$\Pi_{д.о} = \frac{U_p}{t_p \varepsilon_p + \frac{\Theta_{ин}}{N_{ин}} U_p m + \frac{\Theta_{пр}}{k_{пр}} m + \frac{\Theta_{тр}}{k_{тр}} (m+1)},$$

где ε_p — коэффициент, определяемый по формуле:



$$\varepsilon_p = \frac{2\pi}{\varphi_p},$$

φ_p — см. рис. 3, а; $\theta_{ин}$ — параметр потока восстановлений после отказа вследствие изнашивания инструментов; $\theta_{пр}$ — параметр потока восстановлений после отказа вследствие потерь предметов обработки на входе и внутри линии; $\theta_{тр}$ — параметр потока восстановлений после отказа вследствие потерь из-за несрабатывания транспортных устройств; $N_{ин}, k_{пр}, k_{тр}$ — средние наработки на отказ по упомянутым выше причинам, выраженные числом срабатываний; m — число технологических роторов линии.

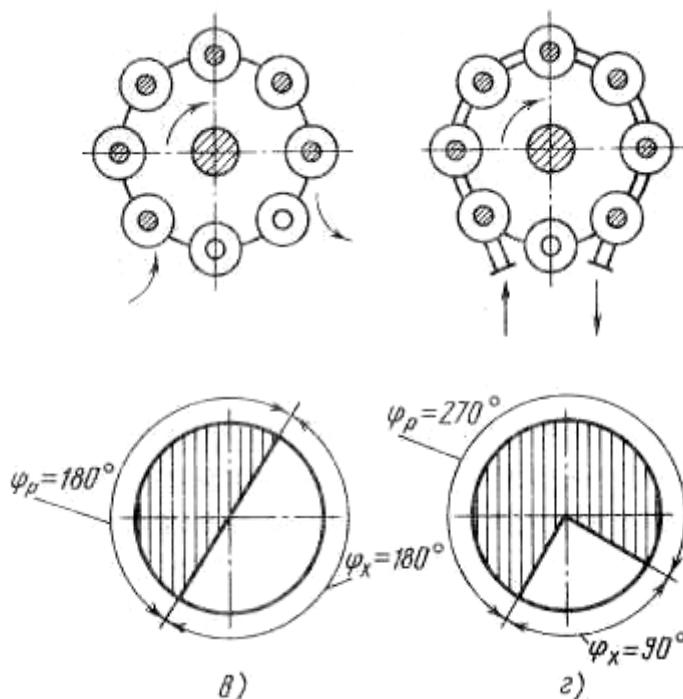


Рис. 3. Кинематические схемы и круговые циклы диаграммы роторной (в) и роторно-конвейерной (г) машин



Величина угла φ_p , соответствующая доле времени обработки t_p , определяется по формуле:

$$\varphi_p = (0,10\dots0,66) \cdot 2\pi.$$

Тогда $\varepsilon_p = 1,5\dots10$.

Машины роторного типа эффективно используются для обработки изделий номенклатур А, В, G, ..., М, что возможно при сходности технологических операций и соблюдении условия равенства длительности отдельных технологических переходов. Для таких процессов задается соотношение производительностей в выпуске изделий соответственно номенклатур [2]:

$$\Pi_{Т.А}/\Pi_{Т.В} = U_{р.А}/U_{р.В} = \varepsilon_A; \quad \Pi_{Т.В}/\Pi_{Т.С} = U_{р.В}/U_{р.С} = \varepsilon_B;$$

$$\Pi_{Т.С}/\Pi_{Т.М} = U_{р.С}/U_{р.М} = \varepsilon_C, \quad \Pi_{Т.М}/\Pi_{Т.Д} = U_{р.М}/U_{р.Д} = \varepsilon_M,$$

при $U_{р.А} + U_{р.В} + U_{р.С} + \dots + U_{р.М} = U_p$ и $\varepsilon_A + \varepsilon_B + \varepsilon_C + \dots + \varepsilon_M = 1$.

4. Методика расчета эффективности применения АРЛ и АРКЛ

4.1. В соответствии с исходными данными выданного варианта (приложение, табл. 1) вычисляются значения $\Pi_{Т.}$, $\Pi_{Ц.}$ и $\Pi_{Д.о.}$ по формулам, приведенным в разделе 3.

4.2. По вычисленным данным в координатных осях $\Pi_{Т.}$, $\Pi_{Ц.}$ и $\Pi_{Д.о.}$ — U_p строятся графики зависимости производительности от числа U_p гнезд роторов и степени ε_p использования рабочего пространства роторов, а в координатах $\Pi_{Ц.}$ и $\Pi_{Д.о.}$ — m — графики зависимости производительности от числа m роторов, объединяемых в автоматическую линию.

При построении графиков принять $\varepsilon_p = 2; 4; 6$, $U_p = 8; 16; 24$, $m = 5; 10; 15; 20$.

График $\Pi_{Ц.}(U_p)$ при различных значениях ε_p строится по формуле:

$$\Pi_{Ц.} = U_p / (t_p \varepsilon_p).$$

4.3. Производится анализ построенных графиков с целью выявления характера зависимостей $\Pi_{Т.}(U_p)$ и $\Pi_{Ц.}(U_p)$, $(\Pi_{Т.} - \Pi_{Ц.})(U_p)$ и $(\Pi_{Ц.} - \Pi_{Д.о.})(U_p)$, $\Pi_{Ц.}(\varepsilon_p)$.



4.4. Производится анализ построенных графиков для выявления характера зависимостей $\Pi_{\text{ц}}(m)$ и $\Pi_{\text{д.о}}(m)$, а также $(\Pi_{\text{ц}} - \Pi_{\text{д.о}})(m)$ при различных значениях U_p .

На обоих этапах анализа технологический параметр t_p и ожидаемые эксплуатационные характеристики $N_{\text{ин.}}$, $k_{\text{пр}}$, $k_{\text{тр.}}$, $\Theta_{\text{ин.}}$, $\Theta_{\text{пр.}}$, $\Theta_{\text{тр}}$ остаются постоянными по табл. 1 приложения в соответствии с выданным вариантом.

4.5. При многономенклатурной обработке в соответствии с исходными данными варианта (приложение, табл. 2) определяется технологическая производительность [4]:

$$\Pi_{\text{Т}} = 60U_k/t_p,$$

где U_k — число инструментальных блоков в зоне обработки:

$$U_k = \frac{U_p T_{\text{Т}}}{T_k} = 0,75U_p,$$

$T_{\text{Т}} = 0,75 T_k$ — продолжительность технологического цикла, т. е. продолжительность нахождения детали на позициях основных и вспомогательных операций.

4.6. В соответствии с заданными значениями E_a , E_b и E_c определяют производительность ротора по каждой номенклатуре $\Pi_{\text{Т.А}}$, $\Pi_{\text{Т.В}}$, $\Pi_{\text{Т.С}}$ [3]

$$\Pi_{\text{Т.А}} = \Pi_{\text{Т}} \varepsilon_{\text{А}},$$

$$\Pi_{\text{Т.В}} = \Pi_{\text{Т}} \varepsilon_{\text{В}},$$

$$\Pi_{\text{Т.С}} = \Pi_{\text{Т}} \varepsilon_{\text{С}}.$$

4.7. Выполняется расчет параметров производительности при обработке на механическом и гидравлическом прессах. Кинематические схемы и круговые цикловые диаграммы механического и гидравлического прессов приведены на рис. 4.

Расчет параметров производится в следующей последовательности.

4.7.1. По соотношению φ_p/φ_x определяем

$$t_x = nt_p, \text{ где } n = \frac{360^\circ}{\varphi_p} - 1.$$

4.7.2. Определяем продолжительность цикла, в течение которого обрабатывается одна деталь:



$$T_k = t_p + t_x = 360^\circ \frac{t_p}{\varphi_p}$$

Значения t_p и φ_p выбираются в соответствии с назначенным вариантом из табл. 2 (см. приложение).

4.7.3. Вычисляется цикловая производительность механического прессы, шт/мин:

$$П_{ц} = \frac{60}{T_k},$$

Технология машиностроения

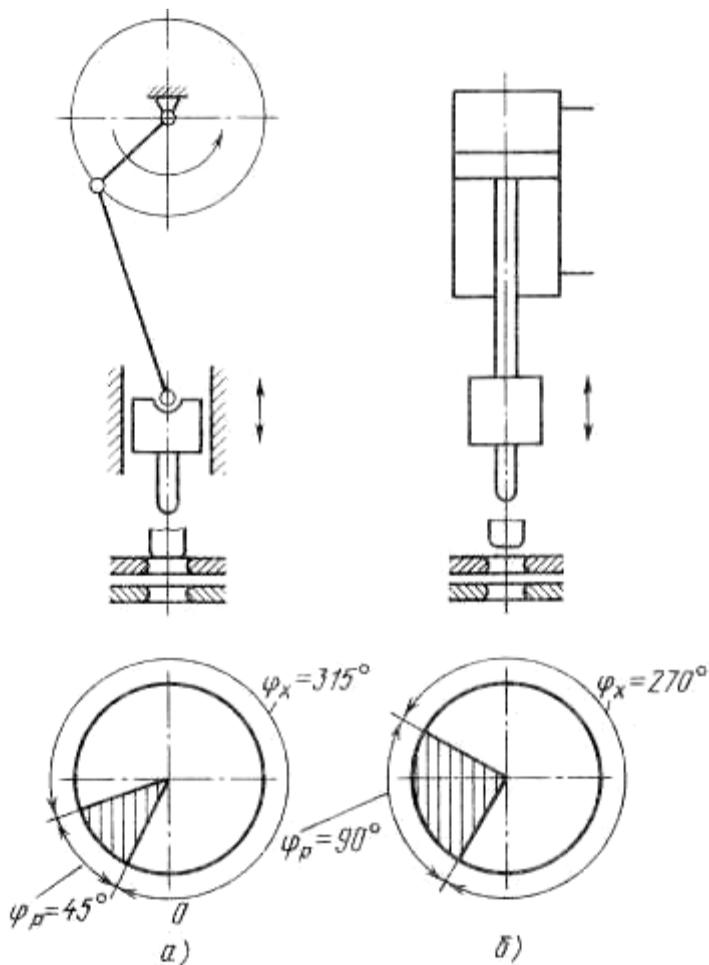


Рис. 4. Кинематические схемы и круговые цикловые диаграммы: механического (а)

и цикловые потери Π_T - $\Pi_{Ц}$. Величина Π_T принимается равной технологической производительности роторной машины, определяемой по формуле

$$\Pi_T = \frac{60}{t_p}$$



Технология машиностроения

4.7.4. Определяем ожидаемую производительность механического пресса, шт/мин:

$$\Pi_o = \frac{60}{T_k + t_n},$$

где t_n — длительность простоев оборудования в расчете на одну обработанную деталь (в среднем $t_n = 0,1$ с).

4.7.5. Определяются внецикловые потери производительности $\Pi_{ц} - \Pi_o$.

4.7.6. По данной методике рассчитываем аналогичные параметры для гидравлического пресса (при φ_p'), роторной (при φ_p'') и роторно-конвейерной (при φ_p''') машин.

Результаты вычислений сводятся в таблицу (приложение, табл. 3). На основании анализа полученных результатов делается вывод о наличии либо отсутствии преимуществ того или иного варианта построения технологических машин по использованию потенциала производительности.

5. Структура, порядок выполнения, оформление и сдача работы

5.1. Практическая работа выполняется по вариантам заданий, выдаваемых преподавателем. Группе студентов в количестве 2–3 человек выдаются одинаковые варианты по таблицам 1 и 2, выполняемые совместно. Номера вариантов (по табл. 1 и табл. 2) для каждой группы студентов могут соответствовать один другому.

5.2. Решение варианта задания по табл. 1 должно содержать:

- исходные данные для расчета.
- расчет показателей производительности АРЛ согласно п. 4.1.
- графические зависимости в соответствии с п. 4.2.
- анализ графических зависимостей.

5.3. Решение варианта задания по табл. 2 содержит:

- исходные данные для расчета по назначенному варианту;
- расчет показателей производительности многономенклатурной АРЛ согласно пп. 4.5, 4.6;
- расчет параметров производительности при обработке на механическом и гидравлическом прессе, а также на роторной и роторно-конвейерной машине в соответствии с п. 4.7;



Технология машиностроения

— сводную таблицу параметров производительности указанных машин согласно указанной форме (таблица 3);

— выводы о преимуществах того или иного варианта построения технологических машин по использованию потенциала производительности.

5.4. Оформление пояснительной записки выполняется в соответствии со стандартом ЕСКД на текстовые документы.

5.5. Титульный лист пояснительной записки оформляется в соответствии с образцом, показанным в приложении на с. 20.

5.6. Выполненная и оформленная работа после подписи консультанта о соответствии требованиям выносится на защиту.



ЛИТЕРАТУРА

1. Клусов И.А. Автоматические роторные линии // И.А. Клусов, Н.В.Волков, В.И. Золотухин. — М.: Машиностроение, 1987. — 288 с.
2. Клусов И.А. Технологические системы роторных машин. — М.: Машиностроение, 1976 — 232 с.
3. Клусов И.А. Проектирование роторных машин и линий: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов. — М.: Машиностроение, 1990. — 320 с.
4. Кошкин Л.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии. — М.: Машиностроение, 1982. — 336 с.
5. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов. — М.: Машиностроение, 1973. — 640 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Таблица 1

Вариант	t_p , с	U_p , шт.	ϕ_p^o	$\theta_{ин}$, с	$\theta_{пр.}$, с	$\theta_{тр.}$, с	$N_{ин.}$, циклов	$K_{пр.}$, циклов	$k_{тр.}$, циклов	m , шт.
1	0,10	3	40	50	0,5	25	30000	8	29000	2
2	0,40	4	160	60	1,0	30	29000	9	28000	4
3	0,25	5	100	70	1,5	35	28000	10	27000	3
4	0,30	6	120	80	2,0	40	27000	11	26000	5
5	0,20	8	80	90	2,5	45	26000	12	25000	3
6	0,10	9	40	100	3,0	50	25000	13	24000	2
7	0,50	10	45	110	3,5	55	24000	14	23000	4
8	0,40	12	160	120	4,0	60	23000	15	22000	5
9	0,25	15	100	130	4,5	65	22000	16	21000	3
10	0,30	16	120	140	5,0	70	21000	17	20000	4
11	0,35	18	140	150	5,5	75	20000	18	19000	2
12	0,20	20	80	160	6,0	80	19000	19	18000	3
13	0,15	24	60	170	6,5	85	18000	20	17000	3
14	0,25	20	100	160	6,0	80	19000	19	18000	2
15	0,10	18	40	150	5,5	75	20000	18	19000	5
16	0,30	16	120	140	5,0	70	21000	17	20000	4
17	0,40	15	160	130	4,5	65	22000	16	21000	2
18	0,50	12	200	120	4,0	60	23000	15	22000	4
19	0,20	10	80	110	3,5	55	24000	14	23000	5



Технология машиностроения

20	0,35	9	140	100	3,0	50	25000	13	24000	5
----	------	---	-----	-----	-----	----	-------	----	-------	---

Таблица 2

Номер вариант а	$t_{p,c}$	Ур, шт.	φ_p^o	φ_p°	$\varphi_p^{\circ\circ}$	$\varphi_p^{\circ\circ\circ}$	E_A	E_B	E_C
1	0,60	18	30	60	160	250	0,15	0,40	0,45
2	0,40	24	40	90	200	260	0,40	0,35	0,25
3	0,50	5	45	80	180	290	0,30	0,20	0,50
4	0,10	9	40	70	200	270	0,50	0,15	0,35
5	0,30	3	40	90	200	290	0,25	0,30	0,45
6	0,50	16	40	70	160	260	0,35	0,25	0,40
7	0,20	4	30	100	170	280	0,20	0,30	0,50
8	0,55	15	45	80	210	290	0,25	0,30	0,45
9	0,30	20	45	70	170	280	0,45	0,20	0,35
10	0,45	18	30	100	180	250	0,50	0,15	0,35
11	0,15	24	45	60	180	290	0,30	0,45	0,25
12	0,25	12	30	70	160	270	0,45	0,20	0,35
13	0,40	8	45	80	170	270	0,40	0,25	0,35
14	0,30	6	30	100	210	250	0,15	0,40	0,45



Технология машиностроения

15	0,50	9	30	90	190	280	0,20	0,50	0,30
16	0,60	4	40	90	190	260	0,50	0,30	0,20
17	0,20	3	45	80	200	290	0,30	0,25	0,45
18	0,40	10	30	60	160	280	0,25	0,45	0,30
19	0,25	16	40	80	170	250	0,35	0,20	0,45
20	0,60	18	45	70	200	270	0,40	0,25	0,35

Таблица 3

Технологическая машина	tx	Тк	Пц	По	Пт – Пц
	с		шт/мин		
Механический пресс-автомат					
Гидравлический пресс-автомат					
Роторная машина					
Роторно-конвейерная машина					



Расчет и выбор предохранительных пружинно-кулачковых муфт

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донской государственный технический университет»
(ДГТУ)

Факультет «Технология машиностроения»

Кафедра «Информационное обеспечение
автоматизированных технологических комплексов»

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА НА ТЕМУ
«Расчет эффективности применения автоматических
роторных и роторно-конвейерных линий»

ВАРИАНТ №

Выполнил студент

Группа

Преподаватель

Ростов-на-Дону
20__