2. Надеть на клапан *3* в сборе корпус клапана и вставить их в крышку цилиндра.

3. Вставить в паз крышки цилиндра уплотнительные кольца *1* штока.

4. Прикрепить крышку *8* к крышке цилиндра пятью винтами *9*. Винты затянуть до отказа.

5. Надеть на крышку цилиндра уплотнительное кольцо *10*. Поверхность кольца должна быть гладкой, без складок, расслоений, раковин и пузырей.

На поверхности разъема кольца допускается наличие заусенцев высотой не более 0,10 мм и т.д.

Сборка узла поршня (см. рис. 4.22, *в*).

1. Надеть на поршень две уплотнительные прокладки *12* и уплотнительное кольцо *10*.

2. Поставить уплотнительное кольцо *11* штока.

Все детали должны быть смазаны (смазка ЦИАТИМ-201).

Если в процессе сборки возникает необходимость частичного демонтажа ранее установленных деталей или сборочных единиц, то это должно быть включено в технологию и схему сборки.

В ряде производств в процессы узловой и общей сборки изделий включают также операции по предохранению от коррозии и покраске. Например, в производстве легковых автомобилей после сборки кузова и сварки, а также сглаживания всех швов шлифованием и пайкой кузов в специальных камерах обрабатывают для повышения коррозиестойкости, наносят на швы герметизирующие пасты и грунтовку. Грунтовку наносят распылительными машинами в несколько этапов с промежуточными сушками. После этого поверхность вновь обрабатывают для достижения необходимой чистоты и кузов направляют в распылительную камеру, где наносят цветные покрытия. Затем кузов сушат и подвергают особой термической обработке для придания поверхности зеркального блеска.

5. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

Автоматизированное проектирование технологических процессов сборки машин наиболее эффективно в диалоговом режиме. Это обусловлено тем, что в машиностроении существует большое многообразие изделий и сборочных единиц, которые отличаются составом деталей, способами и последовательностью их соединения, а также организационной формой процесса сборки. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов сборки (САПР ТПС) в пакетном режиме без участия технолога не могут охватить всю номенклатуру изделий машиностроительного предприятия. Диалоговый же режим позволяет проектировать технологические процессы сборки для сборочных единиц любого типа при любой организационной форме сборочного процесса.

Автоматизированное проектирование технологических процессов сборки в диалоговом режиме включает следующие этапы:

1) ввод исходных данных, содержащих сведения об изделии и сборочных единицах;

2) ввод общих сведений на проектируемый технологический процесс;

3) формирование структуры технологического процесса сборки;

4) выбор оборудования и средств технологического оснащения;

5) настройка параметров технологического процесса;

6) формирование текстовой и графической технологической документации.

Рассмотрим основные этапы проектирования технологического процесса сборки на примере подсистемы САПР ТПС, которая входит в учебно-исследовательскую интегрированную автоматизированную систему технологической подготовки производства «КАСКАД», созданную на кафедре «Технология машиностроения» Белорусско-Российского университета.

22 Зак. 1206

5.1. Исходные данные для проектирования технологического процесса сборки

При автоматизированном проектировании технологического процесса сборки исходные данные содержат сведения о сборочных единицах и входящих в их состав деталях. Эти сведения получены в результате разузлования изделия и составления общей схемы его сборки. Массивы исходных данных размещаются в базе данных системы, в справочниках узлов и изделий (табл. 5.1), а также в справочнике деталей (табл. 5.2).

Таблица 5.1

Справочник узлов, изделий

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Код изделия, узла внутрисистемный	tKodIzdUz	Целый
Обозначение изделия, узла по спецификации	tObIzdUz	Текстовый
Наименование изделия, узла по спецификации	tNamIzdUz	То же
Масса изделия или узла	tMasIzdUz	Вещественный

Таблица 5.2

Справочник деталей

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Код детали внутрисистемный	tKodIzdUz	Целый
Код изделия, узла внутрисистемный	tKodIzdUz	Целый
Обозначение детали по спецификации	tObIzdUz	Текстовый
Масса детали	tMasDet	Вещественный
Наименование детали по спецификации	tNamIzdUz	Текстовый
Количество деталей в сборочной единице	tKolDet	Целый
Номер позиции детали по сборочному чертежу	tPozDet	Целый

Для обеспечения целостности базы данных по полю tKodIzdUz (см. табл. 5.1) установлена связь «один ко многим» с возможностью каскадного удаления и изменения данных. Сведения об изделиях и узлах оператор вводит в базу данных с помощью формы **Узлы и детали** (рис. 5.1).

Сведения об изделиях или узлах могут быть импортированы из конструкторской САПР, если в ней предусмотрено автоматическое формирование спецификаций на сборочные чертежи. Для этих целей используется кнопка **Импорт данных**.

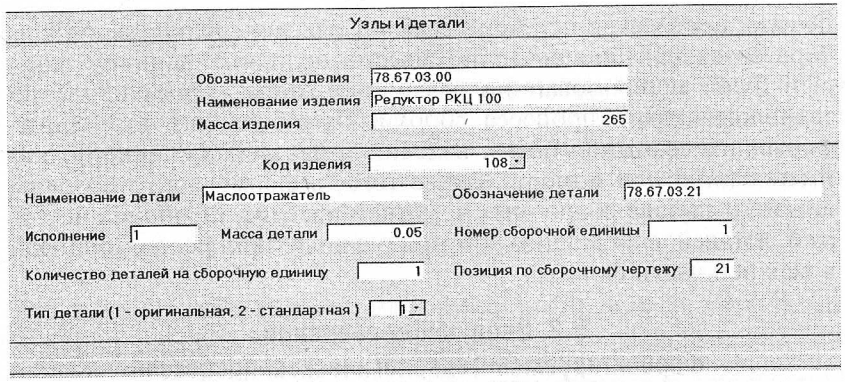


Рис. 5.1. Форма «Узлы и детали»

В начале проектирования из базы данных выбирается узел или изделие. Выбор делает технолог, используя форму **Каталог изделий и деталей** (рис. 5.2). Для выбора изделия технолог из списка **Изделия** выбирает нужную строку, после чего в списке

Рис. 5.2. Форма «Каталог изделий и деталей»

Детали появляется перечень деталей изделия. В результате выбора создается динамический массив исходных данных, который будет использован на различных этапах проектирования технологического процесса сборки. При большом объеме информации возможен поиск изделий и деталей в списке по наименованию или номеру. Кроме того, в форме предусмотрены команды вызова сборочных чертежей изделий и рабочих чертежей деталей с помощью кнопок управления, расположенных в верхней части формы.

5.2. Ввод общих сведений о проектируемом технологическом процессе

Технологическая документация содержит ряд общих для различных проектируемых документов сведений. К ним относятся: обозначение комплекта документов; обозначение маршрутной карты; литера документа; фамилии и инициалы лиц, ответственных за разработку, проверку и утверждение комплекта документов технологического процесса.

Эта информация формируется технологом для каждого технологического процесса и хранится в базе данных в виде справочника спроектированных технологических процессов (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Справочник спроектированных технологических процессов (ТП)

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Код проектируемого ТП	tNomTP	Целый
Код изделия (узла) внутрисистемный	tKodIzdUz	Целый
Код вида ТП (резание, сборка, термическая обработка, и т.п.)	tVidObr	Целый
Обозначение комплекта документов	tObKD	Текстовый
Обозначение маршрутной карты ТП	tObMK	Текстовый
Литера документа	tLit	Текстовый
Фамилия и инициалы разработчика ТП	tRazr	Текстовый
Фамилия лица, ответственного за проверку ТП	tProv	Текстовый
Фамилия лица, ответственного за нормоконтроль ТП	tNK	Текстовый
Фамилия лица, ответственного за согласование ТП	tSog	Текстовый
Фамилия лица, ответственного за утверждение ТП	tUtv	Текстовый
Номер изделия, с которого вводится ТП	tNomIzdT	Целый
Единица нормирования	tEdNorm	Целый
Объем производственной партии	tOPP	Целый

Для формирования общих сведений о проектируемом технологическом процессе используется форма, показанная на рис. 5.3. Чтобы сократить затраты времени на формирование общих сведений, в форме для некоторых полей созданы раскрывающиеся списки, при помощи которых можно выбрать различные заранее известные данные. Эти данные содержатся в справочниках видов документов, фамилий сотрудников, ответственных за контроль на различных этапах прохождения документа, и др.

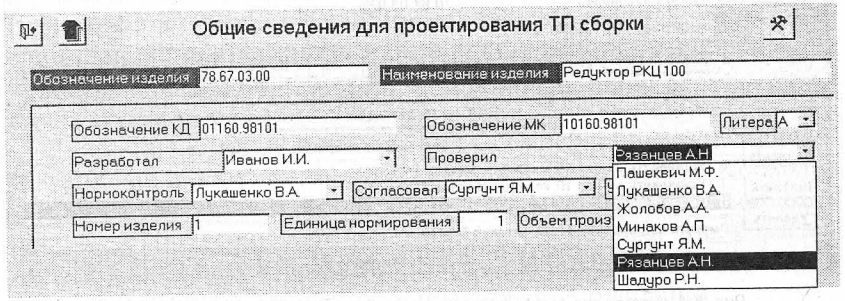


Рис. 5.3. Форма для ввода общих сведений о проектируемом технологическом процессе сборки

5.3. Формирование структуры технологического процесса сборки

Выбор состава и последовательности выполнения операций технологического процесса сборки, технологических переходов, а также используемых при сборке деталей и материалов выполняется технологом в диалоговом режиме проектирования. Процедура выбора осуществляется при помощи формы, приведенной на рис. 5.4.

В первую очередь выбирается состав операций технологического процесса сборки и последовательность их выполнения. Операции добавляются в технологический маршрут в порядке их следования. Для ввода операции в технологический маршрут служит кнопка **Добавить** в области **Выбор операций**. При нажатии на кнопку раскрывается список всех возможных технологических операций сборки изделия. После выбора операции происходит запись ее кода в конец массива спроектированных технологических операций, содержимое которого постоянно отображается в списке **Технологический маршрут**. После этого в раскрываю-

Рис. 5.4. Форма для выбора структуры технологического процесса сборки

щемся списке, рядом с которым написано **Выбор операции и сборочной единицы**, выбирается номер сборочной единицы, соответствующий предварительно составленной схеме сборки изделия или узла. Список операций для выбора формируется из справочника операций базы данных (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Справочник операций

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Код операции внутрисистемный	tNomOpr	Целый
Код вида ТП (резание, сборка, термическая обработка и т.п.)	tVidObr	Целый
Обозначение	tObOpr	Целый
Наименование	tNamOpr	Текстовый

В процессе формирования технологического маршрута возможно его редактирование — изменение наименования операции, удаление операции, вставка операции после указанной. Изменение наименования операции выполняется в строке **Редактирование операции**. Перед редактированием наименования

операции необходимо выбрать из списка требуемую операцию. Выбор операции производится в поле **Выбор номера проектируемой операции** с помощью кнопок прокрутки списка операций, которые расположены справа и слева от поля номера операции. После выбора операции в списке ее наименование будет отображено в поле **Редактирование операции**, в котором можно ввести новое наименование операции. Новое название операции можно ввести с клавиатуры либо выбрать из раскрывающегося списка **Выбор операции и сборочной единицы**. Если при изменении операции изменяется и номер сборочной единицы, то его нужно выбрать при помощи соседнего поля с раскрывающимся списком с номерами сборочных единиц в соответствии со схемой сборки изделия.

Для вставки новой технологической операции между присутствующими в технологическом маршруте операциями необходимо выбрать в списке **Выбор номера проектируемой операции** операцию, после которой будет выполнена вставка новой операции. Затем нажать кнопку **Вставить** и из открывшегося списка операций выбрать требуемое наименование операции.

Удаление операций происходит в два этапа. На первом этапе производится выбор удаляемой операции в поле **Выбор номера проектируемой операции**. При этом операция выделится в списке **Технологический маршрут** черным фоном. На втором этапе необходимо нажать кнопку **Удалить**. После выполнения этой команды операция удалится из списка **Технологический маршрут** и обновятся номера операций, определяющие порядок их выполнения в технологическом маршруте.

Результаты проектирования технологического маршрута автоматически заносятся в базу данных в справочник спроектированных технологических операций (табл. 5.5). На последующих этапах проектирования в базу данных добавляются общие сведения об отдельных операциях технологического процесса, которые получают при выполнении других проектных процедур — выбора оборудования, профессий исполнителей и их разрядов, нормирования операций и т.п.

После выбора технологического маршрута технолог для каждой технологической операции определяет состав собираемых деталей и вспомогательных материалов. Для решения этой задачи используется область **Выбор деталей и материалов** формы **Выбор структуры технологического процесса сборки** (рис. 5.5).

Таблица 5.5

Справочник спроектированных технологических операций

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Номер записи операции в базе данных	tNomZapOpr	Целый
Код операции внутрисистемный	tNomOpr	Целый
Код проектируемого технологического процесса	tNomTP	Целый
Обозначение операции	tObOpr	Целый
Порядковый номер операции в маршруте	tPNomOpr	Целый
Обозначение операционной карты	tObOK	Текстовый
Код цеха внутрисистемный	tTKodC	Целый
Код участка внутрисистемный	tKodU	Целый
Рабочее место	tRM	Целый
Код оборудования внутрисистемный	tKodO	Целый
Код приспособления внутрисистемный	tKodP	Целый
Код профессии исполнителя внутрисистемный	tKodProf	Целый
Разряд исполнителя	tRazr	Целый
Код инструкции по охране труда внутрисистемный	tKodIOT	Целый
Основное время операции	tTOO	Вещественный
Вспомогательное время операции	tTVO	Вещественный
Подготовительно-заключительное время операции	tTPZ	Вещественный
Штучное время на операцию	tTSTO	Вещественный

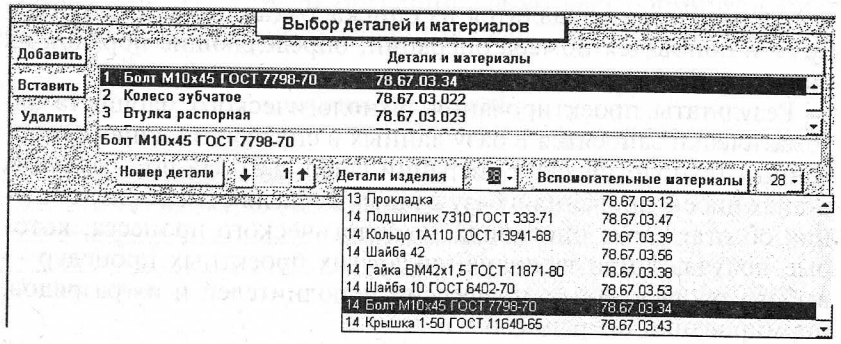


Рис. 5.5. Форма для выбора материалов и деталей

Перед выбором деталей и материалов в форме **Выбор операций** (см. рис. 5.4) необходимо выбрать в списке **Технологический маршрут** операцию, для которой будет выполняться выбор

деталей и материалов. Выбор операции осуществляется по полю **Порядковый номер операции** с помощью кнопок прокрутки списка. Детали и материалы выбирают в списках, раскрывающихся при нажатии кнопок **Детали изделия** и **Вспомогательные материалы** соответственно.

Список деталей формируется из справочника деталей (см. табл. 5.2). Критерием отбора является номер изделия или узла, заданный на этапе выбора операций. Справочник вспомогательных материалов базы данных является источником данных для списка вспомогательных материалов. Структура базы данных справочника подобна структуре других справочников системы, приведенных выше.

Выбор деталей и материалов выполняется технологом, аналогично тому, как это делается в главной форме при выборе операций технологического маршрута. Команды формы позволяют выполнять операции добавления, вставки удаления или изменения наименования материала, детали в строке редактирования, которая расположена ниже списка деталей и материалов.

Результаты выбора сохраняются в базе данных в справочнике деталей и материалов спроектированных операций (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Справочник деталей и материалов спроектированных операций

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Номер записи детали, материала в каталоге	tNomZapKM	Целый
Номер записи операции в каталоге	tNomZapOpr	Целый
Код детали или материала внутрисистемный	tObOpr	Целый

На следующем этапе проектирования технологу необходимо установить для каждой операции состав и последовательность выполнения вспомогательных и технологических переходов. В форме **Выбор операций** в списке **Технологический маршрут** выбирают операцию, для которой будет определяться состав технологических переходов. Операция выбирается в поле **Порядковый номер операции** с помощью кнопок прокрутки списка. Состав и последовательность технологических переходов задается во вложенной форме **Выбор переходов** (рис. 5.6).

Переходы в состав операции вводятся в предполагаемой последовательности их выполнения. Для ввода перехода нажимается кнопка **Добавить**. В поле **Содержание перехода** раскрывается

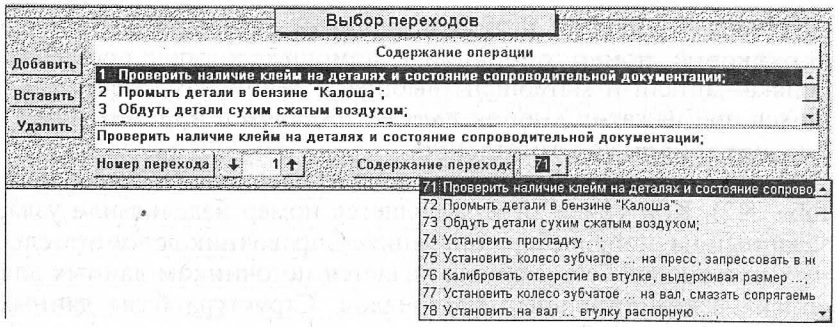


Рис. 5.6. Форма для выбора технологических переходов

список типовых переходов проектируемой технологической операции, из которого выбирается требуемый типовой переход. Параметры типового технологического перехода задаются в строке редактирования, которая расположена ниже списка переходов. Параметры технологического перехода, обозначения деталей, материалов, выдерживаемых размеров задаются технологом путем вставки требуемых значений взамен символов замещения «...» в режиме ввода данных с клавиатуры ЭВМ.

Команды формы позволяют вносить необходимые изменения в содержание перехода в строке редактирования ниже списка **Содержание операции**. Для редактирования необходимо предварительно выбрать в поле **Номер перехода** изменяемый переход или переход, после которого необходимо вставить новый.

Результаты выбора переходов сохраняются в базе данных в справочнике технологических переходов спроектированных операций (табл. 5.7).

Таблица 5.7

Справочник технологических переходов спроектированных операций

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Номер записи перехода в каталоге	tNomZapPO	Целый
Номер записи операции в каталоге	tNomZapOpr	То же
Порядковый номер перехода в операции	tNomPO	То же
Код первого вспомогательного инструмента	tKodVI1	То же
Код второго вспомогательного инструмента	tKodVI2	То же
Код третьего вспомогательного инструмента	TKodVI3	То же
Код режущего инструмента	tKodRI	То же

Окончание табл. 5.7

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Код первого измерительного инструмента	tKodII1	То же
Код второго измерительного инструмента	tKodII1	То же
Диаметр поверхности D	tDPO	Вещественный
Длина поверхности L	tLPO	То же
Глубина резания	tTPO	То же
Подача	tSPO	То же
Скорость резания	tVPO	То же
Частота вращения шпинделя	tNPO	Целый

5.4. Выбор оборудования и средств технологического оснащения

Для автоматизированного выбора оборудования и средств технологического оснащения в базе данных системы создан справочник групп оборудования, который включает сведения о доступном сборочном и металлорежущем оборудовании (табл. 5.8).

Таблица 5.8

Справочник групп оборудования

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Номер записи оборудования в каталоге	tNomZapGr	Целый
Код группы оборудования внутрисистемный	tKodGr	Целый
Наименование группы оборудования	tNamGr	Текстовый

Все оборудование для сборки разбито на группы по принципу идентичности технических характеристик и назначения. Для каждой группы сборочного оборудования в базе данных созданы локальные справочники групп оборудования. Приведенные в них подробные технические характеристики необходимы для корректного выбора оборудования (табл. 5.9; на примере структуры локального справочника гидравлических прессов).

Таблица 5.9

Справочник гидравлических прессов

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Номер записи пресса в каталоге	tNomZapPr	Целый
Код группы оборудования внутрисистемный	tKodGr	Целый
Код пресса внутрисистемный	tKodOb	Целый

Окончание табл. 5.9

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Наименование и модель	tNamMod	Текстовый
Усилие номинальное, кН	tUsNom	Целый
Скорость рабочего хода штока, м/мин	tVR	Вещественный
Скорость возвратного хода штока, м/мин	tVXX	Целый
Ход штока, мм	tXS	Целый
Расстояние между столом и штоком максимальное, мм	tRH	Целый
Расстояние от оси штока до станины, мм	tRB	Целый
Размеры стола	tRS	Текстовый
Мощность привода, кВт	tMP	Вещественный
Габариты пресса, мм	tGb	Текстовый
Масса пресса, кг	tMas	Целый
Предприятие-изготовитель	tPrIz	Текстовый

Аналогичным образом построены базы данных для приспособлений, режущих, вспомогательных, измерительных инструментов. Все используемые при сборке приспособления и инструменты разбиты на группы по принципу однородности технических характеристик и назначению средств технологического оснащения. Для каждой группы созданы локальные справочники отдельных видов технологического оснащения. Форма для выбора оборудования, средств технологического оснащения и последующей параметрической настройки технологического процесса показана на рис. 5.7.

Данная форма позволяет выбирать в базе данных проектируемого технологического процесса сборки операции и переходы, для которых необходимо задать недостающие реквизиты, оборудование, инструменты, нормы времени, необходимые режимы. Операция выбирается по порядковому номеру в технологическом маршруте и задается в поле **Номер операции** с помощью кнопок прокрутки списка. Выбор переходов для текущей операции выполняется аналогично выбору операций в поле **Номер перехода** вложенной формы **Технологические и вспомогательные переходы операции**. При выборе операции синхронно обновляется содержимое вложенной формы **Детали, материалы и сборочные единицы операции**. В поле порядкового номера записей формы можно просмотреть список материалов, деталей и при необходимости выполнить редактирование этого списка.

Рис. 5.7. Форма для выбора средств технологического оснащения и параметрической настройки технологического процесса сборки

Поля главной и вложенных форм, предназначенные для занесения сведений об оборудовании и приспособлениях, являются активными. При двойном нажатии левой кнопки мыши в поле активизируются меню, предназначенные для выбора соответствующего оснащения операции. Меню для выбора оборудования и приспособлений является двухуровневым (рис. 5.8). Первый уровень меню позволяет локализовать область поиска путем указания группы оборудования или средств технологического оснащения. Второй уровень меню позволяет получить информацию о конкретном виде оборудования или приспособления из базы данных системы. После выбора в списке требуемого оборудования или приспособления его обозначение переносится в соответствующее поле формы (см. рис. 5.7).

Для оперативного выбора оборудования и приспособлений, которые часто встречаются при проектировании операций, в полях **Код и наименования оборудования** и **Обозначение и наименование приспособления** предусмотрены раскрывающиеся списки. Они формируются из специальных разделов базы дан-

ных системы, которые могут пополняться технологом в процессе проектирования различных технологических процессов сборки. Необходимая информация в раскрывающиеся списки вводится с клавиатуры или из базы данных системы. Для добавления данных в раскрывающийся список необходимо вызвать контекстное меню активного поля формы правой клавиши мыши и выбрать команду **Добавить в список**. Аналогичным образом избыточная, неиспользуемая информация может быть удалена командой **Удалить из списка**.

Наименование оборудования: Пресс гидравлический горизонтальный

Технические характеристики	Значение
Усилие пресса, кН	150
Давление в системе, Мпа	7
Ход штока цилиндров, мм	300
Длина вала максимальная, мм:	1400
Длина вала минимальная, мм:	100
Масса пресса, кг	1200

Вставить

Отмена

Рис. 5.8. Форма для выбора оборудования в базе данных по его техническим характеристикам

После выбора оборудования, приспособлений и других общих данных о технологической операции технолог выбирает оснащение для технологических переходов. Для этого необходимо во вложенной форме **Технологические и вспомогательные переходы операции** выбрать в поле **Номер перехода** порядковый номер перехода операции, для которого будет произведен выбор средств технологического оснащения.

Выбор инструментов для технологических переходов может быть выполнен различными способами:

1) из базы данных системы с помощью двухуровневого меню;

2) из выпадающего списка наиболее используемых инструментов;

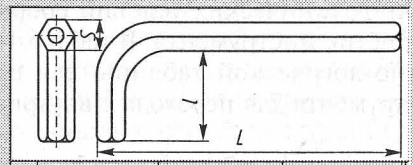
3) автоматически посредством информационно-логических таблиц базы данных;

4) вводом с клавиатуры обозначения инструмента, отсутствующего в базе данных.

При выборе инструментов из базы данных необходимо дважды нажать кнопку в поле выбираемого инструмента и затем в меню выбрать группу инструментов и вид инструмента. На экран будет

выведена таблица искомых инструментов с их детальными техническими характеристиками (рис. 5.9). Из списка инструментов необходимо выбрать требуемый инструмент и выполнить команду **Вставить** для вставки обозначения инструмента в указанное ранее поле формы.

Ключи для деталей с шестигранным углублением под ключ ГОСТ 11737-74



Размер S	Размер L	Размер l
3	60	15
4	70	20
5	80	25
6	90	28
8	110	32
10	130	36
12	150	40
14	170	45
17	200	50
19	220	55
22	250	60
27	300	70
0	0	0

Вставить

Отмена

Рис. 5.9. Форма для выбора инструмента

Необходимый инструмент выбирается в раскрывающемся списке. Раскрывающиеся списки могут пополняться технологом в процессе проектирования различных технологических процессов сборки. Необходимая информация в раскрывающемся списке вводится с клавиатуры или из базы данных системы. Для добавления данных в раскрывающийся список необходимо вызвать контекстное меню активного поля формы нажатием правой клавиши мыши и выбрать команду **Добавить в список**. Аналогичным образом избыточная, неиспользуемая информация в списке может быть удалена командой **Удалить из списка**.

Для типовых технологических переходов сборки (резьбовые соединения, соединения с натягом и др.) в базе данных системы

созданы информационно-логические таблицы для автоматического выбора инструментов.

Информационно-логическая таблица (ИЛТ) представляет собой совокупность полей множества возможных решений и полей, содержащих значения критериев выбора. Например, механизированный инструмент при выполнении перехода свинчивания деталей может быть выбран с использованием информационно-логической таблицы, предварительно составленной технологом с учетом организационно-технических условий сборки изделий и технических характеристик инструмента. В табл. 5.10 приведен пример информационно-логической таблицы для выбора слесарно-монтажного инструмента для перехода с внутрисистемным кодом 108.

Таблица 5.10

Информационно-логическая таблица для автоматического выбора пневмогайковерта

Модель пневмогайковерта	Код перехода (Кп)	Наибольший диаметр резьбы (Дн)	Наименьший диаметр резьбы (Дм)
ИП-3114	108	20	6
ИП-3106А	108	36	22
ИП-3115	108	52	40
Логическое условие выбора Кп=Кпп И Дн>=Др И Дм<=Др	=[Кпп]	>=[Диаметр резьбы Др?]	<=[Диаметр резьбы Др?]

Поиск в таблице производится по запросу с параметрами. Параметрами запроса являются внутрисистемный код проектируемого перехода Кпп и диаметр свинчиваемой резьбы Др. Активизация информационно-логических таблиц и выполнение операции поиска связаны с выбором перехода. По коду выбранного перехода в базе данных системы производится поиск таблицы и направляется запрос технологу для ввода неизвестных параметров. После ввода значения параметра (в табл. 5.10 это диаметр резьбы Др) выполняется автоматический выбор инструмента. В поле инструмента выводится его обозначение и наименование. Аналогичным образом решается задача выбора вспомогательных и измерительных инструментов.

5.5. Параметрическая настройка технологического процесса

Параметрическая настройка технологического процесса сборки заключается в определении режимов технологических переходов и нормировании операций. Для этого используются библиотеки программ поддержки проектирования. Обращение к библиотечным программам поддержки проектирования выполняется через кнопки **Расчет режимов сборки** и **Нормирование операций** формы для выбора средств технологического оснащения и параметрической настройки технологического процесса сборки (см. рис. 5.7). При нажатии кнопки **Расчет режимов сборки** открывается меню типовых расчетных задач (рис. 5.10), из которого технолог выбирает задачу и переходит в режим диалогового проектирования.

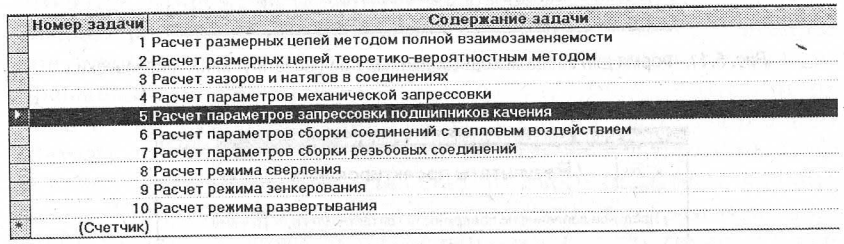


Рис. 5.10. Меню задач расчета режимов сборки

В системе создан ряд программ для решения типовых задач, возникающих при параметрической настройке технологических переходов. Для решения задачи технолог задает в форме исходные данные (рис. 5.11). Результаты расчета выводятся в форме (рис. 5.12). Они могут быть скопированы и вставлены в нужное поле формы через буфер обмена операционной системы. Для этого нажатием правой клавишей мыши вызывается контекстного меню поля формы.

Поскольку при выполнении некоторых операций сборки производится обработка резанием, в состав библиотеки программ включены программы расчета режимов сверления, зенкерования и развертывания. Библиотека внешних программ может пополняться специалистами службы САПР ТПС предприятия или самим технологом.

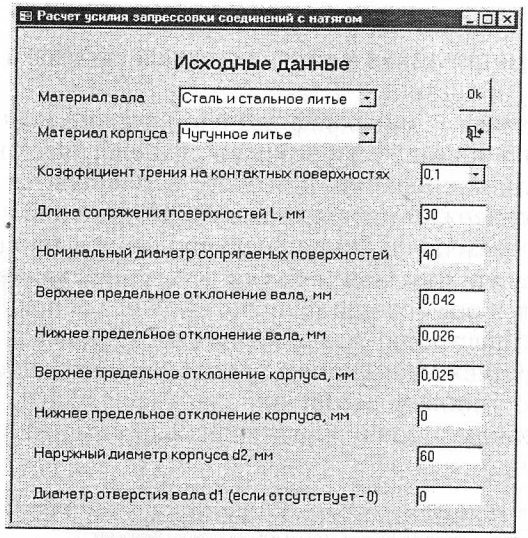


Рис. 5.11. Форма для ввода исходных данных при расчете усилия запрессовки

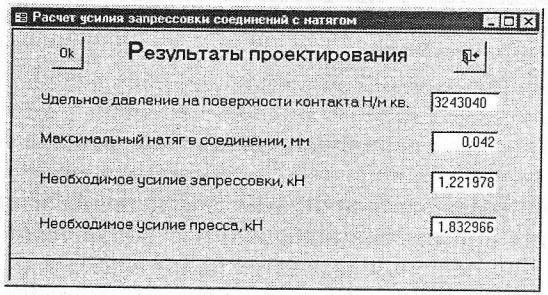


Рис. 5.12. Форма для вывода результатов расчета усилия запрессовки

Большинство расчетных задач технологического проектирования построено на использовании нормативно-справочных данных, оформленных в виде таблиц. Такая расчетная задача представляет собой последовательность операций по выбору данных из таблиц и выполнению математических операций над ними. Нормативно-справочные данные являются условно-постоянной информацией, поскольку изменение методик расчета и нормативной базы технологического проектирования происходит до-

вольно редко, обычно по истечении 15—20 лет, т.е. 2—3 раза за период всей профессиональной деятельности специалиста. Учитывая эти особенности вычислительных задач технологического проектирования, можно считать, что автоматизация их решения наиболее эффективно и гибко может быть решена в среде электронных таблиц, особенно в тех случаях, когда программное обеспечение предназначено для внешней поддержки процесса проектирования. Высокий уровень автоматизации программирования в среде электронных таблиц позволяет специалисту в конкретной предметной области при минимальных затратах времени самостоятельно создавать достаточно сложное программное обеспечение для решения прикладных задач и включать его в состав библиотеки внешних программ поддержки процесса проектирования. Опыт кафедры «Технология машиностроения» Белорусско-Российского университета показывает, что затраты времени студентов на разработку программ автоматизации расчета режимов резания, нормирования отдельных видов технологических операций в среде электронных таблиц не превышают 40—50 часов. Таким образом, однажды затратив относительно небольшое количество времени на создание программы, специалист или его преемники на протяжении 15—20 лет могут использовать ее для решения своих профессиональных задач. Учитывая высокую эффективность программирования вычислительных задач технологического проектирования в среде электронных таблиц, детально рассмотрим методику создания подсистем автоматизации решения задач этого класса.

Информационно-логические таблицы (ИЛТ) для выбора нормативных данных размещаются на отдельных листах электронной таблицы в порядке их использования в ходе решения локальных задач. Листам электронной таблицы присваиваются имена, например название приемов или комплексов сборочных работ, название выбираемого коэффициента и т.п.

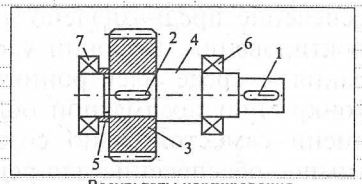
На первом листе файла электронных таблиц размещаются исходные данные и выводятся результаты проектирования. На листе размещается название операции нормирования, например «Нормирование сборки редуктора и его узлов», или типового комплекса процесса сборки и список исходных данных, которые используются при нормировании. Этот список создается и пополняется необходимыми исходными данными при создании листов, на которых решаются локальные задачи выбора норм

времени на отдельные приемы и комплексы сборочных работ. В конце листа расположены результаты решения отдельных этапов задачи и окончательный результат (рис. 5.13).

Нормирование укрупненного типового комплекса слесарно-сборочных работ — **Комплекс 12**

Исходные данные

Размер 1-й шпонки	
Ширина	20
Высота	18
Длина	130
Размер 2-й шпонки	
Ширина	28
Высота	26
Длина	110
Длина запрессовки зубчатого колеса	180
Вес зубчатого колеса	76
Характер посадки зубчатого колеса	с натягом
Диаметр втулки	85
Масса втулки	0,15
Характер посадки втулки на вал	с зазором
Длина перемещения втулки при установке	80
Правый подшипник	
Диаметр запрессовки	85
Длина запрессовки зубчатого колеса	68
Характер посадки	с натягом
Левый подшипник	
Диаметр запрессовки	85
Длина запрессовки зубчатого колеса	41
Характер посадки	с натягом



Результаты нормирования

Установить призматическую шпонку 1 с подгонкой и зачисткой шпонки	1,75
Установить призматическую шпонку 2 с подгонкой и зачисткой шпонки	1,85
Запрессовать зубчатое колесо 3 на вал 4 со шпонкой на гидравлическом прессе	1,7
Установить распорную втулку 5 на вал 4 до упора	0,31
Запрессовать подшипники качения 6 и 7 на вал 4	2,24
Штучное время на операцию	7,85

Рис. 5.13. Фрагмент листа электронной таблицы для нормирования операции сборки выходного вала редуктора

На последующих листах электронной таблицы размещаются ИЛТ выбора норм времени на отдельные приемы и комплексы сборочных работ. В заголовке листа указывается название таблицы, которое соответствует нормируемым приемам и комплексам сборочных работ. Ниже располагаются исходные данные для решения локальной задачи нормирования, связанной с информационно-логической таблицей листа, а затем и сама ИЛТ. В конце листа таблицы размещается результат выбора нормы времени на нормируемый комплекс работ, который затем будет использован при решении общей задачи нормирования сборочной операции. Лист для решения локальной задачи выбора нормы времени на отдельный прием слесарно-сборочных работ, который включает двухстороннюю и одностороннюю ИЛТ, приведен на рис. 5.14.

Штучное время на запрессовывание деталей, узлов на вал или в отверстие со шпонкой под гидравлическим прессом при установке детали вручную — **КАРТА 63_1**

Исходные данные	
Вес детали в кг	10
Длина запрессовки	45
Вес оправки в кг	4
Запрессовка с оправкой - 1 без оправки - 0	1

Содержание работы

1. Взять деталь, протереть соединяемые поверхности, и смазать шейки вала под запрессовку
2. Установить базовую деталь на стол пресса
3. Установить деталь на вал или в отверстие
4. Включить пресс, запрессовать деталь, выключить пресс
5. Снять и уложить узел в тару

Вес детали в кг до	Длина запрессовки в мм до					
	30	50	100	150	200	300
2	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7
3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75
5	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,85
8	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,9
12	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	1,05
20	0,7	0,8	0,9	1,05	1,1	1,2

Дополнительное штучное время на установку и снятие оправки при запрессовке с применением оправки

Вес оправки в кг до	Дополнительное штучное время
0,5	0,08
1	0,09
3	0,11
5	0,14
8	0,17
12	0,21

Основное штучное время, мин	0,65
Дополнительное штучное время, мин	0,14
Полное штучное время, мин	0,79

Рис. 5.14. Лист для решения задачи выбора нормы времени на отдельный прием слесарно-сборочных работ

Рассмотрим процедуру создания информационно-логической таблицы, которая позволяет на основе исходных данных автоматически выбирать из массива решений искомое значение.

Любая нормативно-справочная информация может быть представлена в виде односторонних и двухсторонних таблиц, которые приведены на рис. 5.15, 5.16.

При выборе данных посредством ИЛТ реализуется логическая функция (1) выбора подмножества Ф различных элементов таблицы решений ИЛТ:

$$\Phi \equiv \bigvee_{i=1}^{n_1} \left[\bigvee_{j=1}^{n_2} \left(\bigvee_{k=1}^{n_3} A_k \right)_j \right]_i ,$$

где $i = 1, 2, ..., n_1$ — число возможных решений; $j = 1, 2, ..., n_2$ — число условий, связанных дизъюнкцией (И); $k = 1, 2, ..., n_3$ —

число условий, связанных конъюнкцией (ИЛИ); A_k — k-й критерий выбора.

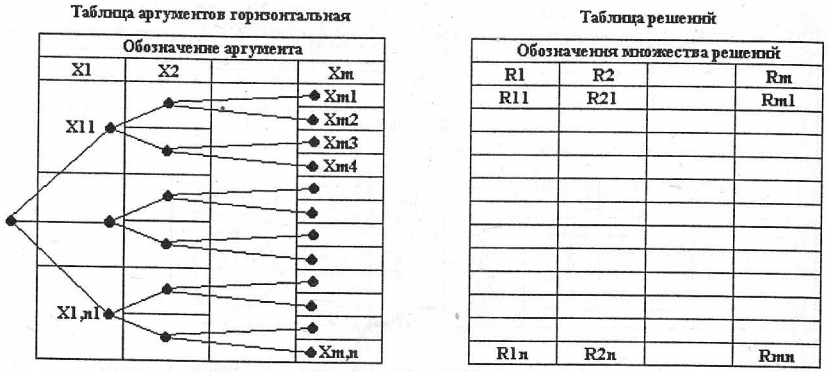


Рис. 5.15. Типовая структура односторонних ИЛТ

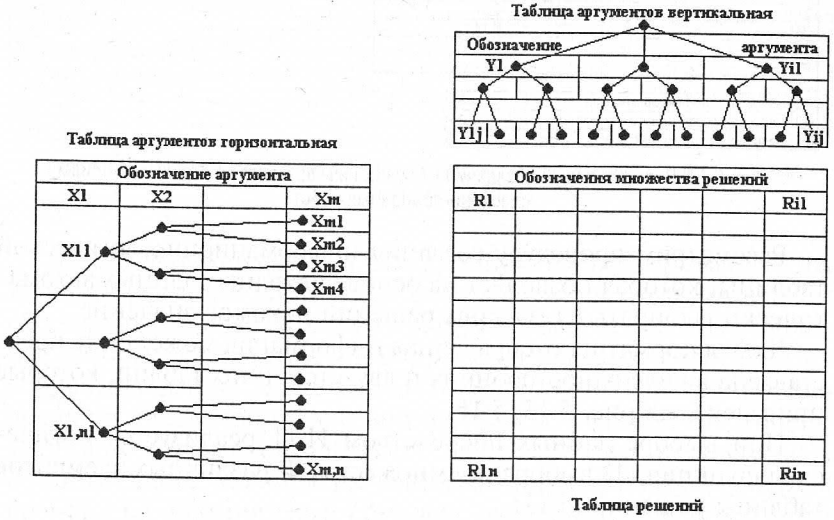


Рис. 5.16. Типовая структура двухсторонних ИЛТ

Для реализации логической функции (1) в таблицах нормативов между таблицами аргументов и таблицей решений вставляются дополнительные строки и столбцы логических условий

выбора (рис. 5.17). В соответствующих ячейках этих строк и столбцов записываются логические выражения, которые могут принимать значение ИСТИНА или ЛОЖЬ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Штучное время на запрессовывание деталей, узлов на вал или в отверстие со шпонкой под гидравлическим прессом при установке детали вручную								КАРТА 63_1
2									
3	Исходные данные				Содержание работы				
4					1. Взять деталь, протереть соединяемые поверхности и смазать шейки вала под запрессовку				
5	Вес детали в кг		10						
6	Длина запрессовки		45		2. Установить базовую деталь на стол пресса				
7	Вес оправки в кг		4		3. Установить деталь на вал или в отверстие				
8	Запрессовка с оправкой -1 без оправки - 0		1		4. Включить пресс, запрессовать деталь, выключить пресс				
9					5. Снять и уложить узел в тару				
10									
11	Вес детали в кг до		Длина запрессовки в мм до						
12			30	50	100	150	200	300	
13			ЛОЖЬ	ИСТИНА	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	
14	2	ЛОЖЬ	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	
15	3	ЛОЖЬ	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75	
16	5	ЛОЖЬ	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,85	
17	8	ЛОЖЬ	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,9	
18	12	ИСТИНА	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	1,05	
19	20	ЛОЖЬ	0,7	0,8	0,9	1,05	1,1	1,2	
20									
21									
22	Дополнительное штучное время на установку и снятие оправки при запрессовке с применением оправки								
23									
24	Вес оправки в кг до		Дополнительное штучное время						
25	0,5	ЛОЖЬ	0,08						
26	1	ЛОЖЬ	0,09						
27	3	ЛОЖЬ	0,11						
28	5	ИСТИНА	0,14						
29	8	ЛОЖЬ	0,17						
30	12	ЛОЖЬ	0,21						
31									
32	Основное штучное время		0,65						
33	Дополнительное штучное время		0,14						
34	Полное штучное время		0,79						

Рис. 5.17. Примеры создания информационно-логических таблиц со встроенными логическими функциями

Запись логических выражений производится с использованием встроенных логических функций электронных таблиц: **И** (AND), **ИЛИ** (OR), **ЕСЛИ** (IF), **НЕ** (NOT), **ЛОЖЬ** (FALSE), **ИСТИНА** (TRUE).

Функция **И** возвращает значение ИСТИНА, если все аргументы имеют значение ИСТИНА, и возвращает значение ЛОЖЬ, если хотя бы один аргумент имеет значение ЛОЖЬ. Запись функции имеет вид:

И(логическое выражение 1; логическое выражение 2; ...).

Например, если попарно проверяется равенство числовых данных ячеек A1, A2, B1, B2, то функция И будет записана в виде И(A1=A2; B1=B2).

Если значения ячеек A1, A2 равны и значения ячеек B1, B2 тоже равны, то функция возвратит значение ИСТИНА. Если хотя бы одно из равенств A1=A2 или B1=B2 не будет выполнено, функция возвратит значение ЛОЖЬ.

Функция **ИЛИ** возвращает ИСТИНА, если хотя бы один из аргументов имеет значение ИСТИНА, и возвращает ЛОЖЬ, если все аргументы имеют значение ЛОЖЬ. Синтаксическая форма функции имеет вид:

ИЛИ(логическое выражение 1; логическое выражение 2; ...).

Аргументы функции должны быть выражены логическими значениями, такими как ИСТИНА или ЛОЖЬ. Например, функция ИЛИ возвратит значение ИСТИНА при следующих значениях ячеек: A1 — "Болт", B1 — "Шайба":

ИЛИ(A1="Болт"; B1="Шайба"),

ИЛИ(A1="Болт"; B1="Гайка").

В следующем выражении при тех же значениях ячеек A1, B1 функция возвратит значение ЛОЖЬ:

ИЛИ(A1="Шайба"; B1= «Гайка»).

Функция **ЕСЛИ** возвращает требуемое значение, если заданное условие при вычислении дает значение ИСТИНА, и другое требуемое значение — если ЛОЖЬ. Синтаксическая форма функции имеет вид:

ЕСЛИ(логическое выражение; значение, если истина; значение, если ложь).

Например, можно задать значение функции ЕСЛИ — ИСТИНА, которое она может возвратить при следующих значениях ячеек: A1 — "Болт", B1 — "Болт". Логическое выражение для этого случая будет иметь вид:

ЕСЛИ(A1=B1; ИСТИНА()).

Чтобы функция ЕСЛИ возвращала значение ЛОЖЬ, если значение ячейки A1 не равно значению ячейки B1, необходимо составить выражение:

ЕСЛИ(A1< >B1; ЛОЖЬ()).

Описанные выше логические функции электронных таблиц позволяют составить логические выражения, которые будут

выполнять автоматический анализ таблиц аргументов ИЛТ. Рассмотрим примеры логического анализа таблиц аргументов ИЛТ. Как правило, таблица аргументов имеет иерархическую структуру, которая может быть описана горизонтальным или вертикальным графом-деревом. В вершинах графа — дерева расположены значения ячеек таблицы аргументов, а дуги графа являются логическими условиями, описывающими связи аргументов различных уровней. Например, в таблице определения основного времени на запрессовку детали (см. рис. 5.17) в вертикальной таблице аргументов использованы логические выражения следующего вида:

в ячейке C13 — =ЕСЛИ(C6<C14; ИСТИНА())

в ячейках D13–H13 соответственно: =И(C6>=C12; C6<D12);

=И(C6>=D12; C6<E12);

=И(C6>=E12; C6<F12);

=И(C6>=F12; C6<G12);

=И(C6>=G12; C6<H12).

В горизонтальной таблице аргументов в ячейках B14–B19 логические выражения имеют аналогичный вид:

=ЕСЛИ(C5<A14; ИСТИНА());

=И(C5>=A14; C5<A15);

=И(C5>=A15; C5<A16);

=И(C5>=A16; C5<A17);

=И(C5>=A17; C5<A18);

=И(C5>=A18; C5<A19).

Как видно из этого примера, структура логических выражений в большинстве случаев подобна, отличие заключается в адресах ячеек. Это позволяет копировать содержимое ячеек в другие ячейки столбца и строки логических выражений таблицы. Если предусматривается возможность копирования выражений при создании таблицы, то ссылки на ячейки исходных данных должны быть абсолютными, например C5.

Подобные выражения позволяют выполнить логический анализ горизонтальной и вертикальной таблиц аргументов ИЛТ и определить номер строки и номер столбца таблицы решений, в которых находится искомое значение (см. рис. 5.17). Для поиска значений по номеру столбца и номеру строки таблицы решений используются встроенные функции электронных таблиц **ИНДЕКС()** и **ПОИСКПОЗ()**.

Функция **ИНДЕКС** возвращает значение или ссылку на значение из таблицы или интервала. Функция ИНДЕКС имеет две синтаксические формы: ссылка и массив. Ссылочная форма всегда возвращает ссылку, форма массива всегда возвращает значение или массив значений. Для рассматриваемой задачи используется вторая синтаксическая форма:

ИНДЕКС(массив; номер строки; номер столбца),

которая возвращает значение указанной ячейки или массив значений в аргументе массив.

Массив — это интервал ячеек или массив констант, в данном случае таблица решений ИЛТ.

Номер строки — это номер строки в массиве, из которой нужно возвращать значение, в данном случае строка, в которой логическое выражение принимает значение ИСТИНА.

Номер столбца — это номер столбца в массиве, из которого нужно возвращать значение, в данном случае столбец, в котором логическое выражение принимает значение ИСТИНА.

Если используются оба аргумента (номер строки и номер столбца), то функция ИНДЕКС возвращает значение, находящееся в ячейке на пересечении номера строки и номера столбца.

Если задать номер строки или номер столбца равным нулю, то функция ИНДЕКС вернет массив значений для целого столбца или целой строки соответственно.

Функция **ПОИСКПОЗ** возвращает относительное положение элемента массива, который соответствует заданному значению.

Синтаксическая форма ПОИСКПОЗ имеет вид:

ПОИСКПОЗ(искомое значение; просматриваемый массив; тип сопоставления)

Искомое значение может быть числом, текстом или логическим значением. В информационно-логических таблицах искомым значением является ИСТИНА — результат, возвращаемый логическим выражением в столбце или строке логических выражений ИЛТ.

Просматриваемый массив — это непрерывный интервал ячеек, возможно содержащих искомые значения. Просматриваемый массив может быть массивом или ссылкой на массив. В информационно-логических таблицах просматриваемый массив — это строка или столбец с логическими выражениями, ссылка на который может быть задана диапазоном ячеек.

Тип сопоставления — это числа −1, 0 или 1. Тип сопоставления указывает, каким образом происходит сравнение искомого значения со значениями в аргументе просматриваемого массива.

Если тип сопоставления равен 1, то функция ПОИСКПОЗ находит наибольшее значение, которое равно искомому значению или меньше его.

Если тип сопоставления равен 0, то функция ПОИСКПОЗ находит первое значение, которое в точности равно искомому значению.

Если тип сопоставления равен −1, то функция ПОИСКПОЗ находит наименьшее значение, которое равно искомому значению и больше его.

Комбинации функций **ИНДЕКС** и **ПОИСКПОЗ** позволяют найти в двухмерном или одномерном массиве таблицы решений искомое значение. В ячейках D32 и D33 таблицы (см. рис. 5.17) записаны следующие выражения для поиска значений основного и дополнительного штучного времени соответственно:

```
=ИНДЕКС(C14:H19;ПОИСКПОЗ(ИСТИНА;B14:B19;0);ПОИСКПОЗ(ИСТ
ИНА;C13:H13;0));
=ИНДЕКС(C28:C31;ПОИСКПОЗ(ИСТИНА();B28:B31;0)).
```

В этих выражениях функции ПОИСКПОЗ определяют номера строк и столбцов, в которых логические выражения принимают значение ИСТИНА, а функция ИНДЕКС по логическим значениям ИСТИНА в строках и столбцах находит в заданном массиве таблицы решений искомое значение.

Рассмотренный выше подход к представлению и анализу нормативно-справочных данных позволяет автоматизировать решение любых инженерных задач, в которых данные представлены таблично и изменение базовых данных происходит через достаточно большие промежутки времени. К этому классу относятся задачи расчета операционных припусков, режимов резания, норм времени. Такая методика создания и анализа информационно-логических таблиц позволяет автоматизировать различные задачи выбора, например выбор станков, приспособлений, режущего, вспомогательного, измерительного инструментов и др.

Внешние процедуры поддержки процесса проектирования технологии подключаются посредством макросов запуска приложений. Запуск макроса для поддержки внешнего процесса нормирования операций сборки связан с кнопкой формы пара-

метрической настройки **Нормирование операций** (см. рис. 5.7). Эта кнопка выводит меню внешних процедур процесса проектирования и выполняет выбранную процедуру.

5.6. Формирование текстовой и графической технологической документации

В Единой системе технологической документации (ЕСТД) формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы и операции сборки установлены ГОСТ 3.1407–86. Указанный стандарт предусматривает создание документов средствами вычислительной техники. В технологических документах может быть использован набор символов, который допускает печатающее устройство автоматизированного рабочего места технолога. Универсальными наборами символов для твердых копий технологических документов при любом типе печатающего устройства являются символы : , - , которые используются для формирования вертикальных и горизонтальных рамок, а также цифры и буквы национальных алфавитов.

Любой технологический документ можно рассматривать как двухмерный массив, каждый элемент которого содержит один символ. Для технологических документов формата А4 размер такого массива составляет по 110 символов в 51 строке (рис. 5.18).

Для формирования комплектов документов (маршрутного, маршрутно-операционного или операционного описания) в САПР ТПС создаются шаблоны технологических документов, предусмотренных стандартами. Шаблон представляет собой типовой технологический документ, в графах которого указаны коды реквизитов (рис. 5.18).

Код реквизита включает служебный символ # и номер графы в соответствии со стандартами ЕСТД. Например, графа ОПП, в которую записывается обозначение подразделения, откуда поступают комплектующие и материалы, имеет по ГОСТ 3.1407—86 номер 11. Тогда код реквизита графы ОПП в технологической карте будет иметь вид #11. В информационных блоках используется служебный символ &. Поскольку стандарты на технологическую документацию создаются блочным методом, то подобное кодирование реквизитов обеспечивает унификацию программного обеспечения для формирования карт технологических документов.


```
: ---------------------------                                                    ГОСТ 3.1407-86   Форма 1  САПР   :
: :Дубл. :       :       :    :                                                 ---------------------------- : :
: :Взам. :       :       :    :                                                 :   :   :       :       :    : :
: :Подп. :       :       :    :                                                 :   :   :       :       :    : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: :&1                                                  :&2                  :&3                 :&4   :&5    : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: :Разраб. :&6          :       :  :&11.        :&12                 :&13                :&14                 : :
: :Проверил:&7          :       :  :            :                    :                   :                    : :
: :Т.контр.:&8          :       :  :-------------------------------------------------------------------------: :
: :Утвердил:&9          :       :  :&15 :&16                                            :&17:&18:&19:&20     : :
: :Н.контр.:&10         :       :  :                                                    :   :   :   :        : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: :    :        Код, наименование операции          :              Обозначение документа                  :  МИ  : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: :  01:#2                                          :#3                                                   :#4   : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: :    :                                            :        Код,наименование оборудования   :   Тв  :   То   : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: :  02:#5                                          :#6                                          :#7     :#8   : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: : К/И :Наименование детали,сб.единицы.или материала : Код, обозначение        : ОПП : ЕВ :  ЕН :   КИ  : Н.расх.: :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: : Р   :                                                                                                       : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: :  03:#9                                          #10                     #11   #12  #13   #14     #15        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :    :                                                                                                        : :
: :-------------------------------------------------------------------------------------------------------------: :
: :  ОК  :                                   Слесарно-сборочные работы                                          : :
```

Рис. 5.18. Шаблон операционной карты

Для корректного заполнения технологических документов предусмотрен справочник адресов реквизитов технологических документов (табл. 5.11).

Таблица 5.11

Справочник адресов реквизитов технологических документов

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Код вида ТП (резание, сборка, термическая и т.п.)	tVidObr	Целый
Обозначение формы документа	tObFor	Текстовый
Номер графы документа по соответствующему ГОСТу	tNomGrTD	Целый
Номер строки начала поля графы документа	tStrN	То же
Номер столбца начала поля графы документа	tStbN	»
Номер строки конца поля графы документа	tStrK	»
Номер столбца конца поля графы документа	tStbK	»
Количество символов в поле графы документа	tObFor	Текстовый
Количество строк в поле графы документа	tStbK	Целый

Номера строк и столбцов полей граф документов являются адресами в двухмерном массиве формы технологического документа, по которым в соответствующие позиции массива посимвольно записывается информация. Формирование документов происходит по алгоритму (рис. 5.19).

Вывод комплекта документов технологического процесса для предварительного просмотра и последующей печати выполняется кнопкой **Создание комплекта документов ТП** универсальной формы (см. рис. 5.8). После нажатия этой кнопки технолог может просмотреть и изменить содержание технологического процесса в режиме текстового редактора.

Графическая технологическая документация САПР ТПС создается в диалоговом режиме. Для этого в системе создана графическая база данных, содержащая типовые карты эскизов различных деталей и узлов. Технолог обращается к графической базе данных посредством раскрывающегося меню подсистемы формирования графической технологической документации.

На первом этапе создания карты эскизов из меню **Формы ТД** выбирается форма карты. На втором этапе строится изображение собираемого узла или его фрагмента в соответствии с содержанием операции. При этом могут быть использованы типовые изображения различных деталей или рабочие чертежи деталей и узлов из каталога изделий и деталей системы.

Вставка изображений деталей и узлов из каталога производится командой **Вставка**. Изображение вставляется из файла чертежа узла или детали как внешний блок. Положение изображения на эскизе и его масштаб определяет технолог посредством курсора.

Доступ к содержимому библиотеки и выбор нужного изображения происходит через раздел главного меню **Типовые изображения**, в котором созданы подразделы отдельных типов деталей, например болты, шайбы, подшипники и др. Содержание подраздела выводится в виде пиктографического меню. Окно пиктографического меню может содержать до 20 изображений. Типовое изображение в эскиз вставляется после выбора в пиктографическом меню соответствующей пиктограммы, при этом возможно изменение его положения и масштаба.

Фрагменты эскиза, которые невозможно вставить из библиотек типовых изображений или из каталога файлов чертежей

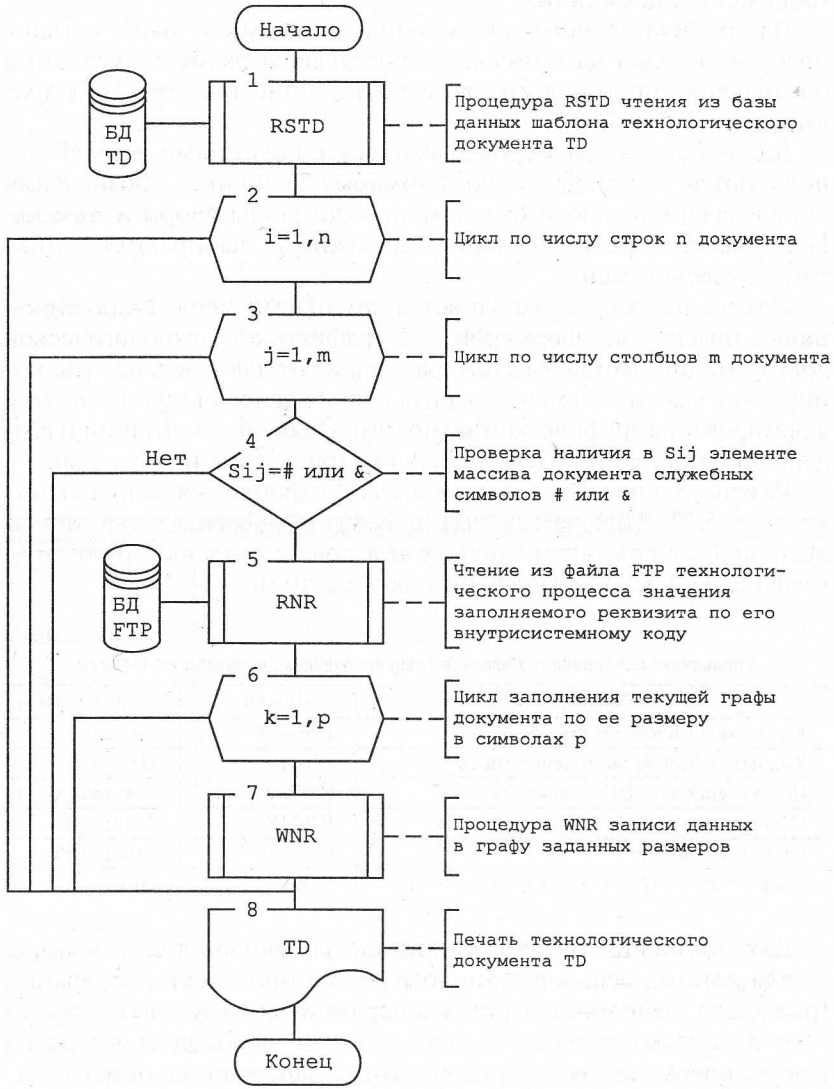


Рис. 5.19. Алгоритм формирования технологического документа

деталей и узлов, могут быть выполнены с использованием команд меню **Рисование**.

Для окончательного оформления эскиза могут быть указаны позиции деталей на выносках, проставлены размеры, условные обозначения опор и зажимов, а также записаны текстовые технические требования.

Для нанесения размеров и выносок с позициями деталей используются команды меню **Размеры**. Условные обозначения опор и зажимов наносятся с помощью команды **Опоры и зажимы**. Изображения требуемых опор или зажимов выбираются в пиктографическом меню.

Изменение эскиза выполняется командами меню **Редактирование** подсистемы формирования графической технологической документации. Команды этого раздела позволяют переносить, копировать, удалять элементы эскиза и др. Главное окно подсистемы формирования графической технологической документации и созданный средствами подсистемы эскиз приведены на рис. 5.20.

Результаты проектирования эскиза сохраняются в справочнике (табл. 5.12). Присвоение имени файлу и занесение его в каталог выполняется командами меню **Файл** подсистемы формирования графической технологической документации.

Таблица 5.12

Справочник операционных эскизов технологических процессов и операций

Реквизит	Имя поля	Тип данных
Код технологического процесса	tNomTP	Целый
Код изделия, узла внутрисистемный	tKodIzdUz	Целый
Обозначение комплекта документов	tObKD	Текстовый
Обозначение операционной карты ТП	tObMK	Текстовый
Имя файла эскиза	tNamFil	Текстовый
Графическое изображение карты эскизов	tKE	OLE

Для получения твердой копии карты эскизов в справочнике операционных эскизов технологических процессов и операций (рис. 5.21) выполняется поиск операции или группы операций технологического процесса, для которых необходим вывод на печать операционных эскизов. После завершения поиска выполняется команда **Печатать**.

Описанная САПР позволяет выполнить комплексное проектирование технологических процессов сборки для любых типов

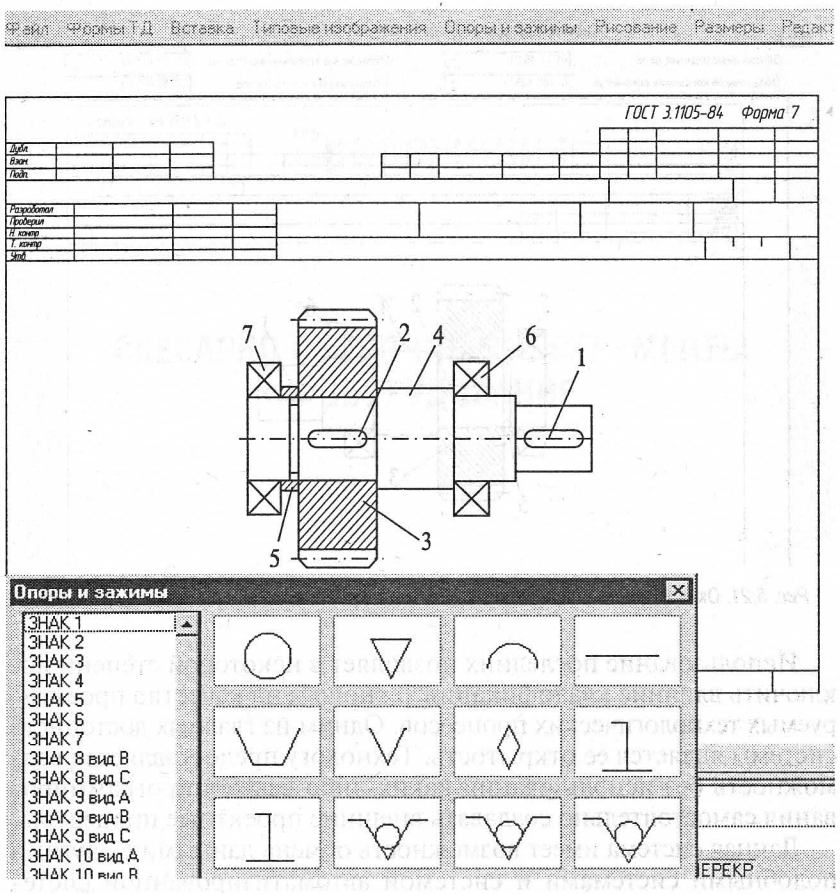


Рис.5.20. Главное окно подсистемы формирования графической технологической документации

производств и их организационных форм. Данная система относится к системам со средним уровнем автоматизации проектирования, тем не менее она обеспечивает 20–30-кратное повышение производительности труда технолога.

Кроме того, применение системы автоматизированного проектирования технологических процессов сборки обеспечивает повышение их качества за счет применения типовых прогрессивных комплексов сборочных работ.

24 Зак. 1206

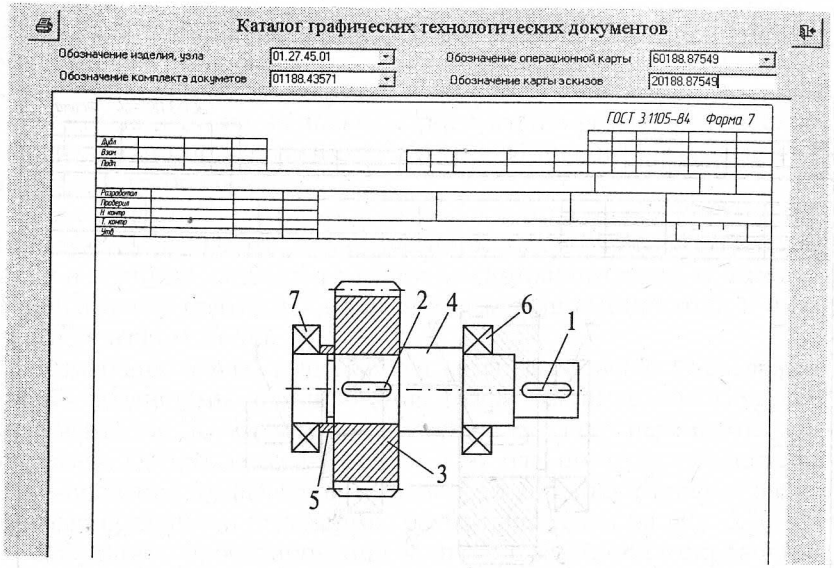


Рис. 5.21. Окно каталога операционных эскизов технологических процессов и операций

Использование последних позволяет в некоторой степени исключить влияние квалификации технолога на качество проектируемых технологических процессов. Одним из главных достоинств системы является ее открытость. Технологу предоставляется возможность без использования каких-либо языков программирования самостоятельно создавать внешние проектные процедуры.

Данная система имеет возможность обмена данными с другими подобными системами и системой автоматизированной системой управления производством. Это создает необходимые условия для интеграции различных систем автоматизации проектирования и управления и предпосылки для перехода к безбумажным информационным технологиям.

Приложения

СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Приложение 1

Перечень ГОСТов и нормалей на инструмент и приспособления для слесарных работ

Наименование	Номер ГОСТа или МН
Зубила	7211–72
Крейцмейсели	7212–74
Канавочники	МН 485–60
Молотки слесарные	2309–54**
Молотки пневматические	15997–70
Тиски слесарные	4045–75
Ручные ножовки	МН 524–60
Ножовочные полотна	6645–68*
Кусачки (острозубцы)	7282–75
Ножницы ручные для резки листовых материалов	7210–75
Напильники общего назначения	1465–69
Борнапильники	МН 2227–61-МН 2234–61
Надфили	1513–67
Рашпили	6876–68

Приложение 2

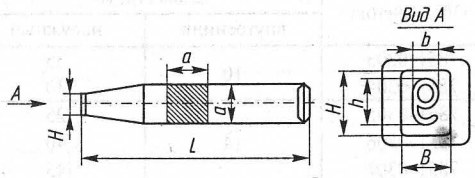
Характеристика молотков со вставными бойками

Материал бойка						Размеры бойка, мм		Длина молотка, мм
Медь		Фибра		Дуралюмин				
обозначение	масса, кг	обозначение	масса, кг	обозначение	масса, кг	диаметр	высота	
7850-0071	0,15	7850-0081	0,09	7850-0091	0,110	15	56	210
7850-0072	0,29	7850-0082	0,190	7850-0092	0,210	18	66	260
7850-0073	0,44	7850-0083	0,260	7850-0093	0,290	25	78	260
7850-0074	0,88	7850-0084	0,560	7850-0094	0,600	30	99	310
7850-0075	1,4	7850-0085	0,900	7850-0095	0,980	35	114	360

Примечание. Обозначение молотка диаметром 18 мм с медным бойком — молоток 7850-0072 МН 536–60.

Приложение 3

Клейма цифровые (МН 544–60) и буквенные (МН 545–60)



Обозначение	Размеры, мм					
	h	H	b	B	L	a
7858-0101	1,5	2,5	0,9	2,9	60	4
7858-0102	2	3	1,2	3,3		5
7858-0103	2,5	3,5	1,5	4,3		
7858-0104	3	4	1,8	4,7		
7858-0105	4	5	2,4	5,6		
7858-0106	5	6	3	6,5	80	7
7858-0107	6	7	3,6	8,4		8
7858-0108	8	9	4,8	10,2		10
7858-0109	10	13	6	12		12

Примечания: 1. Обозначение комплекта клейм h × b = 4 × 2,4 (мм) — комплект цифр 7858-0105 МН 544–60. 2. Изготовитель Кобринский инструментальный завод.

Приложение 4

Просечки цельные (МН 542–60)

Обозначение	Диаметр, мм	Обозначение	Диаметр, мм	Обозначение	Диаметр, мм
7851-0250	10	7851-0261	22	7851-0269	34
7851-0252	12	7851-0262	24	7851-0271	36
7851-0253	14	7851-0264	26	7851-0272	38
7851-0255	16	7851-0266	28	7851-0273	40
7851-0257	18	7851-0267	30	7851-0274	42
7851-0259	20	7851-0268	32	7851-0276	48
				7851-0277	50

Примечание. Обозначение просечки диаметром 12 мм — просечка 7851-0252 МН 542–60.

Приложение 5

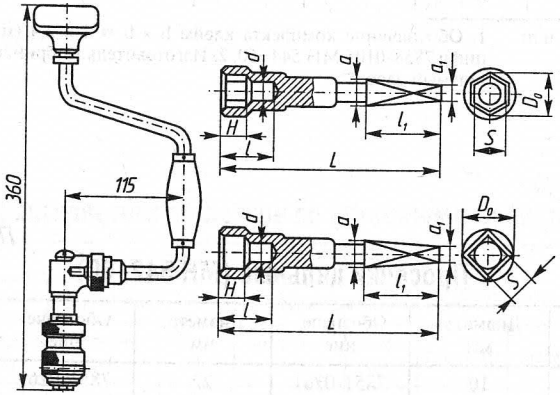
Просечки комбинированные (МН 543–60)

Обозначение	Диаметр, мм	
	внутренний	наружный
7851-0303	10	35
7851-0304		40
7851-0305	14	25
7851-0306		40
7851-0307		45
7851-0308	16	35
7851-0309		40
7851-0310	18	30
7851-0311	20	40
7851-0312		45
7851-0313	22	33
7851-0314	23	35
7851-0315	25	36

Примечание. Обозначение просечки внутренним диаметром 10 мм — просечка 7851-0302 МН 543–60.

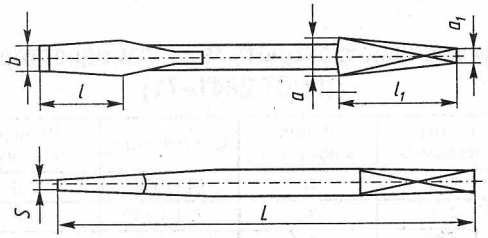
Приложение 6

Коловороты с трещоткой и инструменты к ним (ГОСТ 7467–75)



Размеры, мм

S			D_0*		L	H	l	d	a	a_1	l_1
Номинальная	Наибольшая	Наименьшая	I	II							
11	11,3	11,1	12,7	15,5	100	11	25	8	10	5	35
14	14,3	14,1	16,2	19,8		12		10			
17	17,3	17,1	19,6	24		15	30	12			
22	22,4	22,1	25,4	31,1	120	20	35	14			



S	L	b	l	l_1	a	a_1
0,7	120	7	8	35	10	5
1,0		9	10			
1,8		15	15			

Примечания. 1. Обозначение: коловорота с трещоткой — коловорот с трещоткой ГОСТ 7467–75; шестигранного ключа размером $S = 11$ мм — ключ шестигранный II ГОСТ 7467–75; отвертки размером $S = 0,7$ мм — отвертка 0,7 ГОСТ 7467–75. 2. Изготовитель Челябинский завод мерительного инструмента.

* I — для квадратного ключа; II — для шестигранного ключа.

Приложение 7

Выколотки со сменными наконечниками

Диаметр, мм	Длина, мм	Диаметр, мм	Длина, мм
8, 10, 12	100	20	250
16	150	25	200, 250
20	200	32	200, 250

Приложение 8

Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние (ГОСТ 2839–71)

Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм	Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм
7811-0001	4x5	80	7811-0041	27x30	250
					260
7811-0002	5,5x7	95	7811-0043	32x36	310
7811-0003	8x10	110			350
		120	7811-0044	36x41	380
7811-0021	12x14	125	7811-0046	46x50	420
		110			460
7811-0023	17x19	160	7811-0047	50x55	500
		175			
7811-0025	22x24	205			
		220			

Примечание. Обозначение ключа с размером зева 17x19 мм группы прочности С, шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2838–71 с хромовым покрытием толщиной 9 мкм — ключ 7811-0023 С.Х9 ГОСТ 2839–71.

Приложение 9

Ключи гаечные с открытым зевом односторонние (ГОСТ 2841–71)

Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм	Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм
7811-0101	3,2	70	7811-0141	27,0	240
7811-0102	4,0	70	7811-0142	30,0	260
7811-0103	5,0	75	7811-0143	32,0	270
7811-0104	5,5	75	7811-0144	36,0	300
7811-0105	7,0	8750	7811-0145	41,0	340
7811-0106	8,0	95	7811-0146	46,0	380
7811-0107	10,0	110	7811-0147	50,0	410
7811-0108	12,0	125	7811-0148	55,0	460
7811-0109	13,0	135	7811-0149	60,0	490
7811-0121	14,0	135	7811-0150	65,0	530
7811-0122	17,0	160	7811-0151	70,0	580
7811-0123	19,0	170	7811-0152	75,0	615
7811-0124	22,0	195	7811-0153	80,0	650
7811-0125	24,0	215			

Примечание. Обозначение ключа с размером зева 17 мм группы точности С, шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2838–71 с хромовым покрытием толщиной 9 мкм — ключ 7811-0122С ГОСТ 2841–71.

Приложение 10

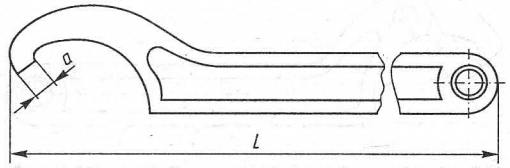
Ключи гаечные с открытым зевом односторонние укороченные (ГОСТ 3108–71)

Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм	Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм
7811-0181	85	330	7811-0189	145	600
7811-0182	90	350	7811-0190	155	615
7811-0183	95	370	7811-0191	175	690
7811-0184	100	380	7811-0192	180	710
7811-0185	105	400	7811-0193	185	730
7811-0186	110	420	7811-0194	200	775
7811-0187	115		7811-0195	210	825
7811-0188	130	545	7811-0196	225	875

Примечание. Обозначение гаечного ключа с размером зева 100 мм, шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2838–71 с окисным покрытием с промасливанием — ключ 7811-0184 хим.окс.прм. ГОСТ 3108–71.

Приложение 11

Ключи для круглых гаек шлицевых (ГОСТ 16984–71)

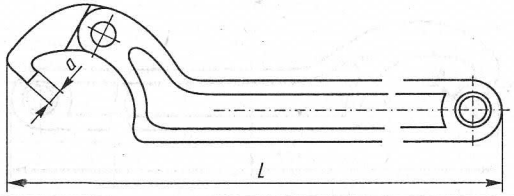


Обозначение	Наружный диаметр гаек, мм	*a*, мм	*L*, мм
7811-0311	12	1,3	105
7811-0312	14–16		110
7811-0313	22–24		130
7811-0314	26–28	3,5	145
7811-0315	30–34		155
7811-0316	38–42	4,5	165
7811-0317	45–52		190
7811-0318	55–60	5,0	215
7811-0319	65–70		240
7811-0320	75–85	7,0	270
7811-0321	90–95		290
7811-0322	100–110	8,0	315
7811-0323	115–120		340
7811-0324	125–130		350
7811-0325	135–140	10,0	370
7811-0326	150–160		390
7811-0327	165–170	12,0	420
7811-0328	175–190		440
7811-0329	200–210	14,0	480
7811-0330/7811-0331	220–230/240–250		515/580

Примечания: 1. Обозначение ключа для круглых шлицевых гаек наружным диаметром 55–60 мм, шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2838–71 с хромовым покрытием толщиной 9 мкм — ключ 7811-0318 Х9 ГОСТ 16984–71. 2. Изготовитель Камышинский завод слесарно-монтажного инструмента.

Приложение 12

Ключи шарнирные для круглых гаек шлицевых (ГОСТ 16985–71)

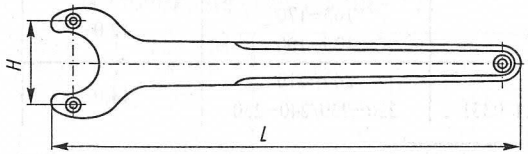


Обозначение	Наружный диаметр гаек, мм	*a*, мм	*L*, мм
7811-0311	12	1,3	105
7811-0312	14–16		110
7811-0313	22–24	3,5	130
7811-0314	26–28		145
7811-0315	30–34	4,5	155
7811-0316	38–42		165
7811-0317	45–52	4,5	190
7811-0318	55–60	5,0	215
7811-0319	65–70		240
7811-0320	75–85	7,0	270
7811-0321	90–95		290
7811-0322	100–110	9,0	315

Примечание. Изготовитель ключей шарнирных для круглых гаек шлицевых Камышинский завод слесарно-монтажного инструмента.

Приложение 13

Ключи рожковые (ГОСТ 6394–73)



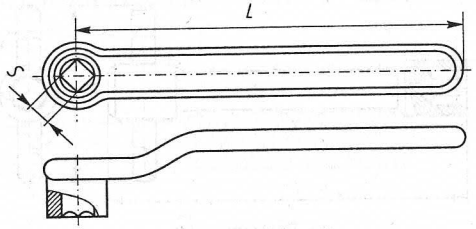
Размеры, мм

H	*L*	*H*	*L*	*H*	*L*	*H*	*L*
22	125	34	160	56	200	90	280
24	140	38	180	64	220	100	320
27		42		72	250	110	
30	160	48	200	80	250	120	360

Примечания: 1. Обозначение рожкового ключа размером $H = 30$ мм — ключ рожковый 30 ГОСТ 6394–73. 2. Изготовитель Черновицкий инструментальный завод.

Приложение 14

Ключи монтажные (ГОСТ 18828–73)



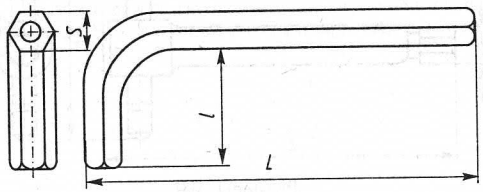
Размеры, мм

S	*L*	*S*	*L*	*S*	*L*	*S*	*L*
5	110	11	170	19	280	32	450
7	125	12	180	22	320	36	480
8	140	14	220	24	340	41	500
10	160	17	260	30	420		

Примечания: 1. Обозначение монтажного ключа с отверстием $S = 17$ мм — ключ монтажный 17 ГОСТ 18828–73. 2. Изготовитель Павловский завод слесарно-монтажного инструмента.

Приложение 15

Ключи для деталей с шестигранным углублением под ключ (ГОСТ 11737–74)



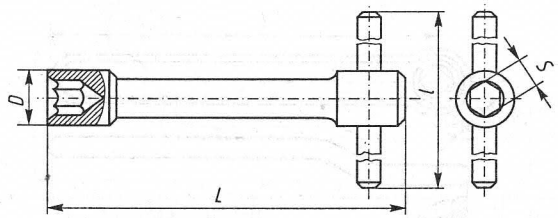
Размеры, мм

S	*L*	*l*	*S*	*L*	*l*	*S*	*L*	*l*
3	60	15	8	110	82	17	200	50
4	70	20	10	130	36	19	220	55
5	80	25	12	150	40	22	250	60
6	90	28	14	170	45	27	300	70

Примечания: 1. Обозначение ключа размером $S = 10$ мм — ключ 10 ГОСТ 11737–74. 2. Изготовитель Кулябинский завод слесарно-монтажного инструмента.

Приложение 16

Ключи торцовые с внутренним шестигранником

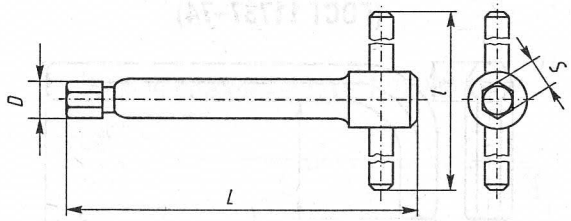


Размеры, мм

S	L	l	D	S	L	l	D
8	90	16	14	27	220	40	40
10	110	20	16	30	250	42	42
12	125	22	18	32		45	45
14	140	25	22	36	280	50	59
17	160	30	26	41	300	60	58
19	180	32	30	46	320	65	65
				50		70	70
22	200	36	32	55	350	75	75
24		38	36	65		90	85

Приложение 17

Ключи торцовые с наружным шестигранником

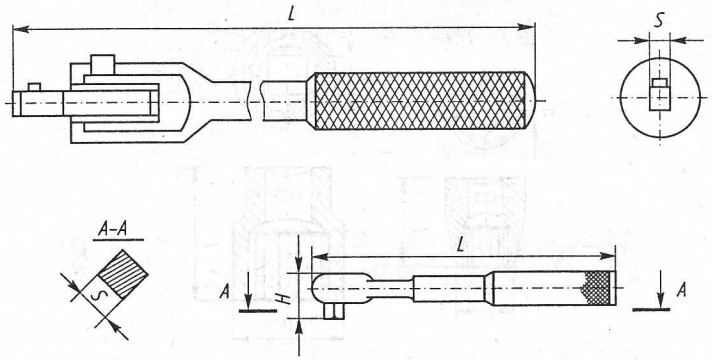


Размеры, мм

S	L	l
7	80	80
8	90	100
10	110	120
12	125	
14	140	140
17	160	160
22	180	
24	200	220
27	220	

Приложение 18

Ключи торцовые шарнирные и трещоточные к сменным головкам (ГОСТ 3329–75)



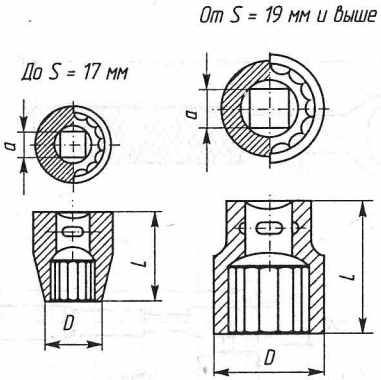
Размеры, мм

S	L	H
Торцовые шарнирные[1]		
10	260	—
14		
Трещоточные двустороннего действия[2]		
10	240	—
14		

Примечания: 1. Изготовитель Новосибирский инструментальный завод. 2. Изготовитель Николаевский завод слесарно-монтажного инструмента.

Приложение 19

Сменные головки (ГОСТ 3329–75)



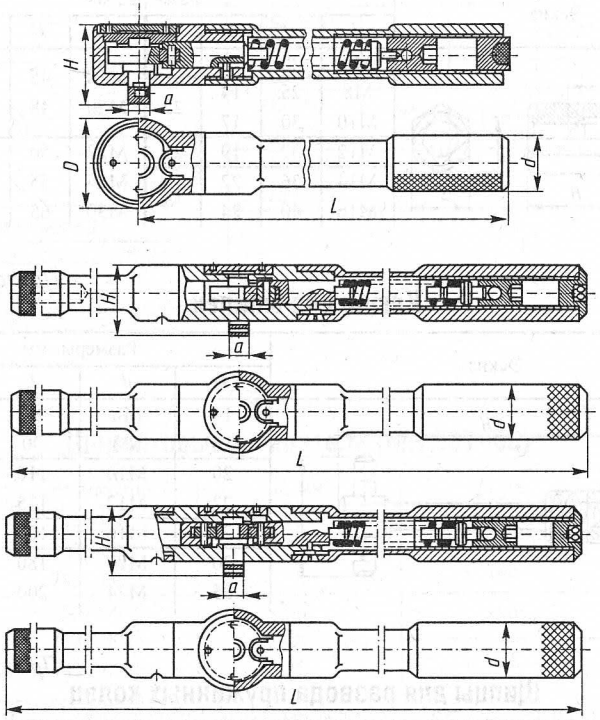
Размеры, мм

S	L	D	a
8	20	12	7 и 10
9	22	13	
10		15	
11		17	
12	24		
14		20	
17	34	25	14
19	35	28	
22	40	32	
24	42	35	
27	45	39	
30	55	42	20
32	55	45	20
36	60	50	
41	65	56	
46	70	63	
50	75	68	
60	80	74	

Примечания: 1. Обозначение сменной головки с размером зева 22 мм — сменная головка 22 ГОСТ 3329–75. 2. Изготовители Кобринский и Камышинский заводы.

Приложение 20

Ключи с регулируемым крутящим моментом (ГОСТ 7068–54)



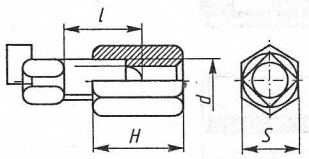
Размеры, мм

Тип ключа	Крутящий момент, Н · м	L	D	d	H	a
А	2–15	165	32	18	30	7
Б		300				
А	10–80	300	48	25	37	10
	70–200	500	55	34	48	14
В	10–80	350	48	22	37	10
	70–200	490	55	28	48	14

Примечание. Обозначение ключа с регулируемым крутящим моментом от 2 до 15 Н · м: бокового — ключ боковой 2-15 ГОСТ 7068–54; торцового — ключ торцовый 2-15 ГОСТ 7068–54.

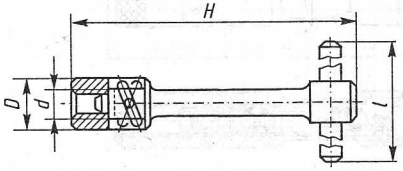
Приложение 21

Ключи-гайки для шпилек

Эскиз	Размеры, мм							
	d	*H*	*S*	*l*	*d*	*H*	*S*	*l*
	M6	20	10	15	M18	45	27	35
	M8	25	14	22	M20	48	30	40
	M10	30	17					
	M12	32	19	25	M22	50	32	45
	M14	36	22	30	M24	55	36	
	M16	40	24		M30	65	46	

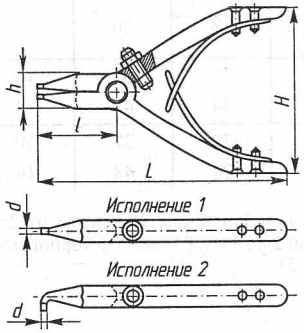
Приложение 22

Ключи для шпилек

Эскиз	Размеры, мм			
	D	*d*	*L*	*l*
	14	M6	80	80
	16	M8	90	100
	20	M10	110	120
	22	M12	125	
	25	M16	160	160
	30	M20	180	200
	35	M24	200	

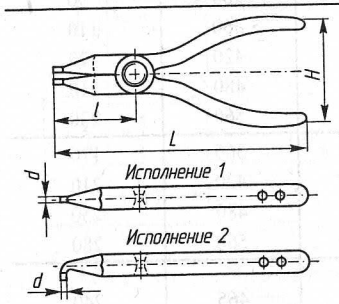
Приложение 23

Щипцы для развода пружинных колец

Эскиз	Размеры, мм					
	Диаметр вала	*d*	*L*	*l*	*H*	*h*
	12–30	1,7	125	40	75	18
	32–75	2,2	175	50	100	20
	80–120	2,7				
	125–200	3,2				

Приложение 24

Щипцы для сжатия пружинных колец

Эскиз	Размеры, мм				
	Диаметр отверстия	*d*	*L*	*l*	*H*
	12–30	1,7	125	40	18
	32–80	2,2	175	50	20
	85–120	2,7			
	125–170	3,2	250	70	24
	175–320	3,7			

Приложение 25

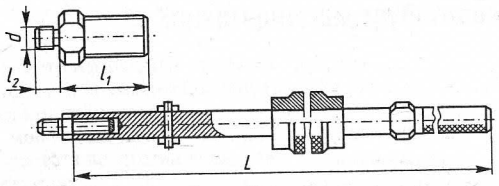
Шплинтовыдергиватели (МН 537–60)

Обозначение	*d*, мм	*L*, мм
7851-0021	2	150
7851-0022	2,5	180
7851-0023	3	
7851-0024	3,5	180
7851-0025	4	225
7851-0026	5	

Примечание. Обозначение шплинтовыдергивателя $d = 2$ мм — шплинтовыдергиватель 7851-0021 МН 537–60.

Приложение 26

Штифтовыдергиватель

Эскиз	Размеры, мм		
	d	l_1	l_2
	M5	45	8
	M6		9
	M8		10
	M10	50	14
	M12	52	16
	M16	60	22

Примечание. $L = 400–500$ мм.

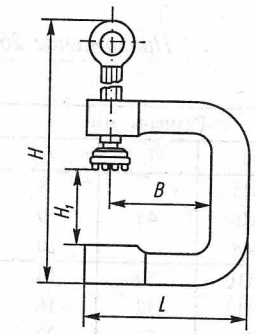
Приложение 27

Тиски слесарные

Наименование и модель	Ширина губок, мм	Длина хода губок, мм	Длина тисков, мм	Высота тисков, мм
Слесарные неповоротные (ГОСТ 4045–75)	60	45	200	90
	80	65	360	110
	100	100	420	170
	120	140	480	210
	140	180	560	230
Слесарные поворотные (ГОСТ 4045–75)	80	65	360	170
	100	100	420	210
	120	140	480	250
	140	180	560	280
Инструментальные со свободным ходом передней губки П 5768В	120	140	465	240
Пневматические горизонтально-поворотные 132.125.9019	120	150	540	260

Приложение 28

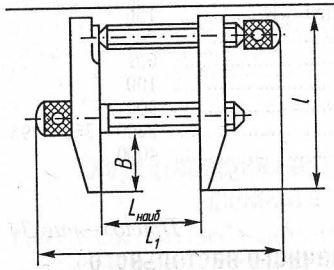
Струбцины скобообразные (МН 483-60)

Эскиз	Обозначение	B, мм	$H_{1\,наиб}$, мм	H, мм	L, мм
	7828-0001	70	45	152	112
	7828-0002	100	75	215	155
	7828-0003	150	120	285	222
	7828-0004	200	165	360	280
	7828-0005	250	215	425	340

Примечание. Обозначение струбцины $H_{1наиб}$ = 75 мм — струбцина 7828-0002 МН 483–60.

Приложение 29

Струбцины параллельные (МН 484–60)

Эскиз	Обозначение	$L_{наиб}$, мм	L_1, мм	l, мм	B, мм
	7828-0011	60	115	70	26
	7828-0012	65	134	100	40
	7828-0013	90	164	120	45
	7828-0014	110	204	150	54

Примечание. Обозначение струбцины $L_{наиб}$ = 65 мм — струбцина 7828-0012 МН 484–60.

Приложение 30

Характеристика приспособления для резки труб

Диаметр отрезаемых труб максимальный, мм 33
Размер шлифовального круга (диаметр и высота) (ГОСТ 2424–75) ..... 200×3
Мощность электродвигателя, кВт 1
Масса, кг 135

Приложение 31

Характеристика абразивно-отрезного настольного станка мод. 8220

Диаметр отрезаемых труб максимальный, мм 40
Размер абразивного круга (диаметр и высота), мм ..... 200×2
Мощность электродвигателя, кВт 3
Габаритные размеры, мм ..... 900×500×640
Масса, кг 200

Приложение 32

Характеристика трубогибочного станка

Диаметр изгибаемых стальных труб, мм 10–22
Угол загиба максимальный, градусы 180
Электродвигатель:
мощность, кВт 4,5
частота вращения вала, мин$^{-1}$ 1440
Редуктор РМ-250
Габаритные размеры, мм ..... 3000×1000×940
Масса, кг 1980

Приложение 33

Характеристика трубогибочного пневмогидравлического станка

Диаметр изгибаемых стальных труб, дюймы	0,25–5,00
Радиус изгиба трубы минимальный	3D
Максимальное усилие, развиваемое штоком цилиндра, кН	156
Рабочее давление насоса, МПа	20
Давление воздуха в сети, МПа	0,6
Диаметр гидроцилиндра, мм	100
Ход штока, мм	500
Габаритные размеры, мм	2200×1360×1295
Масса, кг	4000

Приложение 34

Характеристика пресса ручного реечного настольного

Усилие прессования номинальное, кН	30
Допускаемое усилие на рукоятке максимальное, Н	250
Ход рейки, мм	265
Расстояние от торца рейки до стола максимальное, мм	225
Диаметр центрального отверстия стола, мм	62
Габаритные размеры (без рукоятки), мм	384×246×455
Масса, кг	47

Приложение 35

Характеристика пресса пневматического с двигателем диафрагменного типа

Предназначен для сборки узлов и деталей методом пластической деформации (склепывание, отбортовка, запрессовка и т.п.)

Собираемый узел устанавливается вручную. Выполнение операции, а также возврат штока с инструментом в исходное положение осуществляются автоматически.

Производственный цикл, с	2–4
Усилие прессования, кН	8,5
Ход шпинделя, мм	18
Давление воздуха в сети, МПа	0,4
Габаритные размеры, мм	400×400×580
Масса, кг	90

Приложение 36

Характеристика настольного универсального пневморычажного пресса мод. В 47.609.4425

Имеет ручной и пневматический привод с педальным управлением. Верхняя траверса, несущая пуансонодержатель, может поворачиваться на 360°, выдвигаться вперед и смещаться по вертикали. Съемная нижняя

траверса может устанавливаться в различных положениях. Крепление инструмента осуществляется с помощью цангового патрона.

Усилие на ползуне, кН	30
Ход ползуна, мм	20
Размеры стола, мм	440×450
Давление воздуха в сети, МПа	0,4
Габаритные размеры, мм	630×450×785
Масса, кг	500

Приложение 37

Характеристика настольного пневматического пресса двойного действия мод. У 5920037

Пресс состоит из основания, внутри которого размещены нижний пневмоцилиндр, переключающий золотник, колонки с верхним пневмоцилиндром. Крепление инструмента осуществляется с помощью резьбового отверстия.

Усилие пневмоцилиндров, кН:	
верхнего	3
нижнего	2,5
Ход штока, мм:	
верхнего	12
нижнего	10
Давление воздуха в сети, МПа	0,5
Управление прессом	Ручное
Габаритные размеры, мм	310×210×460
Масса, кг	30

Приложение 38

Характеристика одностоечных гидравлических прессов

Показатель	Модель пресса				
	П6316	П6318	П6320	П6324	П6326
Усилие номинальное, кН	40	63	100	250	400
Скорость, м/мин:					
рабочего хода	1,92	1,92	1,2	1,44	1,2
возвратного хода	—	—	18	18	18
Ход штока, мм	250	320	400	500	500
Расстояние между столом и штоком максимальное, мм	400	500	600	710	710
Размеры стола, мм	320x300	400x380	500x380	630x480	630x500

Приложение 38 (окончание)

Показатель	Модель пресса					
	П6316	П6318	П6320	П6324	П6326	П6328
Расстояние от оси штока до станины, мм	160	200	200	250	320	320
Мощность электродвигателя, кВт	2,2	3,0	3,0	7,5	17,0	22,0
Габаритные размеры, мм	1240x380x x1100	1390x440x x1440	1215x575x x1980	1645x700x x2235	1780x700x x2550	1790x700x x2340
Масса, кг	376	551	1050	1567	2740	3090

Примечание. Изготовитель Оренбургский завод гидравлических прессов «Металлист».

Приложение 39

Характеристика пресса гидравлического горизонтального

Усилие пресса, кН	150
Давление в системе, МПа	7
Ход штока цилиндров, мм	300
Длина вала, мм:	
максимальная	1400
минимальная	100
Габаритные размеры, мм	2500×600×1120
Масса, кг	1200

Приложение 40

Характеристика ручного пневматического пресса для постановки болт-заклепок

Усилие, развиваемое прессом, максимальное, кН	6
Давление воздуха в сети, МПа	0,5
Диаметр болт-заклепок максимальный, мм	4
Материал заклепок	Алюминиевый сплав марки Д18П
Рабочий ход, мм:	
посадки	12
силового цилиндра	47
Масса (с насадкой), кг	2

Приложение 41

Характеристика пресса для клепки трубчатых заклепок мод. 132.125.9012

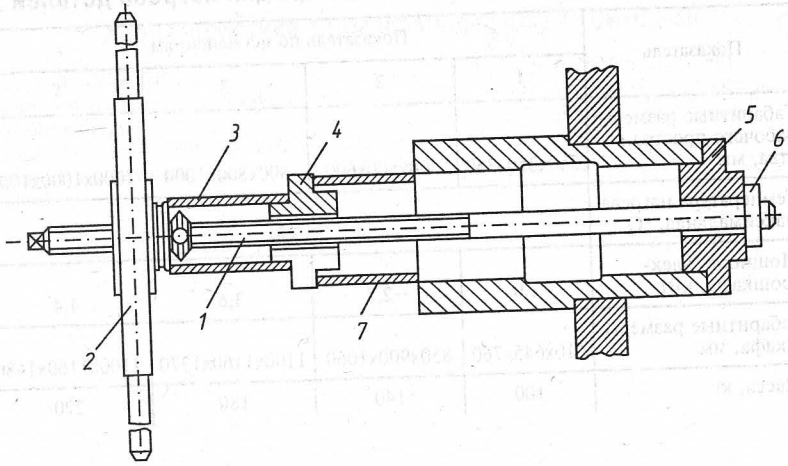
Давление, МПа	Q, кН			H, мм						Ход штока пневмокамер, мм
	I	II	III	I		II		III		
				наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	
0,3	12	8	5	140	154	149	160	157	172	20
0,4	16	11	7							
0,5	21	14	9							

Ход штока наибольший, мм	40
Габаритные размеры, мм	360×330×1425
Масса, кг	140

Приложение 42

Назначение и устройство ручного приспособления для запрессовки

Запрессовка втулки *7* осуществляется за счет перемещения корпуса гайки с рукояткой *2* по винту *1*. Направление втулки и винта осуществляется с помощью сменных деталей *4* и *5*. Шайба *6* служит для осевого крепления винта. Путем замены промежуточной втулки *3*, деталей *4* и *5* можно переналаживать приспособление на запрессовку различных втулок.



Приложение 43

Характеристика ванны для нагрева подшипников в масле

Диаметр нагреваемых подшипников, мм	130
Число одновременно нагреваемых подшипников, шт.	11
Температура нагрева максимальная, °С	120
Время нагрева, мин	5
Объем ванны, м^3	0,245
Рабочий объем масла в ванне, м^3	0,185
Мощность электронагревателей суммарная, кВт	8,4
Габаритные размеры, мм	1210×1080×1010
Масса, кг	280

Приложение 44

Характеристика терморадиационного шкафа для нагрева деталей

Габаритные размеры нагреваемых деталей максимальные, мм	250x250x120
Температура нагрева, °С	90—120
Число электронагревателей, шт.	12
Мощность электродвигателей суммарная, кВт	3,84
Габаритные размеры шкафа, мм	585x565x1330
Масса, кг	180

Приложение 45

Характеристика электрического шкафа для нагрева деталей

Показатель	Показатель по исполнениям			
	1	2	3	4
Габаритные размеры рабочего пространства, мм	350x350x350	500x500x600	800x800x1000	1000x1000x1000
Температура нагрева максимальная, °С	350			
Мощность электрошкафа, кВт	2,0	—2,8	3,6	4,4
Габаритные размеры шкафа, мм	610x645x760	850x900x1060	1100x1160x1370	1100x1160x1680
Масса, кг	100	140	180	220

Приложение 46

Назначение и устройство камеры для охлаждения деталей с помощью сухого льда

Камера состоит из трех отделений. Сухой лед загружается в два крайних отделения, в среднем находится спирт, свободно циркулирующий и соприкасающийся с сухим льдом. Деталь охлаждается в среднем отделении (в спирте), что создает лучшие условия для теплообмена, ускоряет процесс охлаждения и уменьшает потери спирта и сухого льда.

Приложение 47

Характеристика установки для охлаждения деталей в жидком азоте

Температура охлаждения деталей, °С	—100
Расход жидкого азота (л/г) при охлаждении деталей массой (кг):	
2	3,0
5	4,5
10	7,0
Размеры камеры охлаждения, мм:	
диаметр	400
высота	300
Габаритные размеры, мм	930×820×705
Масса, кг	180

Приложение 48

Характеристика термокамеры мод. ТКСИ-02-80

Рабочий объем, м^3	0,2 (600×1050×350)
Диапазон температур в рабочем объеме камеры, °С	От —80 до температуры окружающей среды
Мощность установленная, кВт	6,3
Габаритные размеры, мм	2800×1125×995
Масса, кг	1120

Характеристика электрических сверлильных машин

Модель	Наибольший диаметр отверстия при сверлении по стали, мм	Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	Мощность, кВт	Напряжение сети, В	Частота тока, Гц	Конус шпинделя	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ИЭ1025А	6	1230	0,21	36	200	B10	235x67x162	1,6
ИЭ1003Б		1500	0,27	220	50		235x67x162	1,55
ИЭ1026А	9	800	0,285	36	200		239x67x162	1,7
ИЭ1019А			0,34	220	50		255x68x210	2,0
ИЭ1034	9; 6		0,32				219x63x185	1,65
ИЭ1502		800;160	0,32				308x72x186	2,5
ИЭ1032	9	0	0,42			B12	245x70x157	1,7
ИЭ1202		940	0,42				275x70x157	1,85
ИЭ1031А		940;198	0,27				245x71x170	1,6
ИЭ1033А	14	0	0,365				349x204x127	3,0
ИЭ1204У2	14; 9	1380	0,42	36	200			
ИЭ1022В	14	510	0,4	220	50	B18	400x84x135	3,0
ИЭ1017А	22	480;102	0,86			B12	406x206x146	2,8
ИЭ1205	23; 14	0	0,6	36	200	B18	312x384x97	4,1
		720					360x96x407	5,0
		420						
		240; 480						
ИЭ1023А	23	240		220	50	B24	340x90x415	4,5
ИЭ1015А		450	0,83				460x480x165	9,0
ИЭ1206		150; 240	0,86				535x160x650	7,0

Приложение 50

Характеристика пневматических сверлильных машин (давление воздуха 0,5 МПа)

Модель	*d*, мм	*n*, мин$^{-1}$	Мощность на шпинделе, кВт	Расход сжатого воздуха, м^3/мин	Конус шпинделя (Морзе)	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
СМ11-3-18000	3	18 000	184	0,6	1	136x45x145	0,85
СМ21-6-12000	6	12 000	294	0,8		171x55x152	1,0
СМ11-6-3600		3600	184	0,6		150x45x145	0,9
СМ21-9-2500	9	2500	294	0,8	1	180x55x152	1,2
СМ21-9-300		300	294			230x55x152	1,3
ИП-1009		1400	330	0,6	—	—	1,0
ИП-1011	12	1400	330				
ИП-1019		1000	440	0,9		200x53x178	1,45
ИП-1020		1000	440		1	230x56x178	1,7
ИП-1024	14	1000; 1100	330; 340	0,8; 0,9		252x58x175	2,1
ИП-1021	14	200	590	1,0		290x56x178	2,6
ИП-1023*	20; 25	1200	9001	1,2	3	690x133x195	5,4
ИП-1103А**	32	450	1800	2,0		396x96x215	7,5
ИП-1016А**	32	450	1800	2,0		380x160x260	8,4

Примечание. *d* — наибольший диаметр отверстия при сверлении по стали; *n* — частота вращения шпинделя.

* Для сверления железобетона.
** Угловая сверлильная машина.

Приложение 51

Характеристика электрических шлифовальных машин

Модель	Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	Потребляемая мощность, кВт	Напряжение питающей сети, В	Частота тока, Гц	Габаритные размеры, мм	Масса (без кабеля и круга), кг
ИЭ-2008	63	6800	0,6	220	50	575x86x86	3,45
ИЭ-2009	125	2600	1,15	36	200	620x144x106	6,5
ИЭ-2004А	150	3800	1,07			609x204x117	6,5
ИЭ-2106*	80	3300	0,6			420x108x141	3,8
ИЭ-6103	200/125	2900/4080	1,02	220	50	298x268x284/347x246x211	3,2/3,7
ИЭ-8201А	200/125	3600	1,02			261x228x213/284x240x255	2,7

Примечание. Машины ИЭ-6103 и ИЭ-8201А с гибкими валами. В числителе даны характеристики для прямых головок, в знаменателе — для угловых. * Угловая шлифовальная машина.

Приложение 52

Характеристика электрических резьбозавертывающих машин-винтовертов

Модель	Момент затяжки, Н·м	Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	Потребляемая мощность, Вт	Напряжение питающей сети, В	Частота тока, Гц	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ИЭ-3601Б	13	780	210	36	200	321x70x163	2,3
ИЭ-3620А	15	420	420	220	50	400x70x130	2,5
ИЭ-3603	15	2500	420	220	50	320x70x130	1,7

Примечание. Наибольший диаметр затягиваемой резьбы — 6 мм.

Характеристика электрических

Модель	Диаметры затягиваемых болтов* (мм), для классов прочности		Момент затяжки, Н · м	Энергия удара, Дж
	3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6	6.8; 6.9; 8.8; 10.9; 12.9; 14.9		
ИЭ-3121	16–27	10-18	—	16
ИЭ-3115	18–30	12–20	700	25
ИЭ-3118	18–30	12–20		
ИЭ-3119	20–36	14–22	—	40
ИЭ-3120А	22–42	16–24	—	63
ИЭ-3112А	24–48	18–27	—	100
ИЭ-3112	22–30	—	—	100

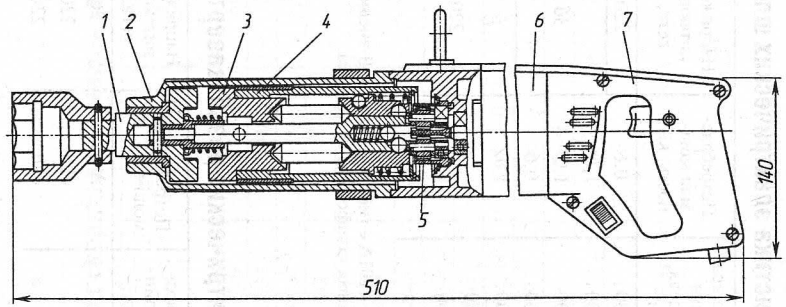


Рис. к приложению 53. Гайковерт ИЭ-3119: *1* — шпиндель; *2* — корпус; *3* — ударно-вращательный механизм; *4* — корпус бойка; *5* — планетарный редуктор; *6* — электродвигатель; *7* — рукоятка

Приложение 53

резьбозавертывающих машин (гайковертов)

Число ударов за 2 с	Потребляемая мощность, Вт	Напряжение питающей сети, В	Частота тока, Гц	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
3	350	—	—	385x79x209	4,3
4	420	220	50	470x79x130	5,1
3	400			370x80x210	5,7
4	450	36	200	510x90x140	7,4
2	600			462x100x306	10,5
1	120	220	50	330x120x310	12,3
1	120			447x153x410	12,4

Приложение 54

Характеристика пневматических резьбозавертывающих машин-винтовертов (давление воздуха 0,5 МПа)

Модель	Наибольший диаметр затягиваемой резьбы, мм	Момент затяжки, Н·м	Расход сжатого воздуха, м^3/мин	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ВП-02	3	2	0,4	210x39	0,8
ВП-08	5	8	0,5	230x39	0,9
ВП-2	8	20	0,8	270x160	2

Приложение 55

Характеристика гидравлических резьбозавертывающих головок серии ГБ (давление масла 6 МПа)

Параметры	ГБ-10К	ГБ-12К	ГБ-14К	ГБ-16
Момент затяжки, Н · м	80	180	320	600
Частота вращения шпинделя под нагрузкой, мин$^{-1}$	150	120	100	80
Расход масла под нагрузкой, л/мин	27	30	42	73
Габаритные размеры (длина и диаметр), мм	400x60	562x75	562x80	792x140
Масса, кг	3,35	9,75	10,3	34,9

Примечание. Напряжение питающей сети — 36 В, частота тока — 200 Гц.
* В числителе указана частота вращения шпинделя на холостом ходу, в знаменателе — под нагрузкой.

Характеристика электрических

Параметры	ГСЭ-2		ГСЭ-6		ГСЭ2-6	
	Исполнение					
	I	II	I	II	I	II
Момент затяжки, Н · м	20		63		63	
Частота вращения* шпинделя, мин$^{-1}$	77		82		325/52*	
Потребляемая мощность, кВт	0,12		0,18		0,18	
Габаритные размеры, мм:						
длина	415	315	488	352	560	427
диаметр	77	75	77	77	77	77
Масса, кг	4,2	3,8	6,4	5,7	7,7	7,1

Примечание. Напряжение питающей сети — 36 В, частота тока — 200 Гц.
* В числителе указана частота вращения шпинделя на холостом ходу, в знаменателе — под нагрузкой.

Характеристика пневматических резьбозавертывающих

Параметры	ГСП-1,6		ГСП-2		ГСП-3	
	Исполнение					
	I; II	III	I; II	III	I; II	III
Момент затяжки, Н · м	16		20		32	
Потребляемая мощность, кВт	0,59		0,59		0,736	
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	500		420		400	
Расход сжатого воздуха, м^3/мин	0,9		0,9		1,0	
Габаритные размеры, мм:						
длина	328	222	330	226	343	239
диаметр	48	45	52	52	52	52
Масса, кг	1,43	1,8	2,0	2,15	2,4	2,5

Приложение 56

резьбозавертывающих головок серии ГСЭ

ГСЭ-10		ГСЭ2-10		ГСЭ-16		ГСЭ2-16		ГСЭ-25		ГСЭ2-25	
Исполнение											
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
100		100		160		160		250		250	
38		200/40*		30		180/30*		45		280/45*	
0,25		0,25		0,25		0,25		0,6		0,6	
525	380	600	380	540	402	615	471	625	465	725	565
82	80	80	88	88	88	88	86	90	90	90	90
8,5	8,0	10,0	9,6	10,5	10,0	11,6	10,6	13,1	11,6	16,0	14,6

Приложение 57

головок серии ГСП (давление воздуха 0,5 МПа)

ГСП-6		ГСП-16		ГСП-25		ГСП-40	
Исполнение							
I; II	III	I; II	III	I; II	III	I; II	III
63		160		250		600	
0,92		1,1		1,5		1,6	
220		170		160		200	
1,25		1,3		1,4		1,6	
378	256	395	270	486	316	498	
70	70	70	70	80	80	100	
4,0	4,15	4,2	4,4	6,8	7,0	9,85	

26 Зак. 1206

Приложение 58

Характеристика роликовых патронов для завинчивания шпилек

Параметры	ПР.97.12	ПР.97.13	ПР.94.14	ПР.97.15	ПР.97.16	ПР.97.17	ПР.97.18	ПР.97.19
Число роликов	3	3	3	3	3	3	5	5
Момент затяжки, Н · м	35	70	125	150	200	300	600	800
Диаметр завинчиваемой резьбы, мм	М8	М10	М12	М14	М16	М18	М20	М22
Габаритные размеры (диаметр, длина), мм	36x79	36x87	36x95	40x105	40x109	43x122	48x141	60x155
Масса, кг	0,51	0,53	0,55	0,82	0,83	0,97	1,66	2,67

Примечание. Патроны при съеме со шпильки не требуют реверса.

Приложение 59

Характеристика быстросменных патронов для завинчивания шпилек

Параметры	ПБ.97.16 ПБ.97.18	ПБ.97.19 ПБ.97.21	ПБ.97.22 ПБ.97.24	ПБ.97.25 ПБ.97.28	ПБ.97.29 ПБ.97.31
Крутящий момент, Н·м	35	70	200	400	600
Диаметр завинчиваемой резьбы, мм	М6; М8; М10	М10; М12; М14	М14;М16; М18	М18;М20; М22;М24	М22;М24
Габаритные размеры (диаметр, длина), мм	42x221	50x215	60x244	70x294	75x321
Масса, кг	1,82	2,72	4,35	7,82	8,27

Приложение 60

Характеристика пневматических резьбозавертывающих машин (гайковертов) (давление воздуха 0,5 МПа)

Модель	Наибольший диаметр резьбы, мм	Момент затяжки, Н · м	Время затяжки, с	Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ИП-3112А*	14	100	4	0,6	226x60x173	2,2
ИП-3207А**			5		273x65x118	2,6
ИП-3113А*	18	250	8	0,7	261x64x175	2,7
ИП-3114*	20		10	0,9	260x87x245	4,5
ИП-3106А*	27–36	800;	—	1,05	340x160x250	8,8
		1250;				
		1600				
ИП-3205А**	27–36	800;			370x125x195	9,7
		1250;				
		1600				
ИП-3115*	48–52	3150	10	1,0	295x390x160	14,5

Примечание. Машины ИП-3205А и ИП-3206А с регулируемым моментом.
* Реверсивные завертывающие машины.
** Угловые резьбозавертывающие машины.

Литература

1. *Жолобов А.А.* Технология автоматизированного производства: Учеб. Мн., 2000.

2. *Егоров М.Е.* Основы проектирования машиностроительных заводов: Учеб. 6-е изд. М., 1969.

3. *Маталин А.А.* Технология машиностроения: Учеб. Л., 1985.

4. Справочник металлиста: В 5 т. Т. 4 / Под ред. М.П. Новикова, П.Н. Орлова. М., 1977.

5. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. М., 2001.

6. Справочник технолога машиностроителя: В 2 т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М., 2001.

7. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. 2-е изд. М., 1974.

8. *Лобода Е.А.* Единая система технологической документации: Справ. пособие / Е.А. Лобода, В.Г. Мартынов, Б.С. Мендриков. М., 1992.

9. *Гусев А.А.* Основные принципы построения сборочных производственных систем. М., 1988.

10. *Кривко Г.П.* Технология автоматизированного машиностроения: В 6 ч. Учеб. пособие / Г.П. Кривко, И.Л. Баршай, А.А. Ярошевич. Мн., 1993.

11. Научные основы автоматизации сборки машин / Под ред. М.П. Новикова. М., 1976.

12. *Новиков М.П.* Основы технологии сборки машин и механизмов. М., 1980.

13. Проектирование технологии: Учеб. / Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. М., 1990.

14. *Рязанцев А.Н.* Автоматизация проектирования технологических процессов: Сб. задач: Учеб. пособие. / А.Н. Рязанцев, А.А. Жолобов. Мн., 1997.

15. Технология машиностроения (специальная часть): Учеб. / А.А. Гусев, Е.П. Ковальчук, И.М. Колесов и др. М., 1986.

16. Технология автоматизированного производства. Специальная часть / Под ред. А.А. Жолобова. Мн., 1997.

17. *Покровский Б.С.* Механосборочные работы и их контроль. М., 1989.

18. *Мрочек Ж.А.* Основы технологии автоматизированного производства в машиностроении: Учеб. пособие / Ж.А. Мрочек, А.А. Жолобов, Л.М. Акулович. Мн., 2003.

19. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учеб. пособие / И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; Под общ. ред. И.П. Филонова; + CD. Мн., 2003.

20. Технология автотракторостроение: Учеб. пособие / В.В. Сасов, В.И. Дементьев, М.П. Новиков, С.И. Абрамсон. М., 1968.

Оглавление

Предисловие 3

1. Основы проектирования технологических процессов сборки машин 5

1.1. Служебное назначение и конструкция машины 5
1.2. Изучение служебного назначения машины 7
1.3. Примеры изучения служебного назначения машин 8
1.3.1. Служебное назначение агрегатного станка 8
1.3.2. Служебное назначение шестеренчатого насоса 13
1.4. Классификация процессов сборки 22
1.5. Анализ технологичности конструкции машины 23
1.5.1. Требования к оформлению конструкции машины 23
1.5.2. Расчет показателей технологичности 25
1.6. Структура и содержание технологического процесса сборки 26
1.7. Деление машин на сборочные единицы 30
1.8. Выбор методов достижения точности машин. Расчет размерных цепей 35
1.8.1. Метод полной взаимозаменяемости 37
1.8.2. Метод неполной взаимозаменяемости 46
1.8.3. Метод групповой взаимозаменяемости 52
1.8.4. Методы регулирования и пригонки 57
1.8.5. Пример расчета размерной цепи 67
1.9. Исходные данные и последовательность разработки технологического процесса сборки 72
1.10. Составление технологической схемы и циклограммы сборки машины 74
1.11. Типы производства и организационные формы сборки 79
1.12. Нормирование сборочных операций 88
1.13. Разработка плана сборочного участка 91
1.13.1. Выбор принципиальной схемы расположения оборудования 91
1.13.2. Расчет численности работающих 94
1.13.3. Расчет площади участка 96
1.14. Оформление технологической документации 97

2. Сборка типовых узлов машин 106

2.1. Расчет зазоров (натягов) в соединениях 106
2.2. Сборка соединений с натягом 109
2.3. Сборка соединений с переходными посадками 114
2.4. Сборка резьбовых соединений 115
2.5. Сборка шпоночных соединений 117
2.6. Сборка узлов с подшипниками качения 119
2.7. Сборка узлов с подшипниками скольжения 122
2.8. Сборка цилиндрических зубчатых передач 126
2.9. Сборка конических зубчатых передач 130
2.10. Сборка червячных передач 134
2.11. Сборка ременных передач 143
2.11.1. Виды ременных передач 143
2.11.2. Монтаж и контроль ременных передач 144
2.12. Сборка цепных передач 149
2.12.1. Виды цепных передач 149
2.12.2. Монтаж, настройка и контроль цепных передач 151
2.13. Сборка соединений с направляющими поверхностями 157
2.13.1. Назначение и типы направляющих 157
2.13.2. Отделочные и пригоночные работы при сборке направляющих 159
2.13.3. Контроль качества сборки 163
2.14. Балансировка деталей и сборочных единиц 166
2.14.1. Основные понятия технологии балансировки 166
2.14.2. Структура процесса балансировки 167
2.14.3. Способы и средства статической балансировки сборочных единиц 169
2.14.4. Способы и средства динамической балансировки сборочных единиц 172
2.14.5. Способы устранения дисбалансов ротора 177
2.15. Сварные, паяные и клеевые соединения 179

3. Механизация и автоматизация сборочных работ 190

3.1. Проблемы механизации и автоматизации сборочных работ 190
3.2. Механизация технологических операций 191

3.3. Средства механизации транспортных работ и оснастки при сборке ... 209
3.4. Автоматизация операций ... 213
3.4.1. Сущность процесса автоматической сборки деталей ... 213
3.4.2. Определение условий собираемости ... 218
3.4.3. Технологичность конструкций деталей и сборочных единиц при автоматической сборке ... 224
3.4.4. Выбор метода достижения точности при автоматической сборке ... 229
3.4.5. Анализ схем базирования деталей при автоматической сборке ... 235
3.4.6. Кинематические и геометрические связи, обеспечиваемые автоматическим сборочным устройством ... 248
3.4.7. Последовательность проектирования автоматического сборочного оборудования ... 253
3.4.8. Особенности автоматической сборки резьбовых, шпоночных и шлицевых соединений ... 259
3.4.9. Автоматические сборочные машины и роботы 282
3.4.10. Роботизация сборочных работ ... 289
3.4.11. Роторные сборочные автоматы ... 304

4. Примеры технологических процессов сборки узлов машин ... 308

4.1. Сборка шатунно-поршневой группы ... 308
4.2. Сборка узла головки блока цилиндров ... 324
4.3. Особенности оформления технологических процессов сборки изделий ... 331

5. Автоматизированное проектирование технологических процессов сборки ... 337

5.1. Исходные данные для проектирования технологического процесса сборки ... 338
5.2. Ввод общих сведений о проектируемом технологическом процессе ... 340
5.3. Формирование структуры технологического процесса сборки ... 341

5.4. Выбор оборудования и средств технологического оснащения ... 347
5.5. Параметрическая настройка технологического процесса ... 353
5.6. Формирование текстовой и графической технологической документации ... 364

Приложения ... 371

Литература ... 404