

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов специальностей
1-38 01 01 «Механические и электромеханические
приборы и аппараты»,
1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские
аппараты и системы»,
1-52 02 01 «Технология и оборудование
ювелирного производства»

Минск
БНТУ
2011

УДК 681.2.001.63:378.244(075.8)

ББК 34.9

Т 38

Составители:

Г.А. Есьман, В. Л. Габец

Рецензенты:

А.Д. Маляренко, И.Л. Баршай

Методические указания предназначены в качестве учебного пособия для студентов специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении» при выполнении курсового проекта по конструированию и проектированию контрольных и станочных приспособлений.

Методические указания определяют содержание курсового проекта, его объем и последовательность выполнения отдельных разделов.

Главное внимание уделено разделам, которые вызывают наибольшие трудности, обусловленные недостаточно полным, а иногда и противоречивым изложением отдельных вопросов в технической литературе.

ВВЕДЕНИЕ

Создание материально-технической базы производства и необходимость непрерывного повышения производительности труда ставит перед приборо- и машиностроителями весьма ответственные задачи.

Основное требование к современному производству – дать как можно больше продукции лучшего качества и с наименьшей стоимостью – относится прежде всего к приборостроению, призванному обеспечить технический прогресс всех отраслей народного хозяйства. Выполнение этого требования обеспечивается не только за счет простого количественного роста производства (нового капитального строительства, увеличения рабочей силы, модернизации устаревшего оборудования и создания нового), но и путем лучшего использования имеющейся техники, хорошей организации труда, внедрения передовой технологии, распространения передового опыта и применения прогрессивной оснастки.

Интенсификация производства в приборостроении связана с модернизацией средств производства на базе применения новейших достижений науки и техники. Техническое перевооружение, подготовка производства новых видов продукции машиностроения и модернизация средств производства неизбежно включают процессы проектирования средств технологического оснащения и их изготовления.

В приборо- и машиностроении в общем объеме средств технологического оснащения примерно 50 % составляют станочные приспособления. Применение станочных приспособлений позволяет:

- надежно базировать и закреплять обрабатываемую деталь с сохранением ее жесткости в процессе обработки;
- стабильно обеспечивать высокое качество обрабатываемых деталей при минимальной зависимости качества от квалификации рабочего;

– повысить производительность и облегчить условия труда в результате механизации приспособлений;

– расширить технологические возможности используемого оборудования.

В настоящее время в области конструирования и эксплуатации приспособлений накоплен большой опыт как в отечественной, так и в зарубежной машиностроительной промышленности. Созданы типовые конструкции высокопроизводительных приспособлений, обеспечивающие высокую точность и экономичность изготовления деталей.

Некоторые вопросы конструирования приспособлений получили научное обоснование. К ним относятся вопросы принципов базирования и расчета погрешностей изготовления деталей в приспособлениях, создание методики расчета усилий закрепления и обеспечения прочности зажимных устройств. Разработана методика расчета экономической целесообразности выбора того или иного варианта приспособлений.

Предусмотренный учебным планом специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» курсовой проект по технологическому оборудованию и оснастке является частью технологической подготовки будущих инженеров приборостроителей. В ходе курсового проектирования обобщаются и углубляются теоретические знания, полученные в процессе изучения дисциплины «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении».

Целью курсового проекта является приобретение первоначальных практических навыков и умений в конструировании сравнительно несложных специальных приспособлений для металлорежущих станков.

Полностью выполненный курсовой проект защищается перед комиссией, назначаемой заведующим кафедрой в преду-

смотренные учебным планом сроки. В докладе студента должны найти отражение следующие вопросы:

- 1) задание на курсовое проектирование;
- 2) анализ конструкции детали и операционного эскиза для данной операции технологического процесса;
- 3) выбор и обоснование конструкции разработанного приспособления;
- 4) расчеты, подтверждающие работоспособность и точность приспособления;
- 5) принятые оригинальные решения.

По результатам защиты комиссией выставляется оценка, учитывающая не только разносторонность и глубину технических знаний и умений студентов, но и ритмичность работы студента в течение семестра, а также качество выполнения графической части проекта и пояснительной записки.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Задание на курсовое проектирование выдается руководителем проекта в течение первых двух недель учебного семестра.

Курсовой проект включает:

– пояснительную записку объемом 30–40 с., в которую входит весь текстовый материал, а также необходимые рисунки, схемы, формулы, таблицы и т. д.;

– графическую часть – 2–3 листа формата А1.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы.

Введение, в котором кратко указывается роль приспособлений в повышении производительности и качества выпускаемой продукции; актуальность выбранной темы проекта; цели и задачи, решаемые в проекте; достигнутые результаты.

Техническое задание на проектирование приспособления, выполненное в соответствии с ГОСТ 15.001 (пример оформления ТЗ – прил. 1).

Анализ конструкции детали и операционного эскиза.

Краткое описание выполняемой в разрабатываемом приспособлении операции, применяемого инструмента, оборудования и расчет режимов резания.

Анализ существующих конструкций приспособлений и обоснование выбранных решений.

Выбор принципиальной схемы разрабатываемого приспособления, описание конструкции и принципа его действия.

Силовой расчет приспособления, выбор и расчет силового привода.

Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении.

Выводы.

Список использованной литературы.

Приложения.

Графическая часть курсового проекта должна включать:

- 1) чертеж детали;
- 2) операционный эскиз на данную операцию;
- 3) чертеж общего вида разработанного приспособления;
- 4) принципиальную схему приспособления;
- 5) рабочие чертежи отдельных деталей приспособления (не обязательно для специальностей выполняющих курсовую работу).

Курсовой проект должен быть оформлен в полном соответствии с СТП БНТУ 3.01–2003 «Курсовое проектирование. Общие требования и правила оформления», требованиями ЕСТД И ЕСКД.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ПРОЕКТА

2.1. Общие положения методики конструирования специальных станочных приспособлений

Конструирование приспособления тесно связано с разработкой технологического процесса изготовления данной детали, поэтому между технологом и конструктором должны существовать тесное взаимодействие и творческое содружество.

В задачи технолога входят: выбор заготовки и установление маршрута обработки; уточнение содержания технологических операций с разработкой операционных эскизов, дающих представление об установке и закреплении заготовки; выбор технологических баз и определение промежуточных размеров по всем операциям и допусков на них; установление режимов резания; нормирование техпроцесса с определением штучного времени на операцию по элементам; выбор типа к модели станка.

В задачи конструктора входят: конкретизация предложенной технологом схемы установки заготовки в приспособлении; выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления; определение величины необходимой силы закрепления заготовки; уточнение схемы и размеров зажимного устройства; выбор силового привода; определение размеров направляющих деталей приспособления; общая компоновка приспособления с назначением допусков на его сборку и на изготовление отдельных деталей.

Таким образом, общая схема приспособления и принцип его действия определяются технологом, разрабатывающим технологический процесс, и выдаются конструктору в качестве исходных данных.

По числу устанавливаемых для обработки заготовок схемы станочных приспособлений делят на одно- и многоместные, а по числу инструментов – на одно- и многоинструментные. В

зависимости от порядка работы инструментов и расположения заготовок в приспособлении эти схемы могут быть последовательного, параллельного и параллельно-последовательного выполнения. При сочетании указанных признаков образуется несколько различных схем. Варианты схем оценивают по производительности и себестоимости с безусловным обеспечением заданного качества обработки.

Конструкцию специального приспособления разрабатывают в два основных этапа:

- проектирование приспособления;
- конструирование приспособления.

На первом этапе выбирают, обосновывают и рассчитывают отдельные элементы приспособления, определяют техническую (с точки зрения обеспечения требуемой точности) и экономическую целесообразность возможных вариантов конструкций приспособлений.

На втором этапе из выбранных элементов разрабатывают общий вид приспособления и рабочие чертежи оригинальных деталей.

Для правильного решения всех вопросов проектирования конструктор должен иметь полные исходные данные, к которым относятся:

1) рабочие чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями. Изучая их, конструктор получает сведения о форме, размерах, припусках и допусках на деталь, шероховатости поверхностей, материале детали, местах разъема штампов или опок и др. По возможности следует пользоваться образцами детали;

2) операционные эскизы на предшествующую и выполняемую операции. Они характеризуют схему базирования и закрепления детали на этих операциях, показывают, какие поверхности уже обработаны, какие являются черновыми до и после обработки; из них видно, какие размеры и с какой точностью должны быть получены на данной операции;

3) карты технологического процесса обработки детали, в которых указаны последовательность и содержание операций, базирование, применяемые инструменты и оборудование, режимы резания, проектная норма штучного времени с выделением времени на установку, закрепление и снятие детали;

4) объем выпуска деталей (годовая программа), который необходим в тех случаях, когда неизвестна производительность операции и не оговорено вспомогательное время;

5) государственные стандарты и нормалы на детали и узлы станочных приспособлений, паспорта или данные о размерах посадочных мест станков.

Прежде чем приступить к конструированию приспособлений, конструктор должен тщательно изучить исходные данные. Кроме того, целесообразно ознакомиться со станком в цехе, выявить технологические возможности инструментального цеха, где будут изготавливать приспособление, выявить наличие на складе нормализованных заготовок, деталей и узлов приспособлений, изучить работу аналогичных приспособлений.

Если в результате глубокой проработки исходных данных конструктор создает более рациональную схему приспособления, улучшающую построение операции, после согласования с технологом вносят изменения в технологический процесс.

Работа по конструированию приспособлений проходит в следующем порядке.

1. Исходя из схемы базирования обрабатываемой детали, точности и шероховатости базовых поверхностей, определяют тип и размер установочных элементов, их количество, взаимное расположение и рассчитывают погрешности установки.

2. Исходя из заданной производительности операции определяют тип приспособления (одно- или многоместное, одно- или многопозиционное).

3. По заданным режимам резания (силам резания) в выбранной схеме установки составляют схему действия сил на деталь в процессе обработки.

4. Выбирают точку приложения и направления силы зажима и рассчитывают ее величину, а также погрешность закрепления.

5. По силе зажима, числу мест ее приложения и в зависимости от конфигурации и точности детали выбирают тип зажимного механизма, рассчитывают его основные конструктивно-размерные параметры и величину необходимой исходной силы привода.

6. По исходной силе и регламентированному времени на закрепление и открепление детали выбирают тип силового привода и рассчитывают его размеры. По нормальям и государственным стандартам уточняют рассчитанные размеры силового привода.

7. Устанавливают тип и размеры моментов для определения положения и направления режущего инструмента. Для сверлильных и расточных приспособлений производят расчет допусков на расстояние до оси кондукторной втулки.

8. Выбирают необходимые вспомогательные устройства, определяют их конструкцию, размеры, расположение, исходя из массы заготовки, выполняемой операции и необходимой точности обработки.

9. Разрабатывают общий вид приспособления и определяют точность его исполнительных размеров.

10. Рассчитывают на прочность и износоустойчивость нагруженные и движущиеся элементы приспособления.

11. Рассчитывают экономическую целесообразность разработанной конструкции приспособления.

2.2. Силовой расчет приспособления, выбор и расчет силового привода

Цель силового расчета приспособления – определение размеров зажимного устройства, развивающего требуемую величину усилия, необходимого для обеспечения надежного кон-

такта заготовки с установочными элементами и предупреждения ее смещения и вибрации в процессе обработки. При использовании в приспособлении нормализованного силового устройства силовой расчет носит проверочный характер и состоит в том, чтобы убедиться в соответствии величины усилия, развиваемого силовым приводом, с величиной усилия, необходимого для закрепления заготовки.

Рассчитывая силы зажима, необходимо учитывать упругую характеристику зажимного устройства. В приспособлениях применяют зажимные устройства двух типов.

В устройствах первого типа величины упругого отжима прямо пропорциональны приложенным силам. К ним относятся самотормозящие зажимные механизмы (винтовые, клиновые, эксцентриковые и др.), привод которых может быть ручным или механизированным (пневматический, гидравлический и др.).

К устройствам второго типа относятся пневматические, гидравлические и пневмогидравлические механизмы прямого действия. При приложении к зажимному элементу этих устройств (например, штоку пневмо- или гидроцилиндра) возрастающей по величине силы, перемещения штока не будет до тех пор, пока приложенная сила не превысит противодействующую ей силу (от давления жидкости или воздуха на поршень). В устройствах этого типа с промежуточными звеньями без самоторможения величина отжима зажимного элемента сначала изменяется по линейному закону из-за упругих деформаций звеньев, а затем при определенном значении прилагаемой силы элемент может резко переместиться на значительную величину.

Отношение сил P_1 и P_2 , соответствующих моменту отрыва заготовки от опор приспособления с зажимным устройством первого и второго типов, можно определить из формулы [1]

$$\frac{P_1}{P_2} = 1 + \frac{l_1}{l_2},$$

где I_1 и I_2 – жесткости зажимных и установочных элементов приспособления.

Величину зажимного усилия W можно определить на основе решения задачи статики, рассматривая при этом равновесие заготовки под действием приложенных к ней сил.

Рекомендуется следующий порядок выполнения силового расчета.

1. Вычислить силы или моменты резания, массу заготовки, инерционные силы.

Силы резания по значению и направлению определяются в зависимости от способа обработки, свойств обрабатываемого материала и материала режущей части инструмента, режимов резания и углов заточки инструмента. Величину составляющих сил резания и моментов резания для различных способов обработки можно определить из выражений, представленных в работах [2, 4]. Направления сил, действующих на заготовку при различных способах обработки, показаны на рис. 1–6. При многоинструментальной обработке силы резания, воздействующие на заготовку от каждого инструмента, определяются независимо. Для расчета следует рассматривать такое положение инструмента, в котором сдвигающие усилия, крутящие и опрокидывающие моменты, действующие на заготовку со стороны инструмента, будут наибольшими.

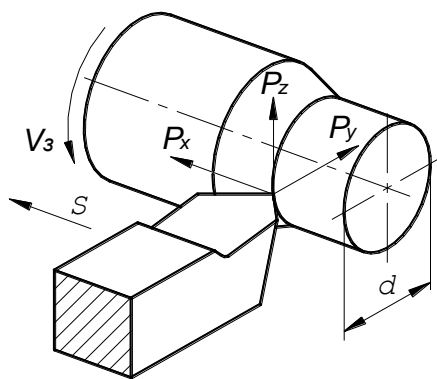


Рис. 1. Точение: $P_z : P_y : P_x = 1 : 0,45 : 0,35$ (при $\gamma = 15^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0^\circ$)

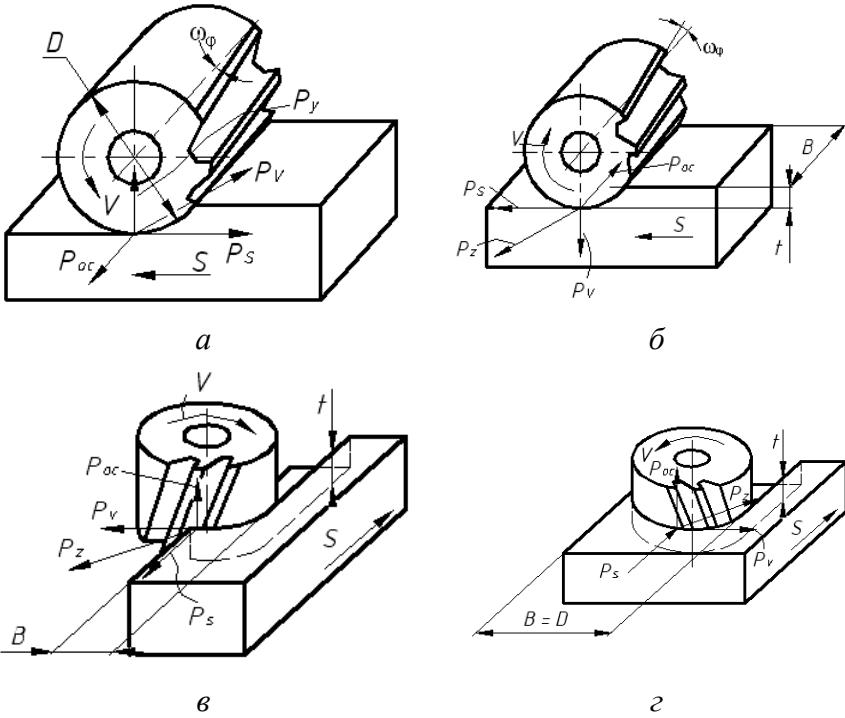


Рис. 2. Фрезерование:

- a* – цилиндрическими фрезами встречное: $P_s = (1-1,2) P_z$; $P_v = (0,2-0,3) P_z$;
- б* – цилиндрическими фрезами попутное: $P_s = (0,8-0,9) P_z$; $P_v = (0,75-0,80) P_z$;
- в* – торцевыми фрезами несимметричное встречное: $P_s = (0,6-0,9) P_z$;
- $P_v = (0,45-0,70) P_z$; то же попутное $P_s = (0,15-0,30) P_z$; $P_v = (0,9-1,0) P_z$;
- г* – торцевыми фрезами симметричное: $P_s = (0,3-0,4) P_z$; $P_v = (0,85-0,95) P_z$;
- $P_{oc} = 0,28 P_z \operatorname{tg} \omega$

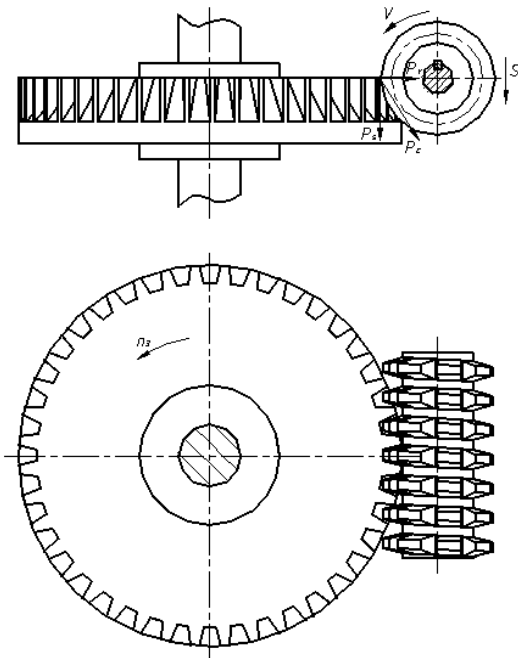


Рис. 3. Зубофрезерование:
 $P_s = 0,85 P_z$ $P_V = 0,75 P_z$

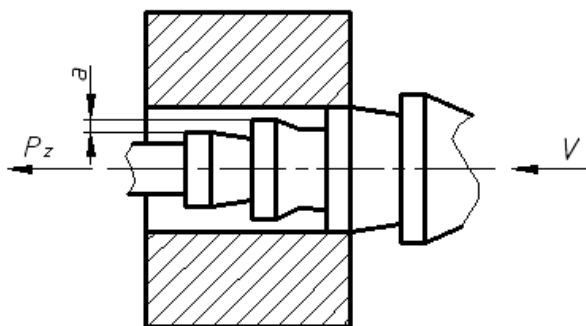


Рис. 4. Протягивание

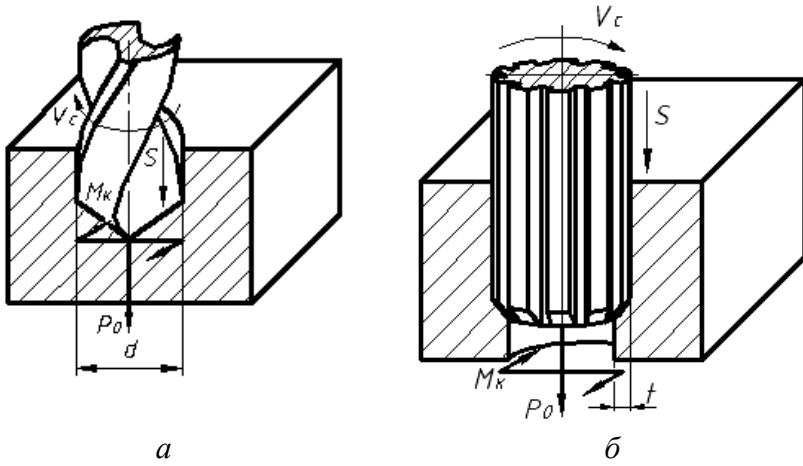


Рис. 5. Обработка осевым инструментом:
a – сверление, рассверливание; *б* – зенкерование, развертывание

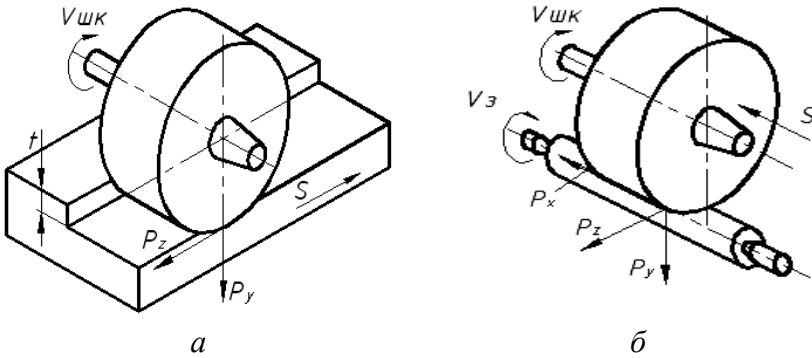


Рис. 6. Шлифование:
a – плоское $P_y = (0,4-0,65) P_z$; *б* – круглое $P_y = (1,5-3) P_z$; $P_x = 0,1 P_z$

Силы, обусловленные инерцией и приложенные к заготовке, вызываются действием ускорения (линейного и углового) на саму заготовку или на элементы зажимных устройств. Они возникают при наличии неравномерного движения заготовки, например, при пусках и остановках станка, при автоматическом изменении режимов в процессе резания и др. Эти силы направлены противоположно ускорению рассматриваемого тела, линия их действия проходит через его центр массы. Обычно силы инерции невелики по сравнению с силами резания, и поэтому ими можно пренебречь, за исключением чистового точения при больших скоростях резания. В этом случае при пуске или остановке станка силы инерции вызывают действие крутящего момента M_k , стремящегося повернуть заготовку относительно опор.

Момент M_k определяется по формуле

$$M_k = I_x \cdot e,$$

где I_x – момент инерции заготовки относительно оси ее вращения;

e – угловое ускорение.

Для цилиндрической заготовки

$$I_x = \frac{1}{8} m d^2, \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где m – масса заготовки, кг;

d – диаметр заготовки, м.

Угловое ускорение определяется через время пуска или останова и частоту вращения шпинделя станка и приближенно вычисляется так:

$$\varepsilon = 0,2 n_{\text{ш}}, \text{ с}^{-2},$$

где $n_{\text{ш}}$ – частота вращения шпинделя, об/мин.

При чистовом точении значение M_k может быть больше, чем момент, возникающий от сил резания, поэтому для чистовой обработки при $m > 1$ кг и $n_{\text{ш}} > 1000$ об/мин в расчете зажимных устройств следует учитывать инерционные силы. При этом расчет ведут по большему из двух значений моментов, найденных с учетом или сил резания $M_{\text{рез}}$, или сил инерции M_k .

Разновидностью инерционных сил являются центробежные силы, которые порождаются неуравновешенностью вращающихся масс относительно оси вращения, например, при растачивании отверстий в корпусных деталях на токарных станках. Эти силы действуют как на саму заготовку, так и на зажимные элементы. Они приложены в центре тяжести тела и направлены всегда по радиусу от оси вращения. В зависимости от расположения центра тяжести заготовки и зажимных элементов относительно оси вращения и опор эти силы могут действовать в одном или противоположных направлениях с силой зажима.

Центробежная сила определяется по формуле

$$P_{\text{ц}} = m\omega^2 c, \text{ Н,}$$

где m – масса рассматриваемого тела, кг;

ω – угловая скорость вращения тела, с^{-1} ;

c – расстояние от центра тяжести тела (центра масс) до оси вращения, м.

Угловую скорость вращения ω можно определить из выражения

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{ш}}}{30}.$$

2. Составить расчетную схему сил, действующих в процессе обработки на заготовку.

Изобразить заготовку с опорными точками (при необходимости в нескольких проекциях).

Изобразить все активные силы, действующие на заготовку (силы резания, инерции, тяжести и зажима). При этом силы тяжести и силы инерции следует учитывать в том случае, когда их величины составляют более 10 % от сил резания.

Условно отбросить опоры и заменить их действие реакциями связей, которые должны быть направлены по нормали к поверхности заготовки.

Изобразить силы трения, которые определяются как

$$F_{\text{тр}} = f \cdot R \text{ или } F_{\text{тр}} = f \cdot W,$$

где R – реакция опоры;

W – сила зажима;

f – коэффициент трения скольжения.

Их направление противоположно возможному смещению заготовки по опорам. В общем случае силу трения следует раскладывать на составляющие по координатным осям. Для практических расчетов потребных сил зажима значения коэффициента трения можно принимать по [5, с. 384, табл. 3].

Убедиться, что данная задача является статически определенной, т. е. число алгебраических неизвестных (сил реакции опор и сил зажима) – не более шести.

Выбрать систему осей декартовых координат так, чтобы наибольшее возможное число сил было параллельно или перпендикулярно этим осям (что уменьшит число составляемых уравнений для проекции сил) и чтобы линии действия неизвестных сил пересекали эти оси.

Расчетную схему сил следует составить для наиболее неблагоприятного варианта местоположения режущего инструмента по длине обрабатываемой поверхности, при котором

для удержания заготовки от перемещения и поворота под действием силы резания требуется приложить наибольшее зажимное усилие.

3. Составить систему уравнений статики, т. е. уравнений сил и моментов из условия равновесия заготовки (количество уравнений должно быть равно количеству неизвестных в расчетной схеме).

4. Определить величину зажимного усилия W , решая систему уравнений сил и моментов.

Типовые расчетные схемы, уравнения равновесия и формулы для расчета зажимных сил приведены в работах [1, с. 68–85; 5, с. 375–382; 7, с. 121–129].

5. Полученное значение зажимного усилия W увеличить, умножив его на коэффициент запаса K , методика определения которого предложена в работе [5, с. 382–384].

6. Построить расчетную схему силового (передаточного) механизма по аналогии с п. 2. Размеры силового механизма ориентировочно можно определить, используя принципиальную схему приспособления.

Если передаточный механизм является комбинированным, состоящим из нескольких элементарных (простых) механизмов (винтового, эксцентрикового, рычажного, клиноплунжерного и т. п.), то расчетные схемы необходимо построить для каждого элементарного зажима, начиная с механизма, непосредственно зажимающего заготовку.

7. Составить систему уравнений статики для элементарного силового механизма и решить ее, определив величину искомой силы W_1 на ведущем его звене.

Если передаточный механизм приспособления не содержит других элементарных зажимов, то сила W_1 будет равна исходной силе Q , развиваемой силовым приводом приспособления.

В случае применения комбинированного зажимного механизма необходимо поочередно составить и решить системы уравнений статики для других элементарных механизмов и

определить исходную силу Q , принимая во внимание, что на ведомом звене каждого последующего элементарного зажима будет действовать сила W_{n-1} , где n – число элементарных зажимных механизмов, входящих в передаточную силовую систему приспособления, равная по величине и обратная по знаку ранее вычисленной силе на ведущем звене предыдущего элементарного зажима.

Упрощенный расчет схем распространенных элементарных и комбинированных зажимных механизмов приведен в работе [5, с. 384–424].

8. По величине исходной силы Q определить размеры силового привода – габариты силового привода, диаметры поршней пневмо- или гидроцилиндра, размеры диафрагмы пневмокамеры или соответствующие элементы других силовых узлов.

При использовании в конструкции приспособления нормализованного силового привода необходимо сравнить полученную в результате расчета величину усилия Q с величиной усилия Q' , развиваемого выбранным по нормальям силовым приводом, причем должно соблюдаться условие $Q \leq Q'$.

2.3. Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении

Цель проверочного точностного расчета заключается в оценке возможности получения при обработке заготовки в разработанном приспособлении точности размеров и взаимного расположения поверхностей, заданных на чертеже детали.

В основу расчета положено необходимое условие обеспечения точности при обработке на настроенных станках:

$$T \geq \Delta_y,$$

где T – допуск на выдерживаемый в данной операции размер заготовки или заготовки относительно необрабатываемой;

Δ_y – суммарная погрешность обработки заготовки в приспособлении.

В общем случае суммарная погрешность Δ_y складывается из первичных погрешностей, обусловленных влиянием многочисленных факторов, и может быть определена по формуле [1]

$$\Delta_y = K \sqrt{\varepsilon_y^2 + \Delta_n^2 + \Delta_{обр}^2} + \sum \Delta_{\phi},$$

где K – коэффициент, характеризующий отклонение действительных кривых распределения погрешностей от кривых нормального закона распределения (при обработке на настроенных станках $K = 1,2$);

ε_y – погрешность установки заготовки в приспособлении;

Δ_n – погрешность настройки станка;

$\Delta_{обр}$ – погрешность данного метода обработки;

Δ_{ϕ} – суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности в результате геометрических неточностей станка и деформаций заготовки при ее закреплении.

Погрешность установки заготовки в приспособлении определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2},$$

где ε_6 – погрешность базирования;

ε_3 – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность положения заготовки, вызываемая неточностью изготовления приспособления.

Погрешности базирования и закрепления следует определять расчетным путем, используя при этом схему базирования

заготовки и ее закрепления (операционный эскиз). Наиболее полные данные по расчету этих погрешностей приведены в работах [5, с. 522–533; 7, с. 98–103, 205–210].

Погрешность базирования $\varepsilon_6 = 0$, если:

– совмещены технологическая и конструкторская (измерительная) базы, к чему всегда следует стремиться при проектировании специальных приспособлений;

– размер получен мерным инструментом (например, ширина шпоночного паза при фрезеровании концевой фрезой за один проход и т.п.).

Погрешность закрепления $\varepsilon_3 = 0$, если:

– сила закрепления заготовок постоянна ($W = \text{const}$);

– качество базовых поверхностей всех заготовок в партии одинаково ($C = \text{const}$);

– сила закрепления перпендикулярна выполняемому размеру.

Погрешность положения заготовки $\varepsilon_{\text{пр}}$, вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов $\varepsilon_{\text{ус}}$, износом последних $\varepsilon_{\text{и}}$ и погрешностями установки приспособления на станке $\varepsilon_{\text{с}}$.

Составляющая $\varepsilon_{\text{ус}}$ характеризует неточность положения установочных элементов приспособления и зависит, в основном, от точности изготовления и сборки деталей приспособления. При использовании одного приспособления ее можно частично или полностью устранить настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений (приспособлений-дублеров, приспособлений-спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав $\varepsilon_{\text{пр}}$.

Величина $\varepsilon_{\text{ус}}$ определяется допуском на размер, связывающий установочную и посадочную поверхности приспособления, а также допуском на взаимное расположение этих поверхностей.

Составляющая $\varepsilon_{\text{и}}$ характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от про-

граммы выпуска изделий (времени работы приспособления), конструкции и размеров опор, материала и массы заготовки, состояния ее базовых поверхностей, а также условий установки заготовки в приспособление и снятия ее. Число установок, вызывающих износ опоры на 1 мкм, называют износостойкостью опор S . Величину S рассчитывают в порядке, указанном в [5, с. 534–535, табл. 16].

По известной величине фактической износостойкости S_f можно определить погрешность обработки, связанную с износом опор при заданном числе установок N .

Зависимости для вычисления погрешности износа для различных случаев установки заготовок приведены в [8, с. 38–41].

Составляющая ε_c выражает погрешность установки приспособления на станке, обусловленную смещением корпуса приспособления на столе станка. В массовом производстве при неизменяемом креплении приспособления на станке ε_c доводится выверкой до определенного минимума и постоянна во времени. Она может быть компенсирована настройкой станка.

В серийном производстве периодически сменяют приспособления на станках, величина ε_c становится при этом некомпенсируемой, случайной. То же происходит на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников. На величину ε_c дополнительно влияет износ поверхностей сопряжения при регулярной смене приспособлений.

Погрешность установки приспособления на станке ε_c возникает из-за зазоров между направляющими шпонками или установочными пальцами приспособления и Т-образными пазами или отверстиями стола станка, что характерно для фрезерных, расточных и других приспособлений.

Погрешность установки вращающихся приспособлений на токарные, зубофрезерные и другие станки зависит от точности их базирования в гнездах станка (конусное отверстие шпинделя, центральное отверстие поворотного стола, центрирующий поясok шпинделя или планшайбы станка и т.д.). Если приспособ-

собление базируется на центрирующий поясok шпинделя (планшайбы), то погрешность положения в виде отклонения от соосности осей шпинделя и устанавливаемого приспособления (эксцентриситета) возникает из-за имеющегося зазора между выточкой корпуса приспособления и центрирующим пояском шпинделя или планшайбы. Расчет ε_c в каждом конкретном случае следует вести по схеме установки приспособления на станке.

Примеры расчетов ε_c приведены в работах [7, с.104–106; 8, с. 15–16].

С учетом изложенного выше погрешность положения заготовки определяется по следующим формулам [1]:

– при использовании приспособлений в серийном производстве

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{3\varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2} + \varepsilon_{\text{уc}};$$

– при использовании приспособлений в массовом производстве (операции закреплены за каждым рабочим местом и при условии, что $\varepsilon_{\text{уc}}$, $\varepsilon_{\text{с}}$ компенсируются настройкой станка)

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{и}};$$

– если используются многоместные приспособления, то

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{уc}}^2 + 3\varepsilon_{\text{и}}^2};$$

– при использовании приспособлений-спутников на автоматической линии

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{уc}}^2 + 3\varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2}.$$

Погрешность настройки станка Δ_n представляет собой неточность установки режущего инструмента на выполняемый при обработке размер.

При установке режущего инструмента (фрезы) с помощью установа и щупа погрешность настройки станка определяется по формуле

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{н1}^2 + \Delta_{н2}^2 + \Delta_{н3}^2},$$

где $\Delta_{н1}$ – допуск на координату установа (допуск на расстояние от опорных элементов приспособления до рабочей поверхности установа);

$\Delta_{н2}$ – допуск на толщину щупа (щуп изготавливается по *н6*);

$\Delta_{н3}$ – погрешность установки инструмента, вызванная квалификацией станочника.

Величина $\Delta_{н1}$ указывается на чертеже приспособления, а величина $\Delta_{н2}$ выбирается по системе допусков и посадок в зависимости от толщины щупа.

Величину $\Delta_{н3}$ можно принимать в пределах 0,02–0,05 мм. В случае наличия в приспособлении направляющих элементов (кондукторных втулок, копиров) погрешность настройки станка может быть определена по формуле

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{н1}^2 + \Delta_{н2}^2 + \Delta_{н3}^2 + \Delta_{н4}^2},$$

где $\Delta_{н1}$ – допуск на размер, соединяющий опорную поверхность приспособления и ось кондукторной втулки, или допуск на межцентровое расстояние кондукторных втулок, или погрешность установки копира;

$\Delta_{н2}$ – максимальный зазор между инструментом и кондукторной втулкой, или увод инструмента, если последний больше зазора, или допуск на размер инструмента и допустимый его износ, если используется копир;

$\Delta_{н3}$ – максимальный зазор между быстросменной (сменной) и переходной втулками;

$\Delta_{н4}$ – эксцентриситет быстросменной или сменной втулки.

Величина $\Delta_{н1}$ указывается на чертеже приспособления. Допуски на диаметры кондукторных втулок и осевого инструмента приведены в работе [5, с. 563–568]. Точность изготовления фрез дана в работе [9, с. 226–249, с. 229, табл. 7.2].

Величина увода режущего инструмента может быть подсчитана по формуле

$$\Delta_{ув} = \frac{S}{h} (0,5h + a + b),$$

где S – максимальный зазор между инструментом и кондукторной втулкой ($S = \Delta_{н2}$);

h – высота кондукторной втулки;

$a = (0,3-1)d$ – зазор между торцом кондукторной втулки и заготовкой;

b – глубина сверления.

Погрешность метода обработки $\Delta_{обр}$ включает в себя три составляющие:

– погрешность, вызываемую упругими отжатиями технологической системы под влиянием сил резания;

– погрешность, вызываемую тепловыми деформациями технологической системы;

– погрешность от размерного износа инструмента.

В общем случае

$$\Delta_{обр} = 6\sigma,$$

где $\sigma = 0,02-0,0002$ мм – среднее квадратическое отклонение, характеризующее точность данного метода обработки (большие значения соответствуют черновой обработке).

Следует иметь в виду, что при использовании элементов для направления и определения положения режущего инструмента (кондукторные втулки) величина $\sigma = 0$.

Суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности $\sum \Delta_{\phi}$ определяется геометрическими неточностями станка и деформацией заготовки при ее закреплении.

К геометрическим неточностям станка Δ_r можно отнести:

– для токарных станков – биение шпинделя, перекокс направляющих ($\Delta_r = 0,010-0,015$ мм);

– для фрезерных станков – биение шпинделя, непараллельность направления перемещения стола направлениям подач ($\Delta_r = 0,01-0,02$ мм);

– для сверлильных станков – биение шпинделя, неперпендикулярность оси вращения шпинделя плоскости стола ($\Delta_r = 0,015-0,020$ мм).

Более подробные и точные данные можно найти в технических требованиях на конкретные типы станков.

Деформацию заготовки при ее закреплении учитывают лишь в том случае, если обрабатываемая заготовка относится к нежестким деталям (отношение толщины стенки к среднему радиусу $h/r \leq 0,2$) [3]. Расчет погрешностей обработки, связанных с деформацией при закреплении нежестких заготовок, приводится в работе [5, с. 540–560].

Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении рекомендуется вести в такой последовательности.

1. Из размеров, выдерживаемых на операции, выделить те, точность которых зависит от приспособления. К ним относятся координирующие размеры, определяющие взаимное расположение элементарных поверхностей, а также допуски расположения (отклонение от параллельности, перпендикулярности, соосности и т.д.).

2. Определить элементарные погрешности (составлявшие суммарную погрешность обработки Δ_y), влияющие на точность выдерживаемых размеров.

3. Определить максимальные значения этих элементарных погрешностей.

4. Вычислить суммарную погрешность Δ_y .

5. Сопоставить погрешность Δ_y с допуском T на проверяемый размер:

– если $\Delta_y \leq T$, то точность обеспечивается;

– если $\Delta_y > T$, то точность не обеспечивается и необходимо изыскать возможности уменьшения Δ_y путем уменьшения элементарных составляющих погрешностей. Перечень возможностей уменьшения Δ_y с конкретными цифрами должен быть приведен в пояснительной записке после таблицы с данными расчета погрешности механической обработки детали в приспособлении (см. прил. 5).

2.4. Правила оформления разделов пояснительной записки

В разделе «Анализ конструкции детали и операционного эскиза» необходимо описать назначение детали; механические и другие характеристики материала, из которого она сделана; термообработку (если имеется) и ее предназначение; выявить наиболее ответственные и свободные поверхности, дать им характеристику; оценить технологичность обрабатываемой детали и определить основные и вспомогательные конструкторские базы.

При анализе операционного эскиза необходимо ответить на следующие вопросы:

– какая схема базирования применяется на данной операции (полная или упрощенная);

– какое количество базовых поверхностей участвует в схеме базирования, как они классифицируются и сколько степеней свободы отнимают у заготовки;

– какая база является основной;

– выполняется ли принцип единства баз для обрабатываемых поверхностей (выполняемых размеров);

– какая схема закрепления (одиночным или двойным зажимом) реализована на данной операции;

– как выбраны направление и точка приложения зажимной силы (в соответствии с правилами и требованиями к зажимным элементам или нет). Если нет, то необходимо указать причину, по которой это сделано (например, удобство загрузки и выгрузки заготовки).

В качестве иллюстраций к тексту этого раздела можно использовать эскиз детали и упрощенный операционный эскиз, выполненный в тексте, либо сослаться на соответствующий графический материал проекта.

В разделе «Краткое описание выполняемой в приспособлении операции, применяемого инструмента, оборудования и расчет режимов резания» необходимо:

– описать, каким образом выполняется технологическая операция (или установ, переход), представленная на операционном эскизе;

– указать, за какое количество проходов снимается весь припуск и какие движения инструмента и (или) детали при этом задействованы;

– привести предполагаемый маршрут обработки детали и определить место (номер) данной операции в общем технологическом процессе;

– определить конфигурацию и геометрические параметры заготовки, которая поступит на выполняемую операцию;

– описать основные характеристики инструмента (набора инструментов): материал режущей части и геометрические параметры, – и выполнить эскиз инструмента со ссылкой на соответствующий нормативный документ;

– выбрать и обосновать оборудование (станок), на котором будет выполняться данная технологическая операция;

– указать его наименование и обозначение, привести основные технические характеристики (особое внимание обратить на диапазон скоростей и подач, размеры рабочей зоны, стола станка, количество и размеры пазов на его поверхности);

– рассчитать режимы резания, согласовав их с техническими данными станка;

– рассчитать силы и моменты резания, определить мощность, потребную для выполнения данной операции технологического процесса;

– вычислить $T_{шт}$ и определить тип производства и число приспособлений для выполнения годовой программы выпуска деталей.

В разделе «Анализ существующих конструкций приспособлений и обоснование выбранных решений» необходимо, пользуясь учебниками, справочниками, альбомами чертежей приспособлений и другими источниками информации, подобрать и проанализировать 3–4 конструкции аналогичных приспособлений.

Подбор и анализ конструкций аналогичных или подобных приспособлений проводят по следующим критериям:

– технологическому признаку (токарные, сверлильные, фрезерные, шлифовальные, контрольные и т. д. приспособления);

– схеме базирования (расположение опорных точек по базам, количество базирующих поверхностей);

– схеме закрепления (количество точек прижима детали, направление и точка приложения силы зажима);

– наличию или отсутствию (ручной зажим) силового привода;

– одно- или многоместное приспособление.

В пояснительной записке выполняют эскизы конструкций анализируемых приспособлений (допускаются ксерокопии из литературных источников), приводят краткое описание конструкций и принципа их действия с указанием достоинств и недостатков. По результатам анализа выбирают конструкцию того приспособления, которое ближе всего по выше перечис-

ленным критериям к разрабатываемому и может служить аналогом, на основании которого будет разработана конструкция нового специального приспособления.

В разделе «Выбор принципиальной схемы разрабатываемого приспособления, описание конструкции и принципа его действия» на базе выбранного аналога приспособления разрабатывается принципиальная схема специального приспособления и конструкторская документация на него (чертеж общего вида и рабочие чертежи отдельных деталей).

Описание конструкции приспособления выполняется по чертежу общего вида со ссылкой на него в тексте пояснительной записки и с применением номеров позиций деталей этого чертежа.

Описание принципа действия разработанного приспособления можно производить как по чертежу общего вида, так и по принципиальной схеме. Ссылка на используемый графический материал в пояснительной записке обязательна.

В разделе «Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении» приводят общую методику расчета погрешностей, затем расчет погрешности для каждого выполняемого размера и полученные значения заносят в таблицу (см. прил. 5).

2.5. Порядок разработки чертежа общего вида приспособления

Чертеж общего вида приспособления разрабатывают методом последовательного вычерчивания отдельных его элементов в следующем порядке.

1. В нужном количестве проекций тонкими сплошными линиями изображают контуры обрабатываемой детали. Деталь вычерчивают на той стадии обработки, когда она поступает на данную операцию. Проекции следует располагать в границах

листа на таком расстоянии друг от друга, чтобы к ним можно было причерчивать детали приспособления. Желательно изменять масштаб 1:1.

2. Наносят на чертеж элементы приспособления для направления инструмента. Кондукторные втулки вычерчивают на нужном расстоянии от детали и сразу же определяют необходимую толщину корпуса или кондукторной плиты в месте установки втулок.

3. Вычерчивают установочные элементы приспособления так, чтобы базовые поверхности детали с ними соприкасались.

4. Вычерчивают зажимные механизмы и приводы.

5. Наносят вспомогательные устройства и детали.

6. Конструктивно оформляют корпус приспособления с учетом удобного размещения всех элементов и обеспечения безопасности работ.

7. Оформляют чертеж общего вида приспособления в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТ 2.118–ГОСТ 2.120).

Чертеж общего вида – это документ, определяющий конструкцию изделия и взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Чертеж общего вида должен включать следующие элементы:

– виды, разрезы и сечения изделия, надписи или текстовую часть, необходимые для понимания его конструктивного устройства, взаимодействие его составных частей и принципы работы;

– наименования (если возможно, то и обозначения) составных частей изделия, для которых объясняется принцип работы, их количество, приводятся технические характеристики, материала и тех составных частей изделия, с помощью которых описывается принцип его работы, поясняется изображение общего вида и состав изделия;

– необходимые габаритные, присоединительные, установочные и конструктивные размеры, посадки сопрягаемых деталей, размерные цепочки, если требуется, схему изделия и

технические характеристики, составляют перечень деталей чертежа общего вида приспособления с указанием материала, термообработки, стандартов и нормалей.

Выносные элементы изображения обозначают римскими цифрами, а виды, разрезы, сечения, поверхности, размеры и другие элементы чертежа – прописными буквами русского алфавита.

Наименования и обозначения составных частей изделия указывают тремя способами:

- 1) на полках линий-выносок, проведенных от деталей на чертеже общего вида;
- 2) в таблице, размещаемой на чертеже общего вида;
- 3) в таблице, выполненной на отдельных листах формата А4 в качестве последующих листов чертежа общего вида.

При наличии таблицы номера позиций составных частей изделия указывают на полках линий-выносок в соответствии с этой таблицей.

Таблица в общем случае состоит из граф: «Поз.» (позиция), «Обозначение», «Кол.» (количество), «Доп. указания» (дополнительные указания), но также может включать графы «Материал», «Наименование» и др. (рис. 7).

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Доп. указ.

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Матер.	Доп. указ.

Рис. 7. Примеры выполнения заголовков таблиц составных частей изделия чертежа общего вида

Составные части в таблицу рекомендуется записывать в следующей последовательности (ГОСТ 2.119): заимствованные, покупные и вновь разрабатываемые изделия (прил. 3).

Прежде чем приступить к разработке конструкции приспособления, необходимо ознакомиться с аналогичными типовыми конструкциями приспособлений, для чего изучить учебную и справочную литературу, а также альбомы конструкций специальных приспособлений. Кроме того, необходимо располагать государственными стандартами на детали и узлы станочных приспособлений. Все это значительно облегчит работу по проектированию приспособления и позволит максимально использовать существующие разработки и стандарты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. – М: Машиностроение, 1983. – 227 с.
2. Режимы резания металлов: справочник / под ред. Ю.В. Барановского. – М: Машиностроение, 1972. – 407 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.2. – 496 с.
5. Станочные приспособления: справочник: в 2 т. / под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.1. – 592 с.
6. Станочные приспособления: справочник: в 2 т. / под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.2. – 656 с.
7. Горохов, В.А. Проектирование и расчет приспособлений / В.А. Горохов. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 283 с.
8. Микитянский, В.В. Точность приспособлений в машиностроении / В.В. Микитянский. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
9. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев [и др.]; под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Приборостроительный факультет

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

гр.113214

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ СВЕРЛИЛЬНОЕ

Курсовой проект

Техническое задание

БНТУ 13.214.15.00.000 ТЗ

Разработал _____ И. И. Иванов

«__» _____ 20__ г.

Проверил _____ П.П. Павлов

«__» _____ 20__ г.

20__

1. Наименование, область применения и назначение приспособления

Наименование изделия: «Приспособление сверлильное» (в дальнейшем «Приспособление»)

Обозначение разработки: БНТУ 13.214.15.00.000.

Предназначено для сверления в промышленности.

2. Основание для разработки

Основанием для разработки является задание на курсовое проектирование, утвержденной кафедрой «КиПП» от 26.09.2010.

3. Исполнитель

Студент Иванов И.И., гр. 113214.

4. Источники для разработки

Источниками для разработки являются: настоящее техническое задание; материалы информационных исследований по данному вопросу; аналогичные конструкции в литературных источниках.

5. Сроки выполнения

Начало работы над проектом 26.09.2010, окончание 25.12.2010.

6. Цель разработки

Целью разработки является создание приспособления, обеспечивающего требуемую точность обработки, и разработка конструкторской документации на него.

7. Основные требования к изделию

Состав изделия и требования к конструктивному устройству.

7.1. Приспособление должно содержать следующие элементы:

- 1) установочные элементы;
- 2) зажимной механизм;
- 3) силовой механизированный привод;
- 4) элементы управления.

7.2. Требование к конструкции.

7.2.1. Приспособление должно состоять из унифицированных, конструктивно и функционально законченных элементов: базирующих, передающих, силовых.

7.2.2. Питание силового привода должно осуществляться от пневмосети предприятия давлением 0,4 МПа.

7.3. Технические характеристики:

Приспособление предназначено для сверления отверстия.

Диаметром сверления.....8 мм

Глубина сверления.....5 мм

Точность сверления.....14-й квалитет

Сила зажима (не менее).....2474 Н

7.4. Показатели надежности:

Срок службы – не менее трех лет.

7.5. Требования к безопасности.

7.5.1. Требования к зажимным механизмам приспособления:

Усилие зажима берется с коэффициентами запаса, учитывающими реальные условия обработки и исключаящими возможность самопроизвольного открепления заготовки.

7.5.2. Требование к приводу приспособления.

В соответствии с ГОСТ 12.2.2009–80 приспособление не должно влиять на окружающую среду и должно обеспечивать надежную и безопасную работу, согласно требованиям техники безопасности.

7.6. Эстетические и эргономические требования.

Приспособление должно удовлетворять требованиям эстетики по ГОСТ 24750–88, согласно которым конструкция приспособления должна обеспечивать свободный доступ к местам смазки, а также удобство в процессе эксплуатации, регулирования и технического обеспечения.

7.7. Требование к патентной чистоте.

Патентная чистота изделия должна быть обеспечена в пределах стран СНГ.

7.8. Требования к исходным материалам.

Исходные материалы должны соответствовать требованиям на поставку материалов.

7.9. Требования по эксплуатации.

Допускаемый интервал температур $+5$ – $+50$ °С, влажность 90 %. Вид обслуживания – периодический.

7.10. Требования к маркировке и упаковке.

Упаковка должна обеспечивать сохранность приспособления при хранении и транспортировке.

7.11. Требования к транспортабельности и хранению.

Приспособление должно сохранять работоспособность после транспортировки в упаковке изготовителя, в которой оно должно транспортироваться.

8. Этапы выполнения работы

8.1. Разработка приспособления.

8.2. Эскизная прорисовка конструкции изделия.

8.3. Разработка технического проекта.

8.4. Оформление пояснительной записки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

№ строки	Формат	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
1				<u>Документация общая</u>				
2								
3				Вновь разработанная				
4								
5	A3		БНТУ 13.214.15.00.000 КЗ	Схема кинематическая				
6				принципиальная	1			
7								
8	A1		БНТУ 13.214.15.00.000 ВО	Чертеж общего вида	2			
9	*		БНТУ 13.214.15.00.000 ПЗ	Пояснительная записка	60	A4, A3		
10								
11								
12				<u>Документация по</u>				
13				<u>типовым деталям</u>				
14								
15				Вновь разработанная				
16								
17	A4		БНТУ 13.214.15.00.001	Втулка	1			
18						
19			БНТУ 13.214.15.00.006	Крышка	1			
20								
21								
22								
23								
24								
25								
					БНТУ 13.214.00.000 ТП			
Из м	Лист	№ Документа	Подпись	Дата				
Разаб.	Иванов				Приспособление	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Павлов					Т		1
Н.контр.	Харламов				сверильное	гр. 113214		
Утв.								

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**
Приборостроительный факультет
Кафедра «Конструирование и производство приборов»
гр. 113214

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ СВЕРЛИЛЬНОЕ
Курсовой проект
Пояснительная записка
БНТУ 13.214.15.00.000 ПЗ

Разработал _____ И.И. Иванов
«__» _____ 20__ г.
Проверил _____ П.П. Павлов
«__» _____ 20__ г.
Нормоконтроль _____ И.С. Сидоров
«__» _____ 20__ г.

20__

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица с итоговыми данными расчета погрешности
механической обработки детали в приспособлении

№ п/п	Наименование погрешности	Обозначение погрешности	Формула для вычисления погрешности	Численные значения погрешности, мм, для выполняемых размеров			
				1-й размер с допуском	2-й размер с допуском	...	/й размер с допуском
1	2	3	4	5	6	7	8

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	6
2. ВЫПОЛНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ПРОЕКТА	8
2.1. Общие положения методики конструирования специальных станочных приспособлений	8
2.2. Силовой расчет приспособления, выбор и расчет силового привода	11
2.3. Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении	21
2.4. Правила оформления разделов пояснительной записки	29
2.5. Порядок разработки чертежа общего вида приспособления	32
ЛИТЕРАТУРА	36
ПРИЛОЖЕНИЯ	37

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов специальностей
1-38 01 01 «Механические и электромеханические
приборы и аппараты»,
1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские
аппараты и системы»,
1-52 02 01 «Технология и оборудование
ювелирного производства»

С о с т а в и т е л и :
ЕСЬМАН Геннадий Аркадьевич
ГАБЕЦ Вячеслав Леонидович

Редактор Н.Н. Грачев
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

Подписано в печать 04.01.2011.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 2,67. Уч.-изд. л. 2,09. Тираж 300. Заказ 1208.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.