

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**



ПОБЕДИТЕЛЬ КОНКУРСА ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗОВ

В.А. Валетов, Ю.П. Кузьмин, А.А. Орлова, С.Д. Третьяков

***МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ
И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»***

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург

2008

Валетов В.А. Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине «Технология приборостроения»./, Кузьмин Ю.П., Орлова А.А., Третьяков С.Д.

Учебно-методическое пособие, – СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 138 с.

Пособие содержит учебно-методические разработки, предназначенные для выполнения практических и лабораторных работ по следующей технологической тематике: качественная и количественная оценки технологичности деталей приборов; разработка техпроцессов изготовления деталей приборов на современном оборудовании; влияние параметров режимов резания на геометрическую точность деталей приборов; оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей приборов технологическими методами; оценка и контроль остаточных напряжений неразрушающим методом; разработка и реализация техпроцессов на RP-установке; сборка элементов и узлов радиоэлектронной аппаратуры.

Учебно-методическое пособие «Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ » предназначено для студентов всех образовательных программ направления «Приборостроение», в которых изучаются проблемы технологического характера. Для студентов образовательных программ 200101 и 200107 учебным планом предусматривается выполнение этих лабораторных и практических работ. Кроме того, пособие будет полезным и для студентов, и для преподавателей большинства технических образовательных программ.

Одобрено Ученым Советом факультета точной механики и технологий, протокол № 8 от 15 апреля 2008 г.



В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2008

© В.А. Валетов, Ю.П. Кузьмин, А.А. Орлова, С.Д. Третьяков, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Практические занятия.....	5
1.1. Качественная и количественная оценки технологичности деталей приборов.....	5
Приложение 1.....	8
1.2. Разработка техпроцессов изготовления деталей приборов на современном оборудовании.....	36
2. Лабораторный практикум.....	79
2.1. Влияние параметров режимов резания на геометрическую точность деталей приборов.....	79
Приложение 1.....	90
Приложение 2.....	92
Приложение 3.....	93
Приложение 4.....	93
Приложение 5.....	94
2.2. Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей приборов технологическими методами.....	95
2.2.1. Основные термины и определения.....	95
2.2.2. Непараметрические критерии оценки микрогеометрии поверхности ..	97
2.2.3. Лабораторная работа «Оценки шероховатости, волнистости и отклонений формы с помощью ЭВМ».....	101
2.2.4. Лабораторная работа «Оценка отдельных компонентов отклонений профиля с помощью его фильтрации».....	101
2.2.5. Лабораторная работа «Исследование изменения микрогеометрии поверхностей в процессе притирки».....	104
2.2.6. Лабораторная работа «Исследование влияния конструктивно-технологических факторов на формирование микрогеометрии поверхности»	109
2.2.7. Лабораторная работа «Исследование влияния подачи при точении на формирование микрогеометрии поверхности».....	111
2.2.8. Лабораторная работа «Исследование влияния геометрии режущего клина на формирование микрогеометрии поверхности при точении»	113
2.3. Лабораторная работа «Оценка и контроль остаточных напряжений неразрушающим методом»	115
2.3.1. Аппаратура СИТОН неразрушающего контроля остаточных напряжений в металлах и сплавах и ее эффективное применение	115
2.3.2. Порядок выполнения работы	118
2.4. Разработка и реализация техпроцессов на RP-установке	121
2.5. Сборка элементов и узлов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).....	132
2.5.1. Цель работы	132
2.5.2. Теоретические сведения	132

2.5.3 Порядок выполнения работы	135
Литература	135

Введение

Любое учебное или учебно-методическое пособие должно удовлетворять требованиям ГОС ВПО для реализации которого оно предназначено.

Данное учебное пособие предназначено для направления "Приборостроения". Но в этом направлении 10 специальностей с широким спектром базовых конструкций, технологий и требованиями к конструкторско-технологической подготовке. Наибольшую общность в требованиях и в объеме технологической подготовки имеют три специальности:

- 200101- "Приборостроение";
- 200103 - "Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы";
- 200107 - "Технология приборостроения".

Все эти специальности ориентированны, в основном, на разнообразные электромеханические приборы с электронными блоками обработки информации и имеют в учебных планах базовый курс: "Основы технологии приборостроения или его аналогов.

Для остальных специальностей направления учебное пособие может использовать как дополнительная литература.

Таким образом, типовыми конструкциями, вопросы производства которых необходимо рассматривать, являются механические, электромеханические конструкции и электронные блоки. Очень важным вопросом для выбора структуры материала является определение типа производства, применительно к которому выбираются процессы и оборудование. Долгое время учебные пособия по технологии приборостроения, производству электронной аппаратуры, радиоэлектронной аппаратуры, вычислительной техники ориентировались на крупносерийное и массовое производство. Однако, переход к рыночной экономике и к рынку потребителей привели к переходу промышленности во всем мире к мелкосерийному производству на современной базе ГПС, широко использующих оборудование с ЧПУ.

Российская промышленность имеет опыт создания ГПС, но, находясь слишком долго в кризисе, в настоящее время имеет очень пеструю картину обеспеченности оборудованием и технологическими процессами. Но выпадать из мировых тенденций развития нельзя и первые положительные примеры по созданию современных предприятий уже есть, поэтому мы ориентируемся на современное производство, широко использующие оборудование с ЧПУ и ГПС. Третьим вопросом, определяющим содержание пособия является степень глубины изучения оборудования и технологической оснастки /инструмент, приспособления, штампы, пресс-формы и т.д./

1. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1.1. Качественная и количественная оценки технологичности деталей приборов

Взаимосвязь конструкции детали с технологией ее производства – наиболее сложная функция технологической подготовки производства. Недостаточная отработка конструкции детали на технологичность приводит к неоправданным затратам труда, средств, материалов и времени. При отработке конструкции детали на технологичность необходимо учитывать требования ГОСТ 14.204-72:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные точность и шероховатость;
- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления (включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и пр.), хранения и транспортирования;
- показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
- заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;
- сопряжения поверхностей деталей различных квалитетов точности и параметров шероховатости должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых стандартных технологических процессов ее изготовления.

При оценке технологичности конструкции детали необходимо:

- рассчитать показатели технологичности конструкции;
- определить показатели уровня технологичности детали;
- разработать рекомендации по улучшению показателей технологичности;
- обеспечить технологичность конструкции детали путем внесения изменений.

Оценку технологичности конструкции детали произвести по качественным и количественным показателям. Качественная оценка технологичности конструкции детали указывается словами «хорошо-плохо», «допустимо-недопустимо» и т.д., а количественная оценка характеризуется показателями технологичности и проводится по усмотрению разработчика.

Рассмотрим некоторые количественные оценки технологичности конструкции.

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали

$$K_{y.э} = \frac{Q_{э.у}}{Q_э}, \dots\dots\dots (1.1.1)$$

где: $Q_{э.у}$ - число унифицированных элементов детали, шт., $Q_э$ - общее число конструктивных элементов детали, шт.

Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = \frac{Q_д}{Q_з}, \dots\dots\dots (1.1.2)$$

где: $Q_д$ - масса детали по чертежу, кг; $Q_з$ - масса материала заготовки, кг.

Коэффициент точности обработки

$$K_{т.о} = \frac{\sum IT_i n_i}{IT_3 n_3}, \dots\dots\dots (1.1.3)$$

где: IT_i - допуск на обрабатываемую поверхность; n_i - число поверхностей заготовки, обрабатываемых по одному качеству; IT_3 - допуск на поверхность заготовки до обработки; n_3 - общее число поверхностей детали.

Коэффициент шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = \frac{\sum Ra_i n_i}{Ra_3 n_3}, \dots\dots\dots (1.1.4)$$

где: $Ra_{и}$ - шероховатость поверхностей в мкм после обработки; n_i - число обработанных поверхностей с заданным параметром Ra в мкм; Ra_3 - шероховатость поверхности заготовки; n_3 - общее число поверхностей детали.

Порядок проведения занятий

1. Получить у преподавателя чертеж детали.
2. Проверить соответствие чертежа требованиям ЕСКД, обращая особое внимание на обозначение параметров шероховатости.
3. Подсчитать коэффициент унификации конструктивных элементов детали. Для этого сосчитать и отметить на чертеже все конструктивные элементы детали и выделить унифицированные элементы, т. е. элементы детали, которые можно получить стандартным инструментом.
4. Нарисовать эскиз заготовки в виде отливки, полученной литьем в металлическую форму. Точность отливки 14 качество, шероховатость поверхности - Ra 10 мкм. При расчете припусков пользоваться таблицами 1-15.
5. Подсчитать коэффициент использования материала, для чего предварительно определяется объем заготовки и объем детали.
6. Подсчитать коэффициент точности обработки и коэффициент шероховатости поверхностей детали.

7. Разработать технологический процесс обработки отливки для серийного производства.
8. Подобрать исходную заготовку из прутка, квадрата, трубы или полосы, исходя из формы и размеров детали для единичного производства, подсчитав коэффициент использования металла. Сортамент материала приведен в таблицах 19-21.
9. Разработать технологический процесс для единичного производства, используя универсальное оборудование и стандартные приспособления.

Технологические требования к конструкциям деталей, изготавливаемых на станках токарной группы

При конструировании деталей машин, изготавливаемых на станках токарной группы, необходимо учитывать следующие технологические требования. Детали, изготавливаемые на станках токарной группы, должны содержать наибольшее число поверхностей, имеющих форму тел вращения. Конструкция должна быть такой, чтобы ее масса была уравновешена относительно оси вращения. Обработка уравновешенных заготовок исключает влияние дисбаланса масс на точность изготовления поверхностей деталей. При конструировании деталей необходимо использовать нормальный ряд диаметров и длин, что позволяет применять стандартный режущий инструмент. В конструкциях следует избегать применения нежестких валов и втулок (длинных тонких валов и тонкостенных втулок). Жесткая конструкция вала позволяет вести токарную обработку без применения люнетов. Жесткая конструкция втулок (стаканов, цилиндров) позволяет обрабатывать их в кулачковых патронах, не прибегая к специальным приспособлениям. При изготовлении нежестких деталей погрешность геометрической формы обработанной поверхности всегда больше, чем при обработке жестких деталей. При выполнении токарных работ большое значение имеет стандартизация и унификация размеров и форм обрабатываемых поверхностей. У ступенчатых валов и отверстий следует делать одинаковые радиусы скруглений r (рис. 1.1.1, а). Это позволяет все радиусы скруглений выполнять одним резцом. Радиусы скруглений стоит выбирать из нормального ряда. Конические переходы между ступенями валов и фаски (рис. 1.1.1, б) необходимо обрабатывать стандартным режущим инструментом - резцами, у которых главный угол в плане $\varphi = 45, 60, 75, 90$. Вследствие постоянства ширины b канавок (рис. 1.1.1, в) их обрабатывают одним прорезным резцом.

Режущий инструмент должен иметь свободный вход и выход (рис. 1.1.1, г). В начале обработки режущий инструмент постепенно набирает полную глубину резания, а по окончании обработки может выйти из материала заготовки. Например, при нарезании резьбы следует предусматривать фаску и канавку для входа и выхода резьбонарезного инструмента. Если поверхность заготовки шлифуют, то должны быть фаски и канавки, обеспечивающие вход и выход шлифовального круга. В отдельных случаях поверхность детали, не сопрягающуюся с поверхностью другой детали, можно не обрабатывать, что сокращает трудоемкость, время и стоимость обработки (рис. 1.1.1, д).

В конструкциях коленчатых валов желательно избегать больших перепадов диаметров ступеней (рис. 1.1.1, е). В таких случаях целесообразно расчленять конструкцию: отдельно изготовить вал с шейкой и кольцом. Затем кольцо можно напрессовать на шейку вала, приварить или сделать механическое крепление.

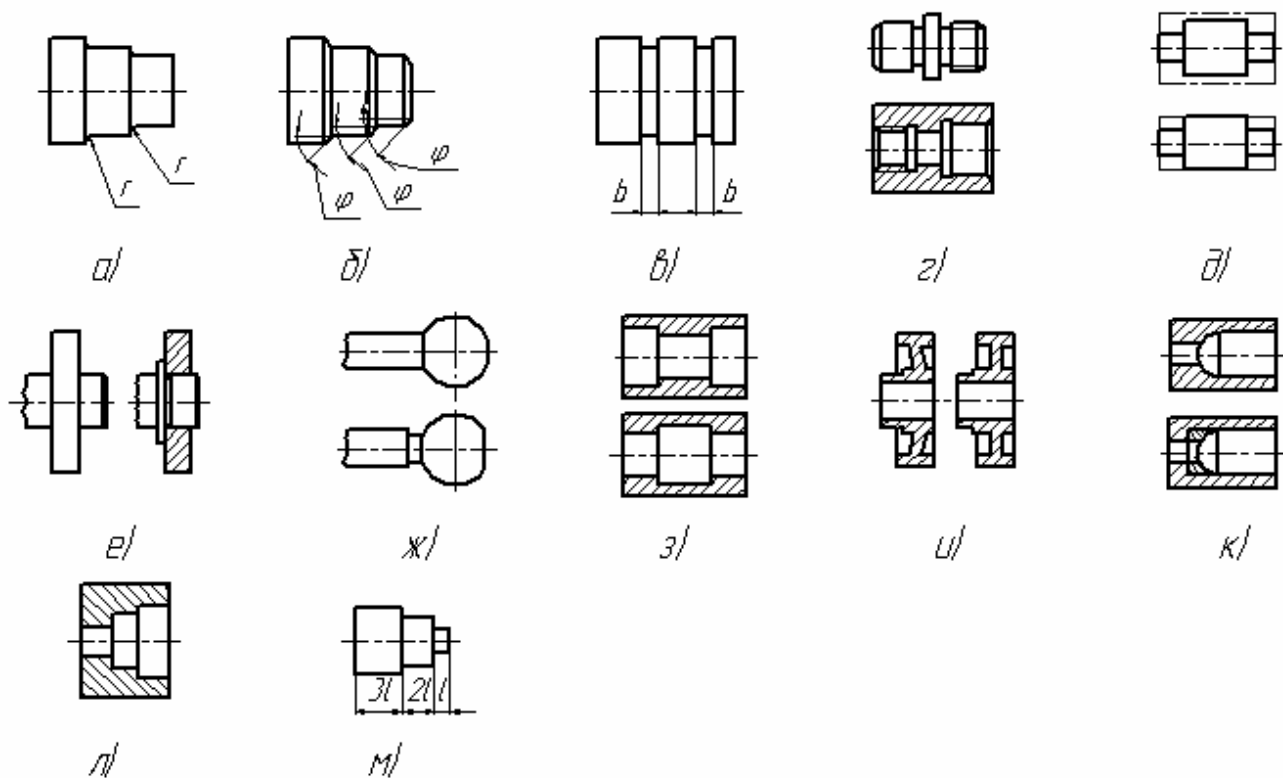


Рис. 1.1.1. Примеры конструкций деталей машин, обрабатываемых на станках токарной группы.

Желательно избегать сложных фасонных поверхностей. При обтачивании сферической поверхности (рис. 1.1.1, ж) фасонным резцом целесообразно торец детали делать плоским, а между цилиндрической и сферической поверхностями предусматривать переходную шейку. Это упростит фасонный режущий инструмент и повысит точность изготовления поверхности детали.

Если требуется обеспечить соосность цилиндрических поверхностей ступенчатого отверстия (рис. 1.1.1, з), то втулку целесообразно выполнять с внутренней выточкой. Это позволяет обе ступени обрабатывать с одной установки заготовки на станке и одним расточным резцом. Поверхность выточки не обрабатывают. Такая конструкция втулки повышает точность расположения обрабатываемых поверхностей и сокращает время обработки.

Обработка глухих отверстий, к которым предъявляют высокие требования по точности и шероховатости поверхности, затруднительна. Такие отверстия целесообразно выполнять сквозными. Конструкция детали должна обеспечивать свободный доступ режущего инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям (рис. 1.1.1, и).

Значительные трудности вызывает обработка внутренних торцевых фасонных поверхностей (дно отверстия). Применение вставного дна исключает этот недостаток конструкции (рис. 1.1.1, к). Конструкцию втулки со ступенчатым отверстием целесообразно заменить конструкцией, состоящей из двух втулок, одна из которых запрессовывается в другую. При ступенчатом отверстии необходимо, чтобы диаметр ступеней постепенно

уменьшался по длине отверстия (рис. 1.1.1, л). В этом случае отверстие наименьшего диаметра сверлят сверлом, а остальные растачивают или зенкеруют.

При изготовлении деталей на многорезцовых полуавтоматах необходимо диаметры ступеней вала располагать по возрастающей степени по его длине (рис. 1.1.1, м), что упрощает наладку полуавтомата. Длины ступеней вала должны быть равными или кратными длине самой короткой ступени. Это дает возможность вести многорезцовую обработку, что значительно сокращает основное (технологическое) время. Ступенчатые валы целесообразно выполнять симметричными относительно середины длины. Это позволяет обрабатывать левую и правую половины вала при одной и той же наладке полуавтомата. В торцах валов, обрабатываемых в центрах, необходимо предусматривать центровые технологические отверстия. В конструкциях деталей следует избегать ребристых поверхностей, так как при их обработке возникает ударная динамическая нагрузка, что снижает качество обработанных поверхностей и может быть причиной возникновения вибраций. Участки вала, имеющие один и тот же размер, но разные посадки (допуски), необходимо разграничивать канавками. Острые кромки обрабатываемых поверхностей должны быть притуплены, скруглены или с них должны быть сняты фаски.

Технологические требования к конструкциям деталей, обрабатываемых на расточных станках

В корпусных деталях отверстия следует предусматривать простой формы (рис. 1.1.2, а). Отверстия глухие глубокие, а также конические и с выточками (рис. 1.1.2, б) обрабатывать трудно.

Детали с несколькими соосными отверстиями целесообразно конструировать так, чтобы их диаметры последовательно уменьшались в одном направлении (рис. 1.1.2, в). При этом отверстия можно одновременно растачивать за один проход резцами, установленной на двухопорной оправке.

Если в корпусной заготовке имеются внутренняя стенка или отверстия небольшого диаметра, не позволяющие ввести оправку, то такая конструкция нетехнологична (рис. 1.1.2, г). Расположение торцов следует предусматривать в одной плоскости (рис. 1.1.2, д), чтобы обрабатывать их за один проход. Наличие уступов в отверстиях и расположение торцовых поверхностей на разных высотах (рис. 1.1.2, е) затрудняют обработку.

Большое значение имеет свободный доступ ко всем элементам детали при обработке и измерении. В рекомендуемой на рис. 1.1.2, ж конструкции за счет увеличения диаметра отверстия Б облегчается доступ режущего инструмента для подрезания торца отверстия А. Конструкция, приведенная на рис. 1.1.2 з, менее технологична. Обрабатываемые поверхности рекомендуется располагать параллельно или взаимно перпендикулярно (рис. 1.1.2, и). Применение наклонных обрабатываемых поверхностей затрудняет изготовление деталей из-за сложности установки их на станке (рис. 1.1.2, к).

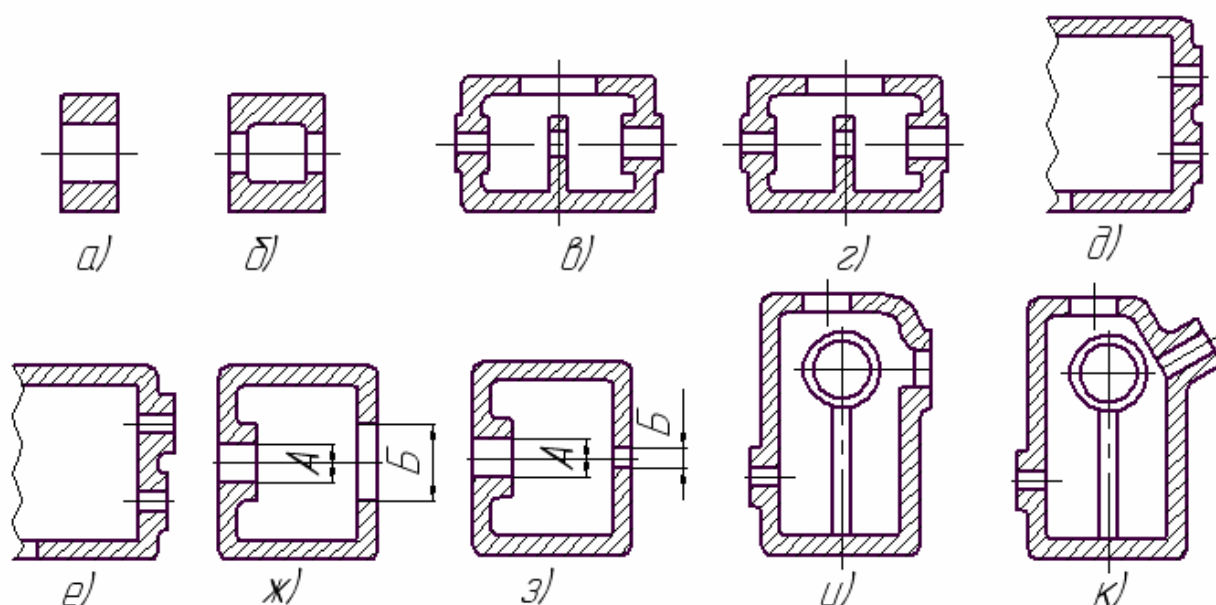


Рис. 1.1.2. Примеры конструкций деталей машин, обрабатываемых на расточных станках

Технологические требования к конструкциям деталей, изготавливаемых на сверлильных станках

Отверстия, к которым предъявляют требования по точности изготовления, необходимо выполнять сквозными (рис. 1.13, а), а не глухими. Форма и размеры дна глухих отверстий должны соответствовать форме и размерам стандартного инструмента (рис. 1.13, б, в).

Поверхность, на которой нужно сверлить отверстие, должна быть перпендикулярна к его оси, иначе (рис. 1.1.3, г) может произойти поломка сверла. С этой целью на цилиндрических поверхностях литых деталей необходимо предусматривать плоскости, перпендикулярные к оси отверстия (рис. 1.1.3, д), а на заготовках из проката фрезеровать уступы (рис. 3, е).

Смазочные отверстия лучше располагать перпендикулярно к поверхности, на которой они должны находиться (рис. 1.1.3, ж). Наклонное их расположение (рис. 1.1.3, з) затрудняет обработку.

Глубокие отверстия (рис. 1.1.3, и) рекомендуется заменять двумя неглубокими (рис. 1.1.3, к), что обеспечивает одновременную обработку с двух сторон на агрегатном станке.

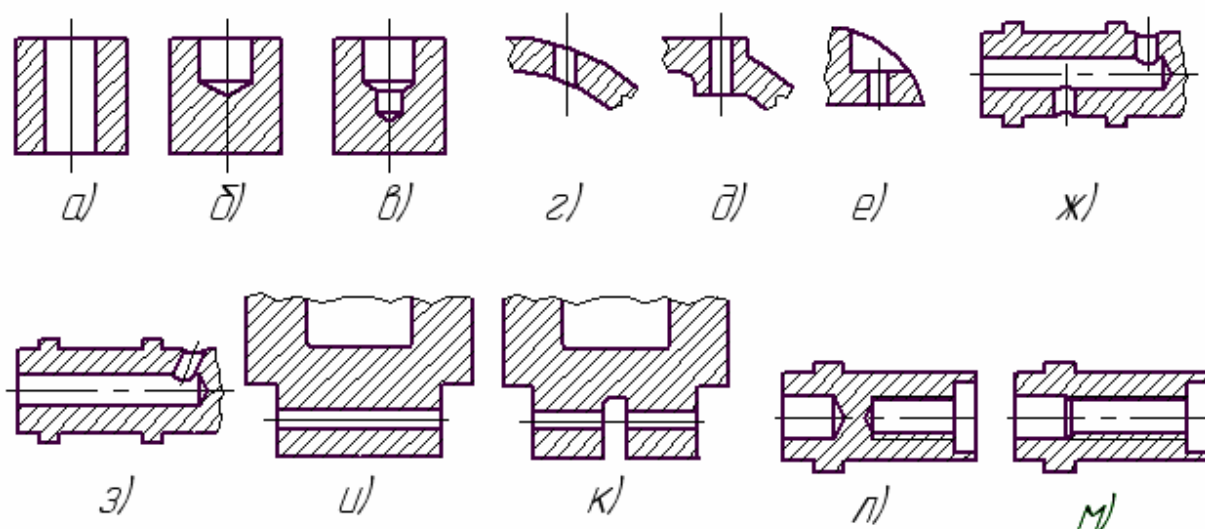


Рис. 1.1.3. Примеры конструкций деталей машин, изготавливаемых на сверлильных станках.

Технологические требования к конструкциям деталей, обрабатываемых на фрезерных станках

Детали с выступами одинаковой высоты (рис. 1.1.4, а) можно обрабатывать одной фрезой за один рабочий ход. При фрезеровании деталей с выступами разной высоты (рис. 1.1.4, б) приходится опускать и поднимать стол. Пазы и прорезы целесообразно обрабатывать дисковыми фрезами (рис. в), так как обработка ими производительнее, чем концевыми фрезами (рис. 1.1.4, г). Радиус паза R должен соответствовать стандартным размерам фрезы. Следует предусматривать открытые пазы (рис. 1.1.4, д); их проще изготовить и можно фрезеровать на повышенных режимах резания. При обработке закрытых пазов (рис. 1.1.4, е) нужно предварительно засверливать отверстия для входа фрезы. При конструировании выступов у деталей необходимо устанавливать их высоту с учётом допусков на литьё и механическую обработку (рис. 4, ж). Недостаточная высота выступа может привести к врезанию фрезы в поверхность, не подлежащую обработке (рис. 1.1.4, з). Желательно практиковать фрезерование нескольких заготовок одновременно. В этом случае, например, при вынесении уступа на край детали можно фрезеровать паз в двух деталях одновременно (рис. 1.1.4, и). Менее технологична конструкция, показанная на (рис. 1.1.4, к). Следует предусматривать посадочные места под присоединяемые детали с наружной стороны корпуса, что значительно упрощает фрезерование поверхностей (рис. 1.1.4, л); фрезеровать внутренние площадки под подшипники крайне неудобно (рис. 1.1.4, м).

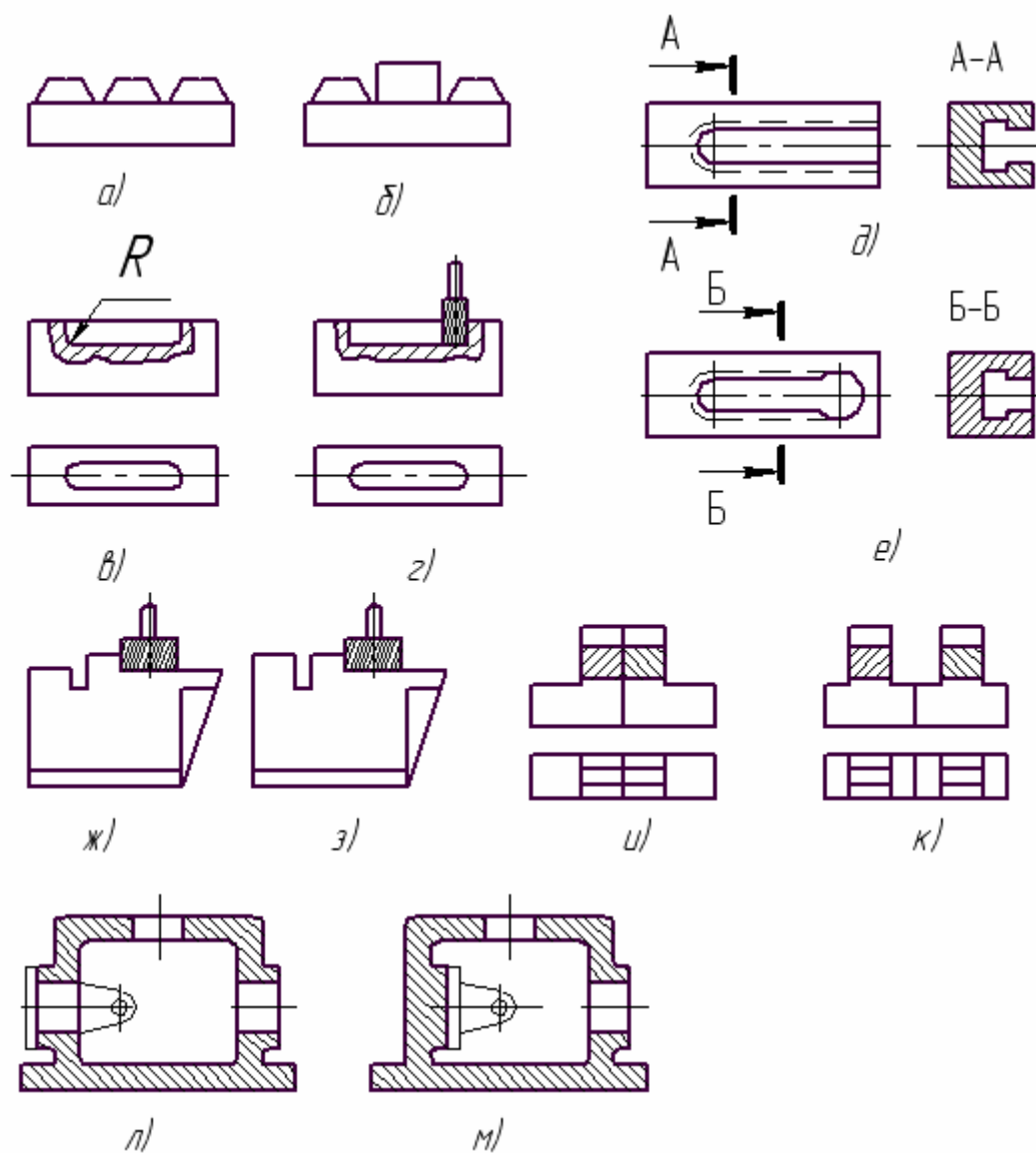


Рис. 1.1.4. Примеры конструкций деталей машин, изготавливаемых на фрезерных станках

**Среднеэкономические достижимые точности
для различных методов обработки**

Обработка наружных цилиндрических поверхностей

Таблица 1.1.1

Основные виды обработки													
Точение								Шлифование					
черновое		полу- чистовое		чистовое		тонкое		предва- рительное		чистовое		тонкое	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
14... 12	50... 12.5	13... 11	25... 3.2	10... 8	6.3.. 1.6	8...7	1.6... 0.4	9...8	6.3.. 0.4	7...6	1.6.. 0.4	6...5	1.6.. 0.1

Таблица 1.1.2

Отделочная обработка								Обработка давлением			
хонингование		доводка (тонкая притирка)		суперфиниш		полирование		обкатывание		накатывание	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
5... 4	0.4... 0.008	5...3	0.16... 0.01	5...3	0.1... 0.01	4...3	0.1... 0.01	10...8	0.08.. 0.01	7...6	0.8... 0.05

Обработка внутренних цилиндрических поверхностей

Таблица 1.1.3

Обработка лезвийным инструментом													
сверление и рассвер- ливание		зенкерование						развертывание					
		черновое		однократное		чистовое		нормальное		точное		тонкое	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
13... 9	25... 1.6	13... 12	25... 6.3	12... 11	25... 63	10... 8	6.3... 0.8	11... 10	12.5.. 0.8	9...7	6.3.. 0.4	6...5	3.2.. 0.1

Таблица 1.1.4

Обработка лезвийным инструментом											
расточивание						протягивание					
черновое		чистовое		тонкое		черновое		чистовое			
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
13...11	25... 1.6	10...8	6.3... 0.4	7...5	3.2... 0.2	11...10	12.5... 0.8	9...6	6.3... 0.2		

Таблица 1.1.5

Обработка абразивным инструментом										Обработка давлением					
шлифование						отделочные методы				на металлорежущем оборудовании					
Предварительное		чистовое		тонкое		притирка		хонингование		раскатывание		калибрование		выглаживание	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
9..	6.3..	7..	3.2..	6..	1.6..	5..	1.6..	5..	1.6..	10..	6.3..	8..	6.3..	6..	0.4..
8	0.4	6	0.3	5	0.1	4	0.1	4	0.1	8	0.4	6	0.1	5	0.1

Обработка плоских поверхностей

Таблица 1.1.6

Обработка лезвийным инструментом													
строгание и долбление						фрезерование							
черновое		чистовое		тонкое		черновое		полу-чистовое		чистовое		тонкое	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
13	12.5.	12	1.6	10	1.6	13	12.5.	12	3.2.	10	1.6.	8	1.6.
...	. 3.2	...	...	... 9	...	...	. 3.2	...	.	... 8	.	...	.
11		10	0.8		0.2	11		10	1.6		0.8	6	0.2

Таблица 1.1.7

Обработка лезвийным инструментом							
протягивание				шабрение			
черновое		чистовое		ручное		механическое	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
11...10	3.2...1.6	9...6	1.6...0.4	7...6	0.63...0.08	8...7	0.8...0.1

Таблица 1.1.8

Обработка абразивным инструментом									
шлифование						доводка			
черновое		чистовое		тонкое		предварительная		окончательная	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
9...8	1.6...0.4	8...7	0.4...0.1	7...6	0.2...0.05	5...4	0.63...0.16	4...3	0.32...0.04

Припуски на обработку для различных операций

Операционные припуски на обтачивание, мм

Таблица 1.1.9

Интервалы размеров	Черновое обтачивание термически необработанных и обработанных материалов		Чистовое обтачивание			
			термически необработанных материалов		термически обработанных материалов	
	длина					
	до 200	св.200 до 400	до 200	св.200 до 400	до 200	св.200 до 400
	припуск на диаметр					
от 3 до 6	-	-	0.5	-	0.8	-
св. 6 до 10	1.5	1.7	0.8	1.0	1.0	1.3
10...18	1.5	1.7	1.0	1.3	1.3	1.5
18...30	2.0	2.0	1.3	1.3	1.3	1.5
30...50	2.0	2.2	1.4	1.5	1.5	1.9
50...80	2.3	2.5	1.5	1.8	1.8	2.0
80...120	2.5	2.8	1.5	1.8	1.8	2.0
120...180	2.5	2.8	1.8	2.0	2.0	2.3
180...260	2.8	3.0	2.0	2.3	2.3	2.5
260...360	3.0	3.3	2.0	2.3	2.3	2.5

Операционные припуски на тонкое растачивание, мм

Таблица 1.1.10

Интервалы размеров	Припуски на диаметр при растачивании					
	алюминия		бронзы и чугуна		стали	
	предварит.	окончат.	предварит.	окончат.	предварит.	окончат.
до 30	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
св. 30 до 50	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
50...80	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
80...120	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1
120...180	0.5	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1

Операционные припуски на зенкерование, растачивание и развертывание, мм

Таблица 11

Интервалы диаметров	После сверления				После зенкерования или растачивания		Чистовое развертывание после чернового
	зенкерование	растачивание	чистовое растачивание	развертывание	развертывание	черновое развертывание	
от 3 до 6	-	-	-	0.15	-	0.15	0.05
св.6 до 10	-	-	-	0.2	0.2	0.2	0.1
10...18	0.8	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1
18...30	1.2	1.2	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1
30...50	1.5	1.5	1.0	-	-	-	-
50...80	-	2.0	1.0	-	-	-	-
80...120	-	2.0	1.3	-	-	-	-
120...180	-	2.0	1.5	-	-	-	-

Операционные припуски на фрезерование плоскостей, мм

Таблица 1.1.12

Тол- щина	Черновое фрезерование после грубого						Чистовое фрезерование после чернового					
	ширина до 200 мм			ширина св.200 до 400 мм			ширина до 200 мм			ширина св.200 до 400 мм		
	припуск на толщину при длине											
	до 100	св. 100	св. 260	до 100	св. 100	св. 260	до 100	св. 100	св. 260	до 100	св. 100	св. 260
6...30	1.0	1.2	1.5	1.2	1.5	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
30...50	1.0	1.5	1.7	1.5	1.5	2.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2	1.2
50...	1.5	1.7	2.0	1.7	2.0	2.5	1.0	1.3	1.5	1.3	1.5	1.5

Операционные припуски на наружное шлифование, мм

Таблица 1.1.13

Интервалы диаметров	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 3	
	Окончательн. шлифование термически обработанных и необработанных заготовок	шлифование после термообработки		черновое шлифование до термообработки	чистовое шлифование после термообработки
		черновое	чистовое		
	припуск на диаметр				
3...6	0.2	0.15	0.05	-	-
6...10	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
10...18	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
18...30	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4
30...50	0.4	0.3	0.1	0.3	0.4
50...80	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
80...120	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
120...180	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8
180...260	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8
260...360	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8

Операционные припуски на внутреннее шлифование, мм

Таблица 1.1.14

Таблица 11.14					
Интервалы диаметров	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 3	
	Окончательн. шлифование термически обработанных и необработанных заготовок	шлифование после термообработки		черновое шлифование до термообработки	чистовое шлифование после термообработки
		черновое	чистовое		
	Припуск на диаметр				
6...10	0.2	-	-	-	-
10...18	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
18...30	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
30...50	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4
50...80	0.4	0.3	0.1	0.3	0.4
80...120	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
120...180	0.5	0.3	0.2	0.5	0.5

Операционные припуски на шлифование поверхностей, мм

Таблица 1.1.15

Толщина	1 –й вариант					2-й вариант									
	окончательное шлифование термически обработанных и необработанных заготовок					шлифование после термообработки									
						черновое					чистовое				
	ширина до 250		ширина св.250 до 400												
	припуск на толщину при длине														
	до 250	св. 25 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400
6...30	0.3	-	0.3	-	-	0.2	-	0.2	-	-	0.1	-	0.1	-	-
30...50	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
50...	0.5	-	0.5	-	-	0.3	-	0.3	-	-	0.2	-	0.2	-	-

Ряды нормальных чисел

Таблица 1.1.16

Основной ряд:	1.0, 1.6, 2.5, 4.0, 6.3, 10.0, 16.0, 25.0, 40.0, 63.0, 100, 160, 250, 400, 630.
Дополнительный ряд:	1.25, 2.00, 3.15, 5.00, 8.00, 12.5, 20.0, 31.5, 50.0, 80.0, 125, 200, 315, 500, 800

Стандартный ряд размеров свёрл.
СТ СЭР 235 (1-1935)

Таблица 1.1.17

0.25, 0.28, 0.30, 0.38, 0.40, 0.42, 0.45, 0.48, 0.50, 0.52, 0.55, 0.58, 0.60,	
0.62, 0.65, 0.68, 0.70, 0.72, 0.75, 0.78, 0.80, 0.85, 0.88, 0.90, 0.92, 0.98, 1.00	
далее с шагом	0.05 до 3.00 (1.05, 1.10, 1.15 и т.д.)
далее с шагом	0.10 до 14.00 (3.1, 3.2, 3.3 и т.д.)
далее с шагом	0.25 до 32.00 (14.25, 14.50, 14.75 и т.д.)
далее с шагом	0.50 до 51.00 (32.50, 33.00, 33.50 и т.д.)
далее с шагом	1.00 до 80.00 (52.00, 53.00, 54.00 и т.д.)

Стандартный ряд размеров наружных диаметров фрез
СТ СЭВ 1-75

Таблица 1.1.18

Основной ряд:	- до 3.0, 6.0, 12.0, 32.0
Дополнительный ряд:	- до 2.2, 3.5, 5.5, 7.0, 11.0, 22.0, 36.0

Сортаментные таблицы

Сталь горячекатаная круглая по ГОСТ 2790-71,
квадратная по ГОСТ 2591-71.

Таблица 1.1.19

Диаметр прутка или сторона квадрата, мм	Предельные отклонения, мм	
5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19.	+0.3	-0.5
20. 21. 22. 23. 24. 25.	+0.4	-0.5
26. 28. 30. 32. 34. 36. 38. 40. 42. 45. 48.	+0.4	-0.7
50. 52. 53. 54. 55. 56. 58.	+0.4	-1.0
60. 62. 63. 65. 67. 68. 70. 72. 75. 78.	+0.5	-1.1
80. 82. 85. 90. 95.	+0.5	-1.3
100. 105. 110. 115.	+0.6	-1.7
120. 125. 130. 135. 140. 150.	+0.8	-2.0
160. 170. 180. 190. 200.	+0.9	-2.5

Трубы стальные бесшовные горячекатаные по ГОСТ 8732-70

Таблица 1.1.20

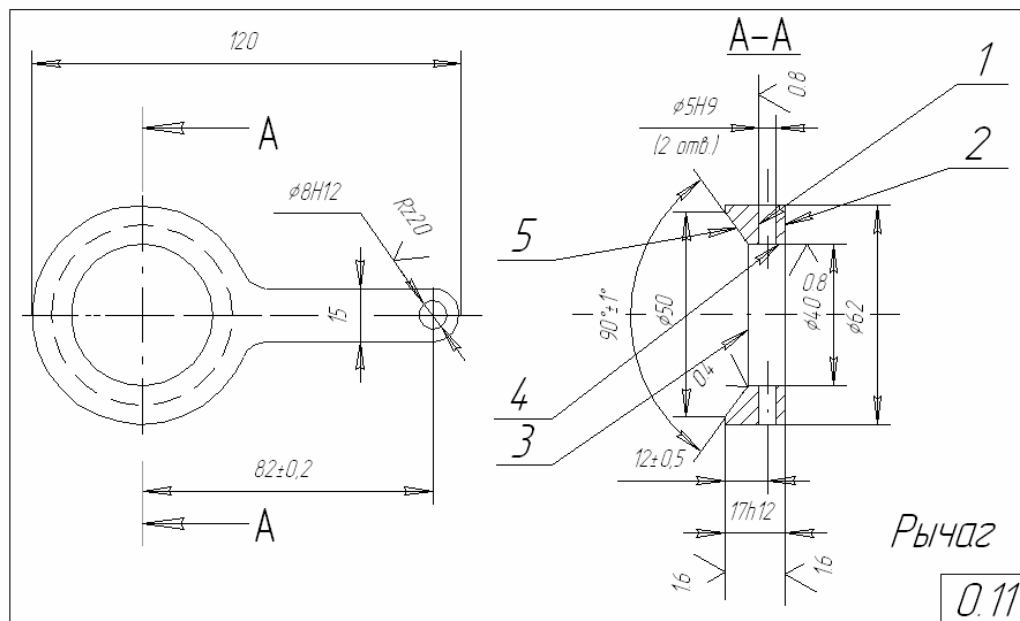
Наружный диаметр d, мм	Толщина стенок t, мм	Точность изготовления толщины стенки t, мм	
25. 28 32. 38.	2.5. 2.8. 3. 3.5. 4. 4.5. 5. 5.5. 6. 7. 8.	+12.5	-15,0
42. 45. 50.	2.5. 2.8. 3. 3.5. 4. 4.5. 5. 5.5. 6. 7. 8. 9. 10.		
54.	3. 3.5. 4. 4.5. 5. 5.5. 6. 7. 8. 9. 10. 11.		
57	3. 3.5. 4. 4.5. 5. 5.5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12.		
60. 64.	3. 3.5. 4. 4.5. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 14.		
68. 70.	3. 3.5. 4. 4.5. 5. 5.5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 14. 16.	+ - 12.5	
73. 76.	3. 3.5. 4. 4.5. 5. 5.5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 14. 16. 18.		
83.	3.5. 4. 4.5. 5. 5.5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 14. 16. 18.		
89. 95. 102.	3.5. 4. 4.5. 5. 5.5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 14. 16. 18. 20. 22.		

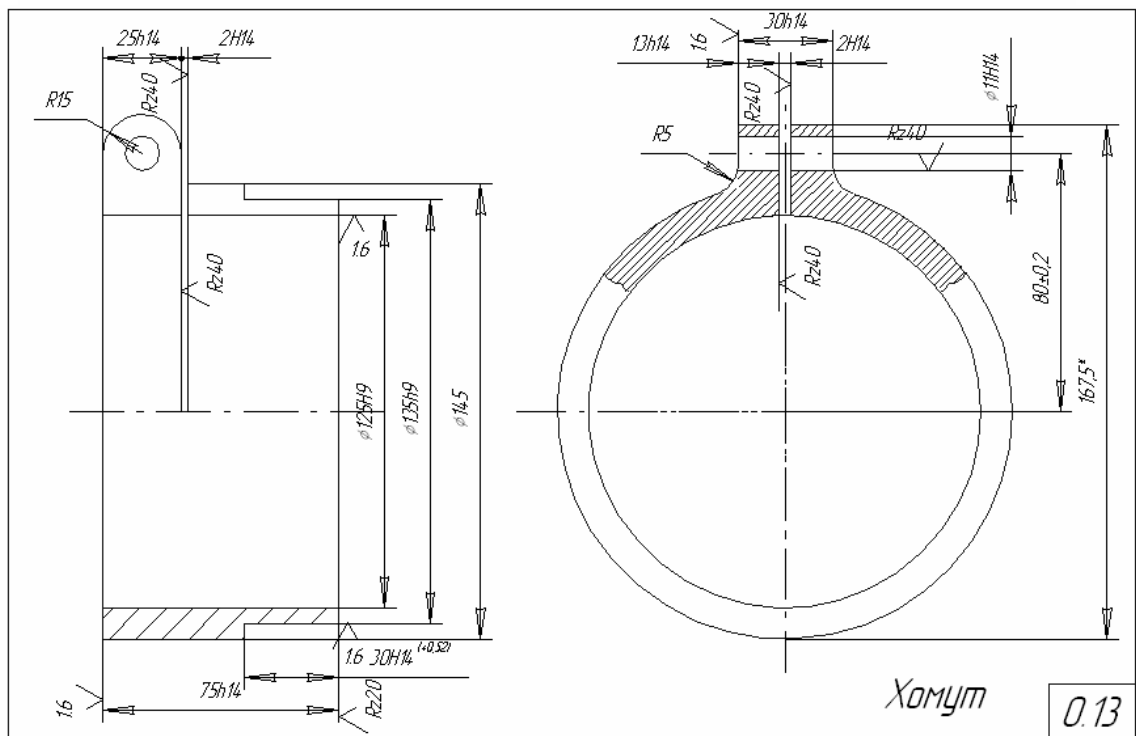
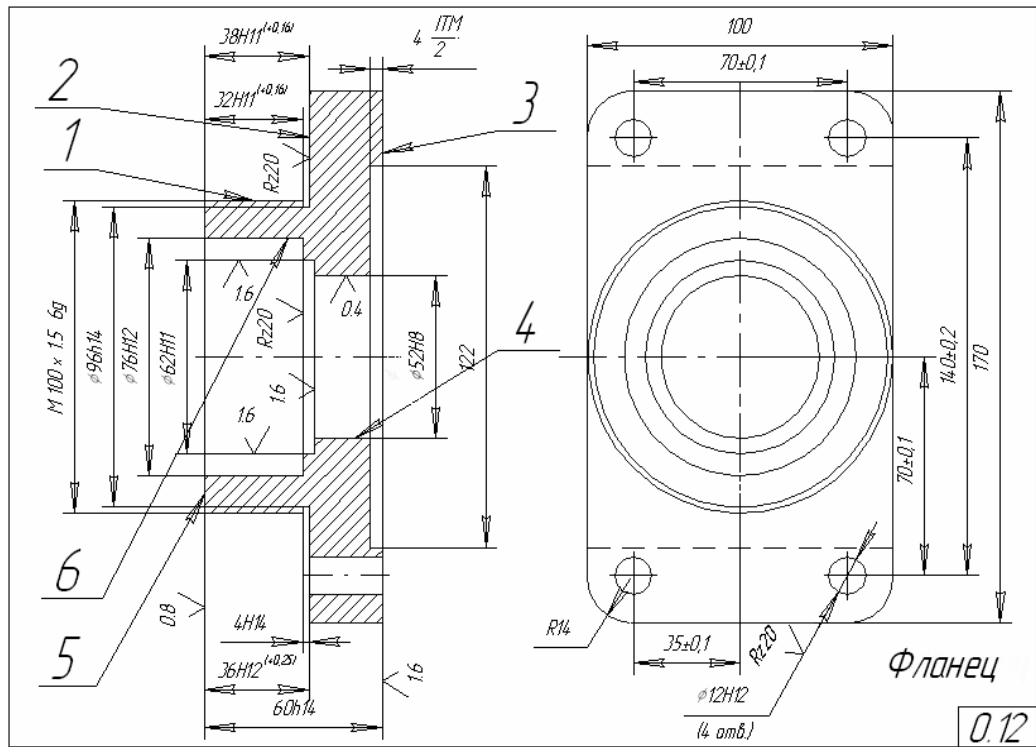
Полоса стальная горячекатаная по ГОСТ 103-76

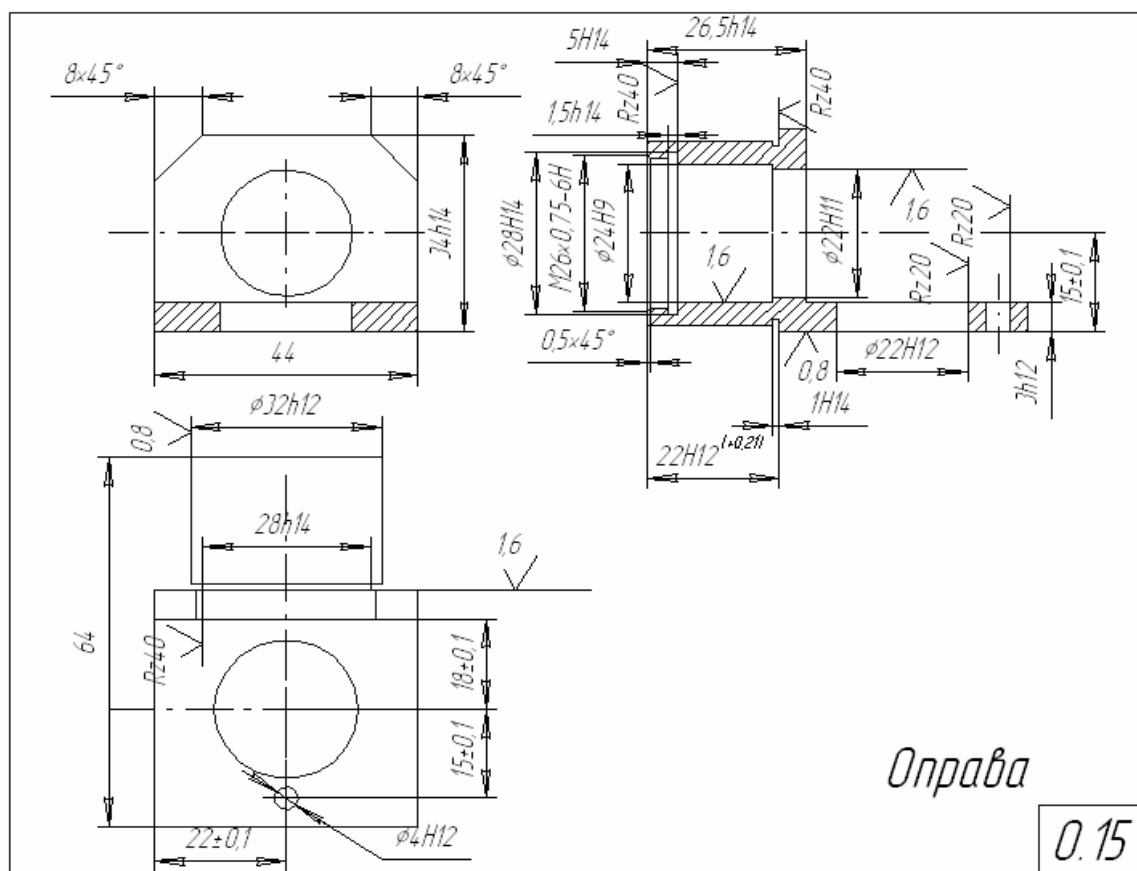
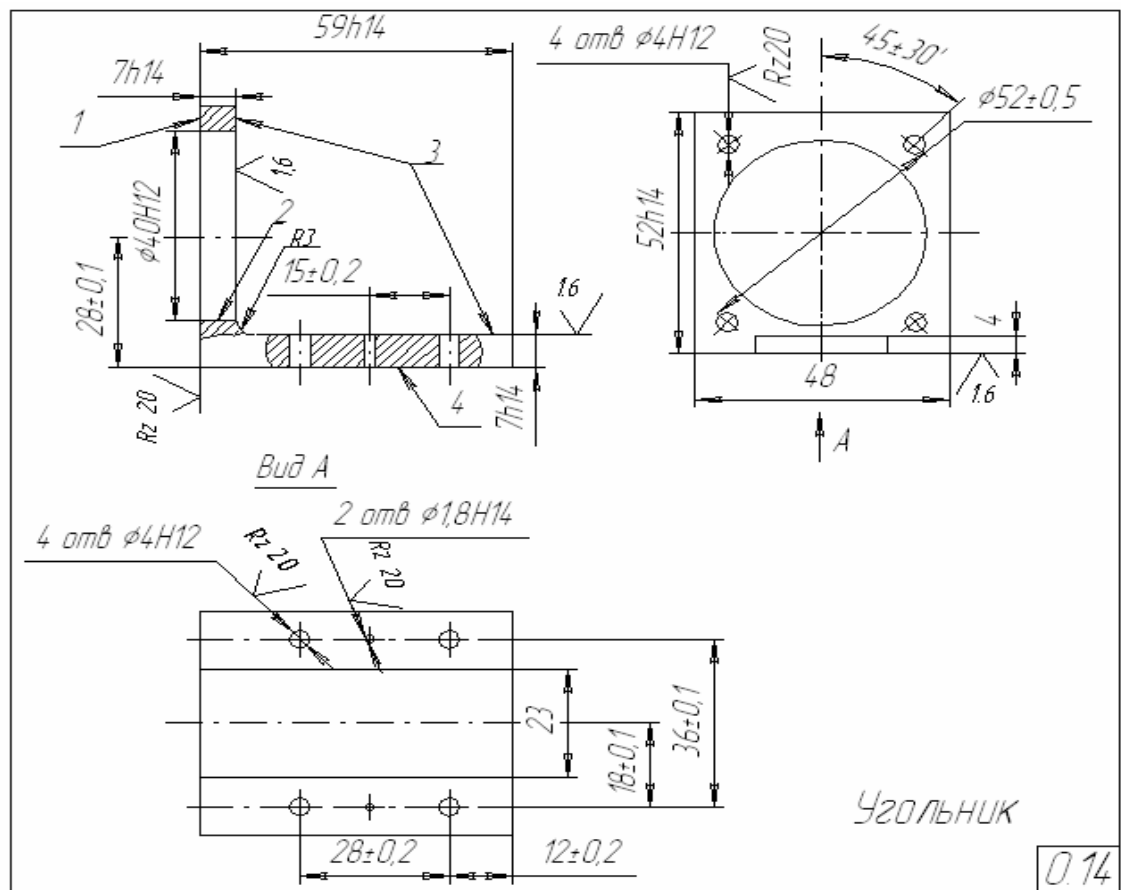
Таблица 1.1.21

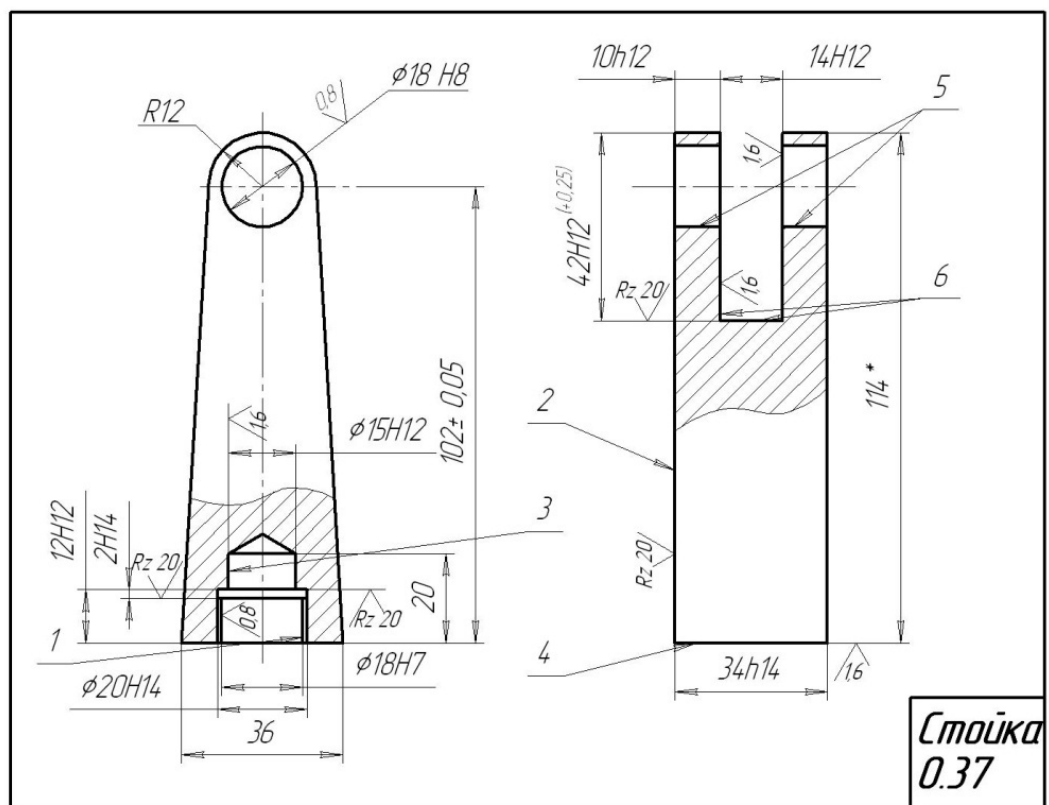
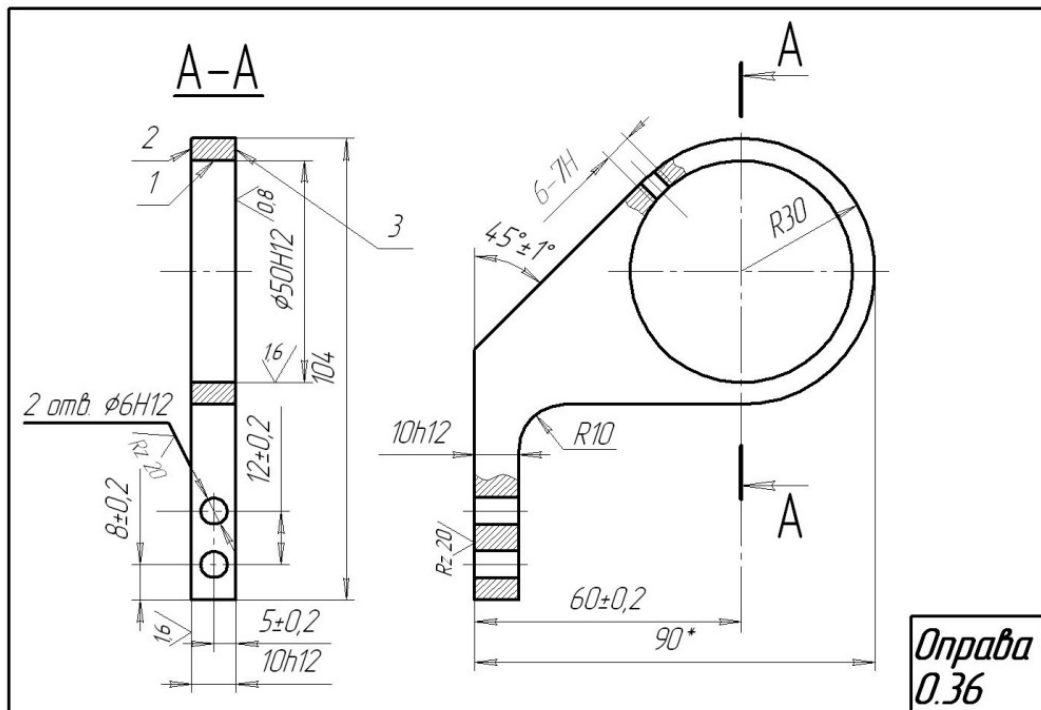
Толщина полосы, мм	Предельные отклонения по толщине, мм	Ширина полосы, мм	Предельные отклонения по ширине, мм
4. 5. 6.	+0.3 -0.5	11. 12. 14. 16. 18. 20. 22. 25. 28. 30. 32. 36. 40. 45. 50. 55. 60.	+0.5 -1,0
7. 8. 9. 10. 11. 12. 14. 16.	+0.2 -0.5	63. 65	+0.5 -1,3
18. 20. 22. 25.	+0.2 -0.8	70. 75.	+0.5 -1,4
28. 30. 32.	+0.2 -1.2	80. 85.	+0.7 -1,6
36. 40.	+0.2 -1.6	90. 95.	+0.9 -1,8
45. 50.	+0.3 -2.0	100	+1.0 -2,0
56. 60.	+0.2 -2.4	105	+1.0 -2,2

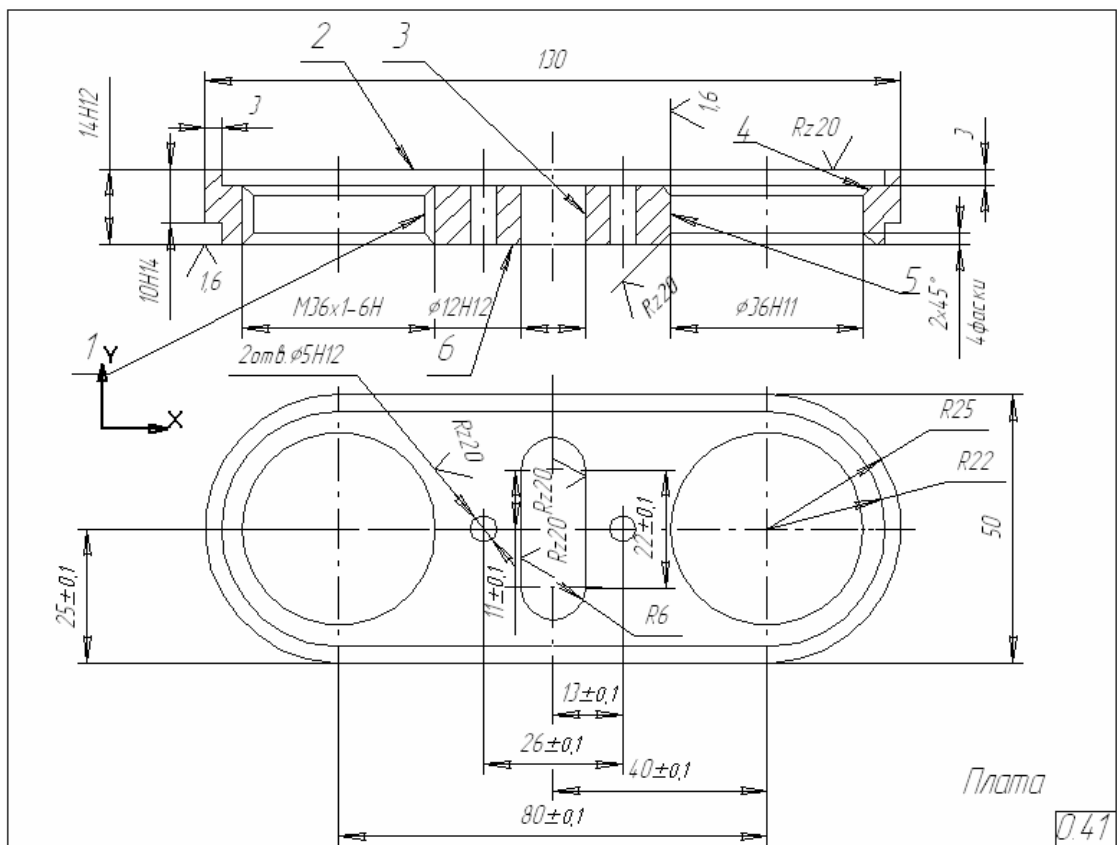
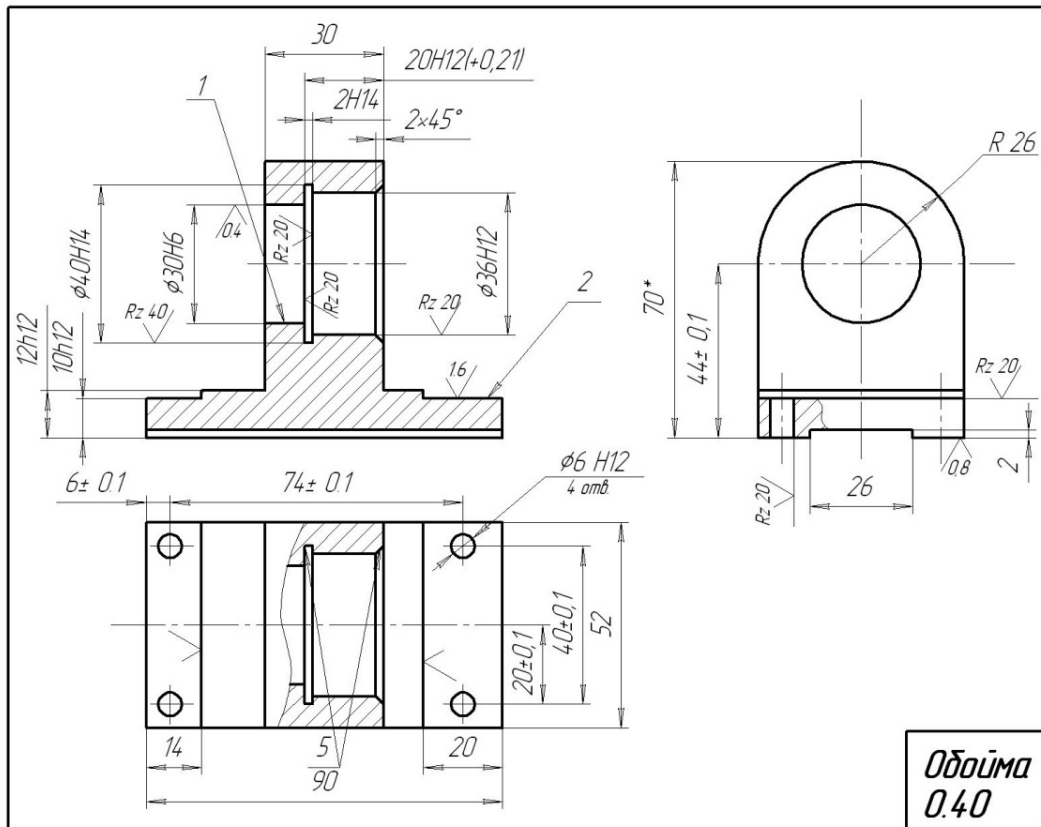
Чертежи для отработки на технологичность

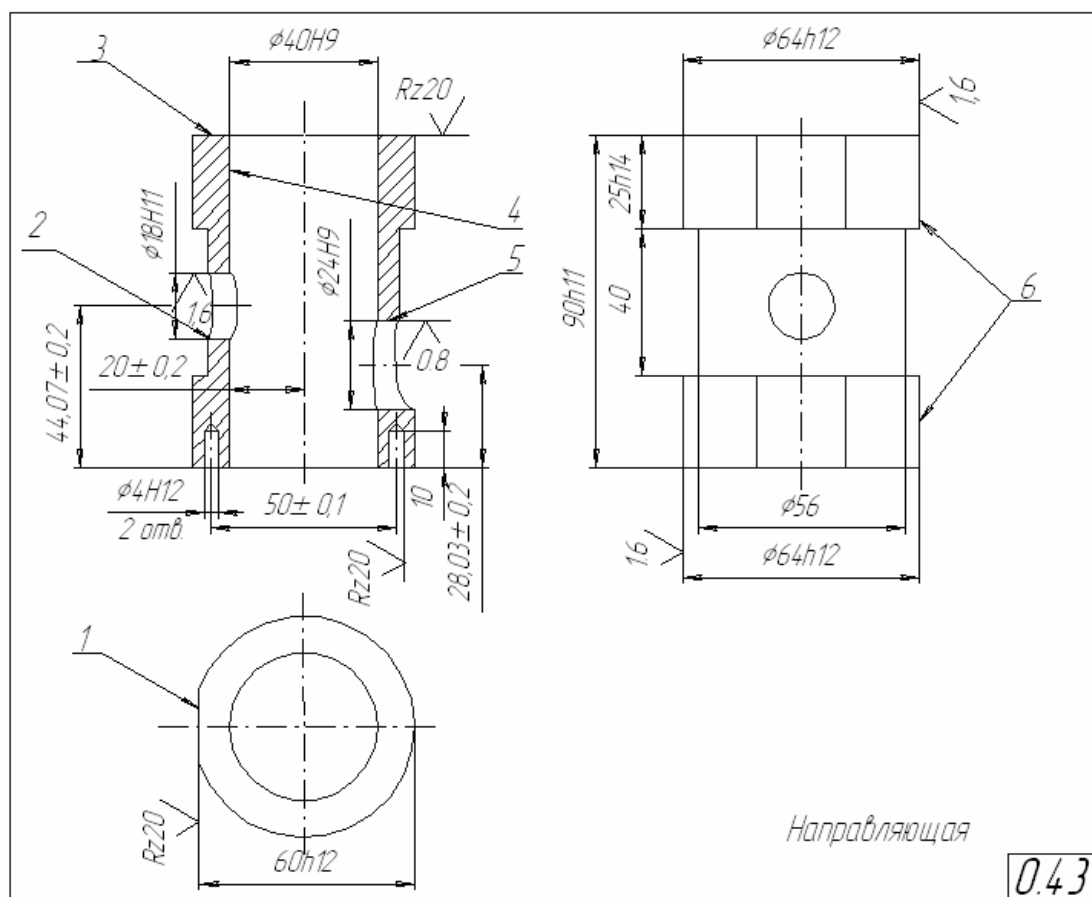
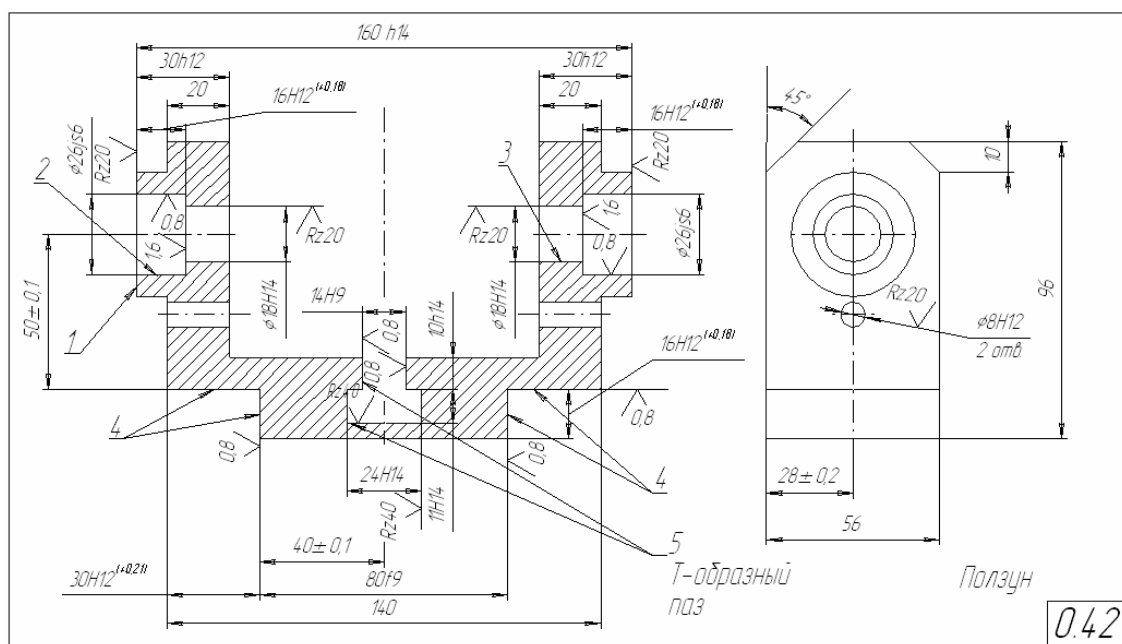


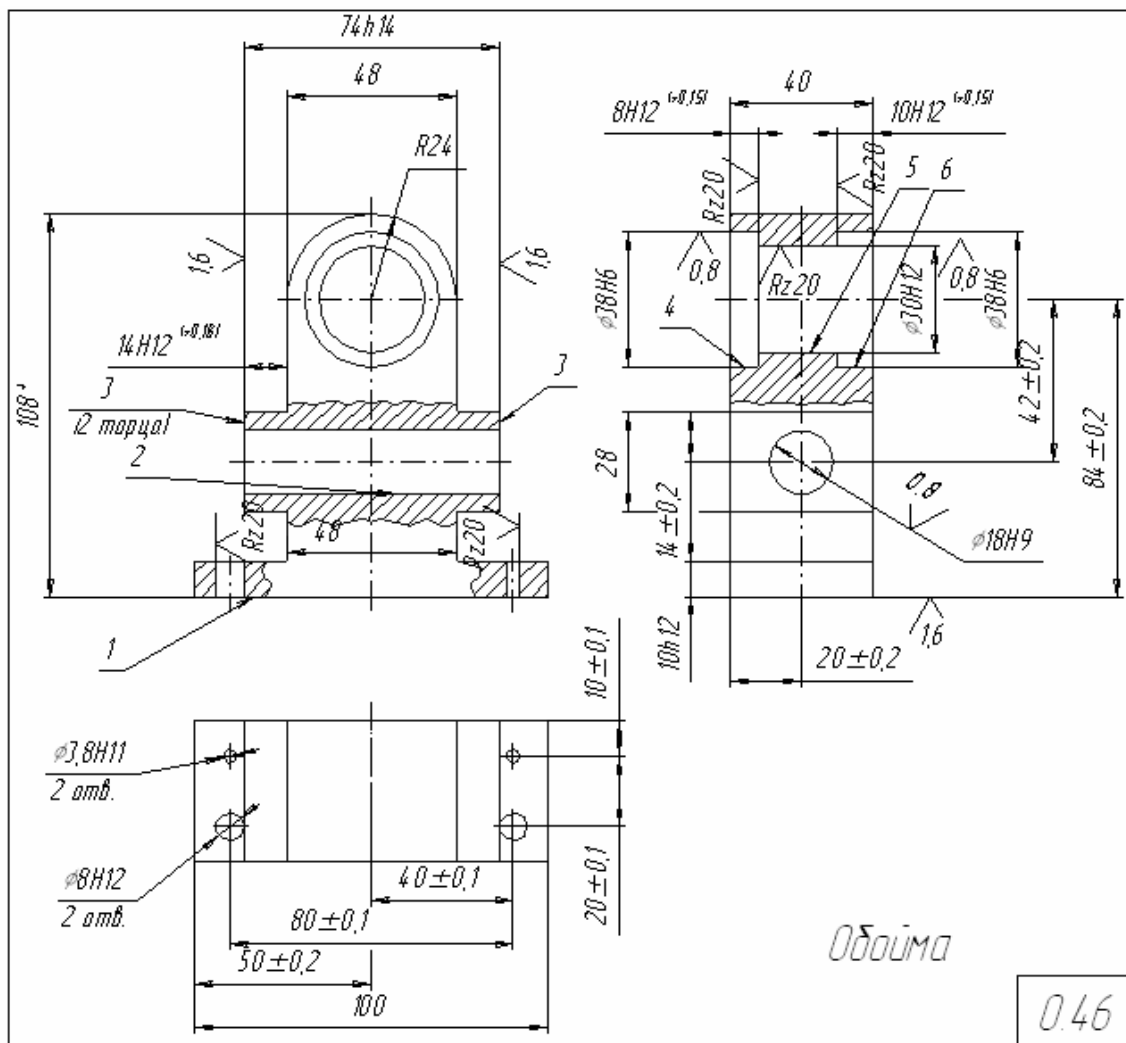


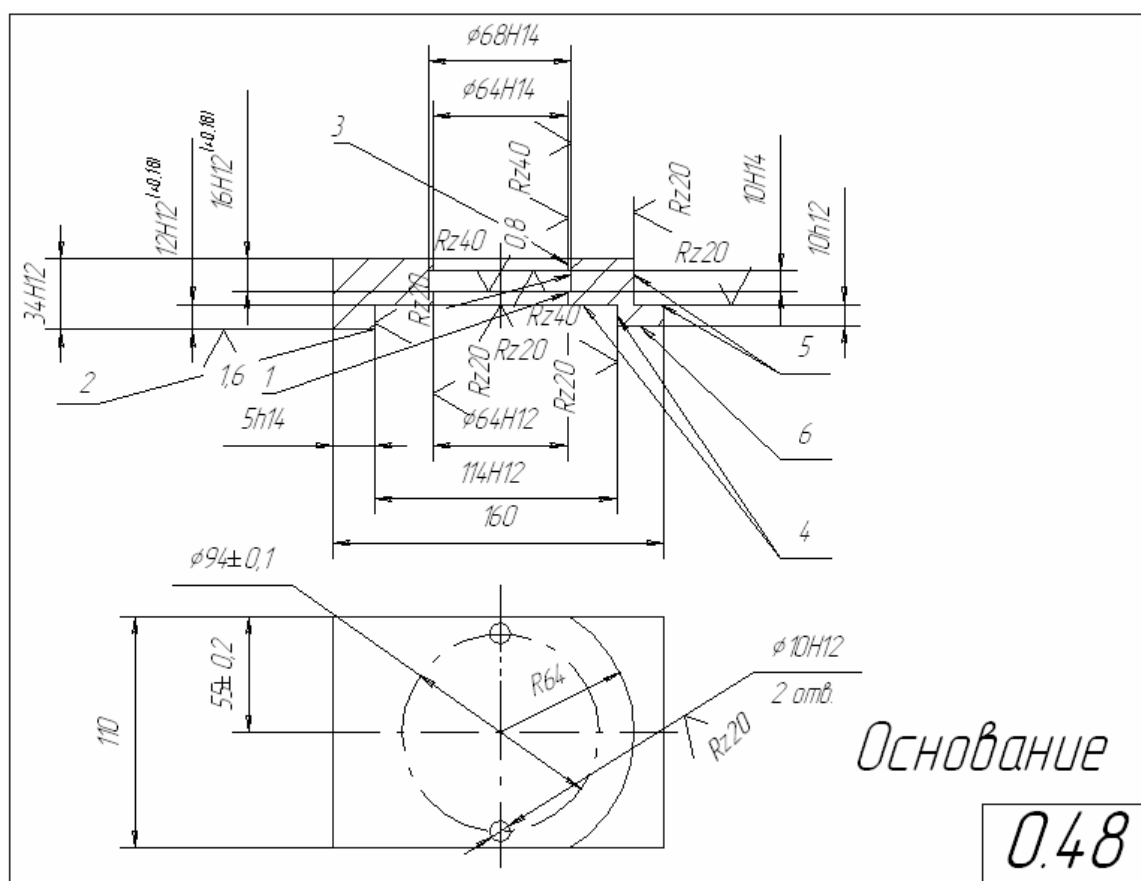
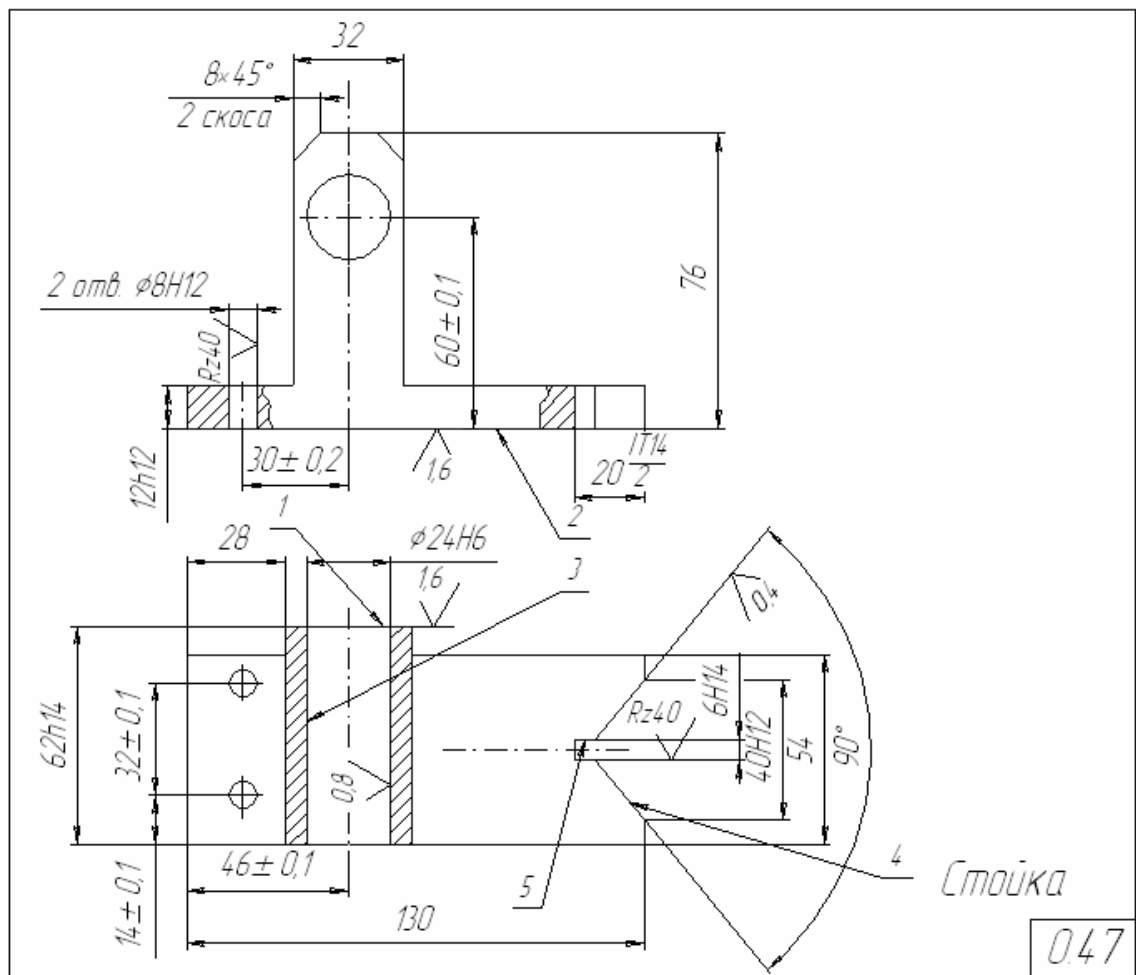












1.2. Разработка техпроцессов изготовления деталей приборов на современном оборудовании

“Создание ТП с использованием интеллектуальной системы ProEngineer для деталей, получаемых гибкой”. Суть работы заключается в создании руководства пользователя к освоению одного из модулей интеллектуальной системы ProEngineer, а именно: Solid/Sheetmetal – инструментария создания деталей, получаемых тонколистовой гибкой. В ходе работы будет освещен метод построения разверток с помощью средств интеллектуальной системы, а также представлен типовой технологический процесс для деталей, получаемых гибкой. Кроме того, в пособии приведены формулы и справочные таблицы для расчета и построения разверток вручную. Студенту представится возможность создания разверток для ТП с использованием средств интеллектуальной системы и без нее.

Часть I

Разработка любого ТП начинается с анализа исходных данных, в данном случае конструкторского чертежа детали, получаемой гибкой. Следует изучить чертеж детали, соответствующий варианту задания (см. Приложение 1). Следующий этап при создании ТП – выбор заготовки. Однако для деталей, получаемых гибкой, это возможно осуществить лишь после построения развертки. На сегодняшний день это легко выполнимо с помощью средств CAD\CAM – систем. Продемонстрируем на примере получения развертки в системе ProEngineer. Построим развертку для детали, чертеж которой имеет вид, приведенный на рис. 1.2.1., следующим образом.

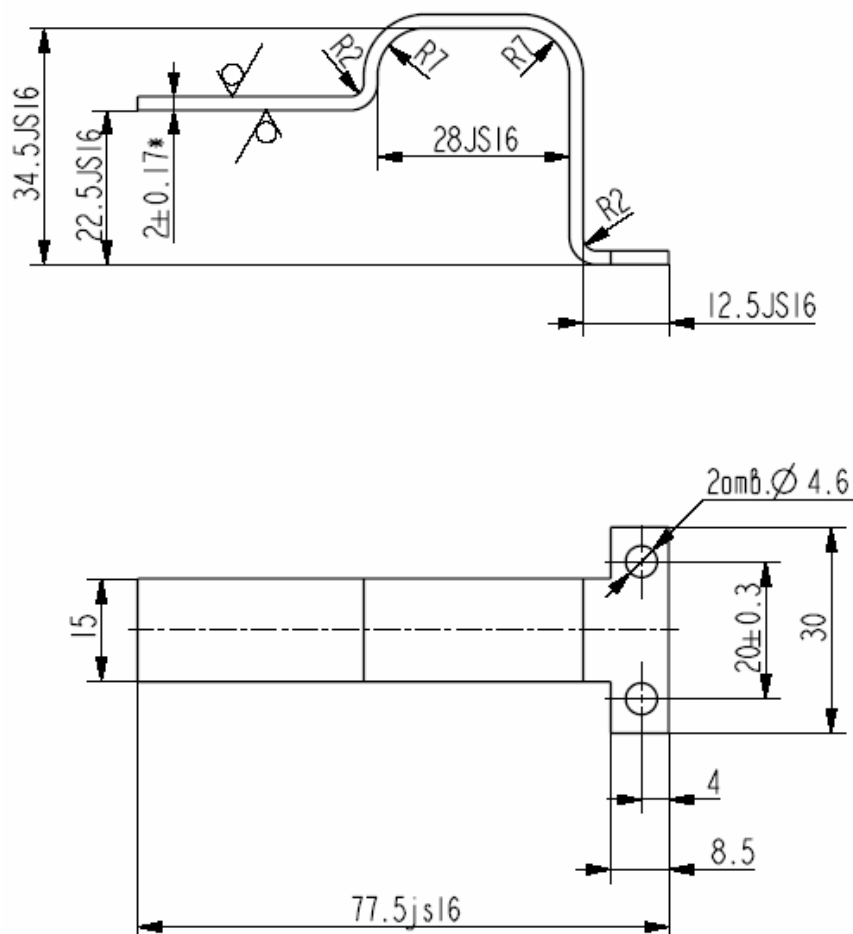


Рис. 1.2.1. Чертеж детали

1. Выбираем инструмент для построения деталей, получаемых тонколистовой гибкой – Sheetmetal (см. рис.1.2.2).

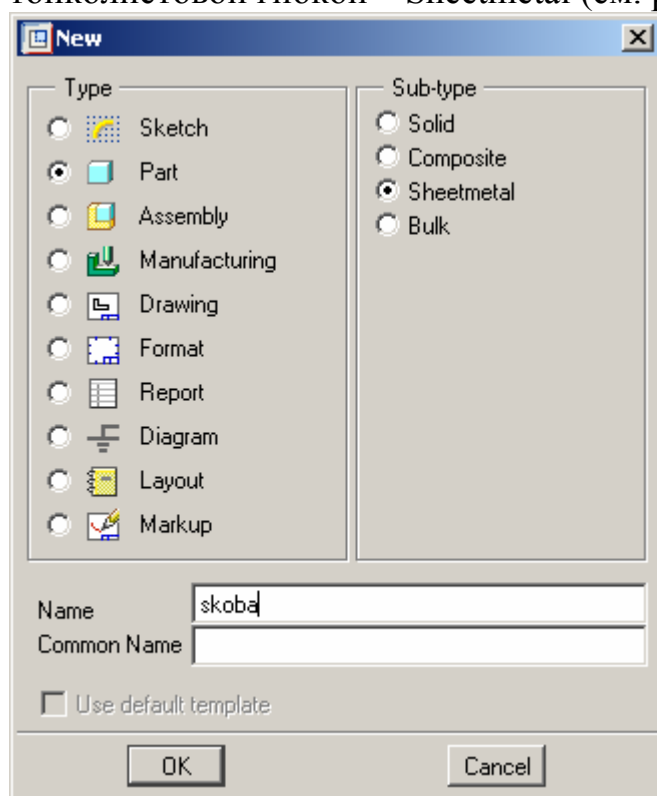


Рис.1.2.2. Фрагмент меню

2. Начнем создание тонколистовой гнутой детали. Для этого нажмем кнопку



на панели инструментов в правой части рабочего окна. Выбираем плоскость, и создаем эскиз профиля в соответствии с размерами, приведенными на чертеже. При построении модели следует помнить, что наружный радиус гибки: $R_{нар.} = T + R_{внутр.}$, где T – толщина листа, а $R_{внутр.}$ – внутренний радиус гибки (см. рис.1.2.3).

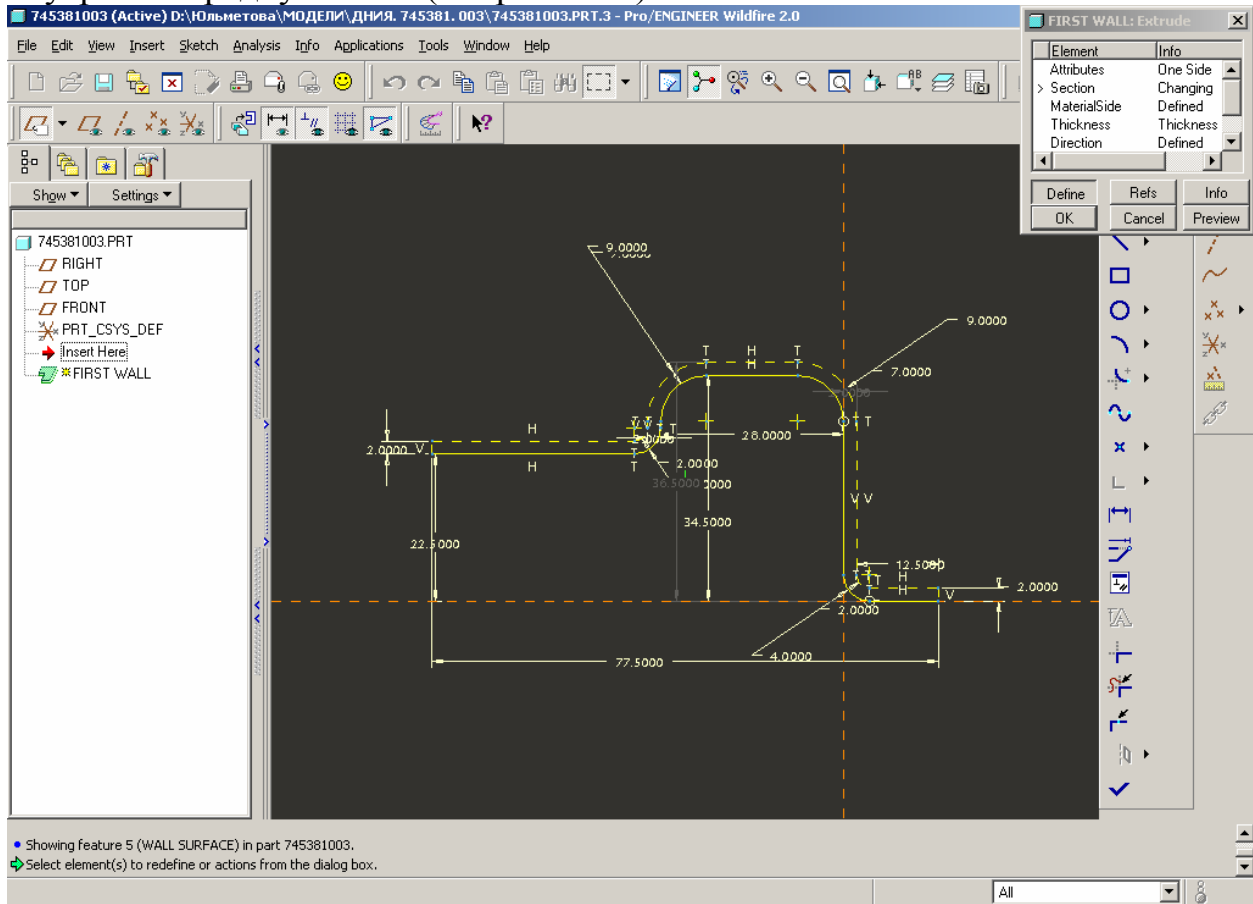


Рис.1.2.3. Создание эскиза

3. Последовательно указываем толщину листа и ширину, на которую вытягиваем эскиз профиля. Для этого нужно ввести в поле, появившееся в нижней части рабочего окна сначала толщину и нажать галочку справа от поля, а затем ширину вытягивания (в нашем случае 30 мм.) и снова нажать галочку. (см. рис. 1.2.4)

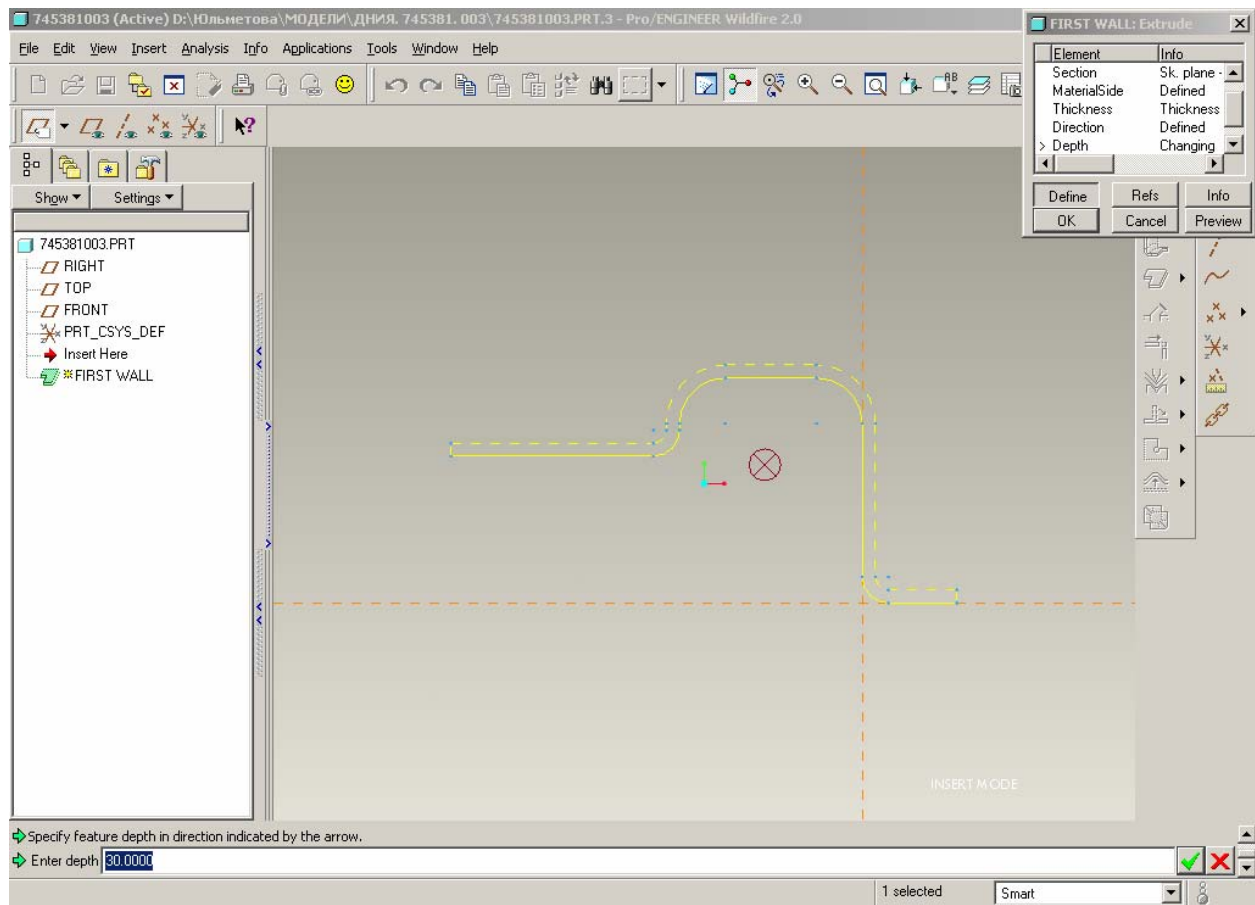


Рис. 1.2.4. Вытягивание эскиза профиля на ширину 30 мм.

4. С помощью Extrude – инструментария, предназначенного для объемного выдавливания, создаем все необходимые отверстия, выемки в модели. Для этого заходим в меню Edit-Extrude (см. рис. 1.2.5)

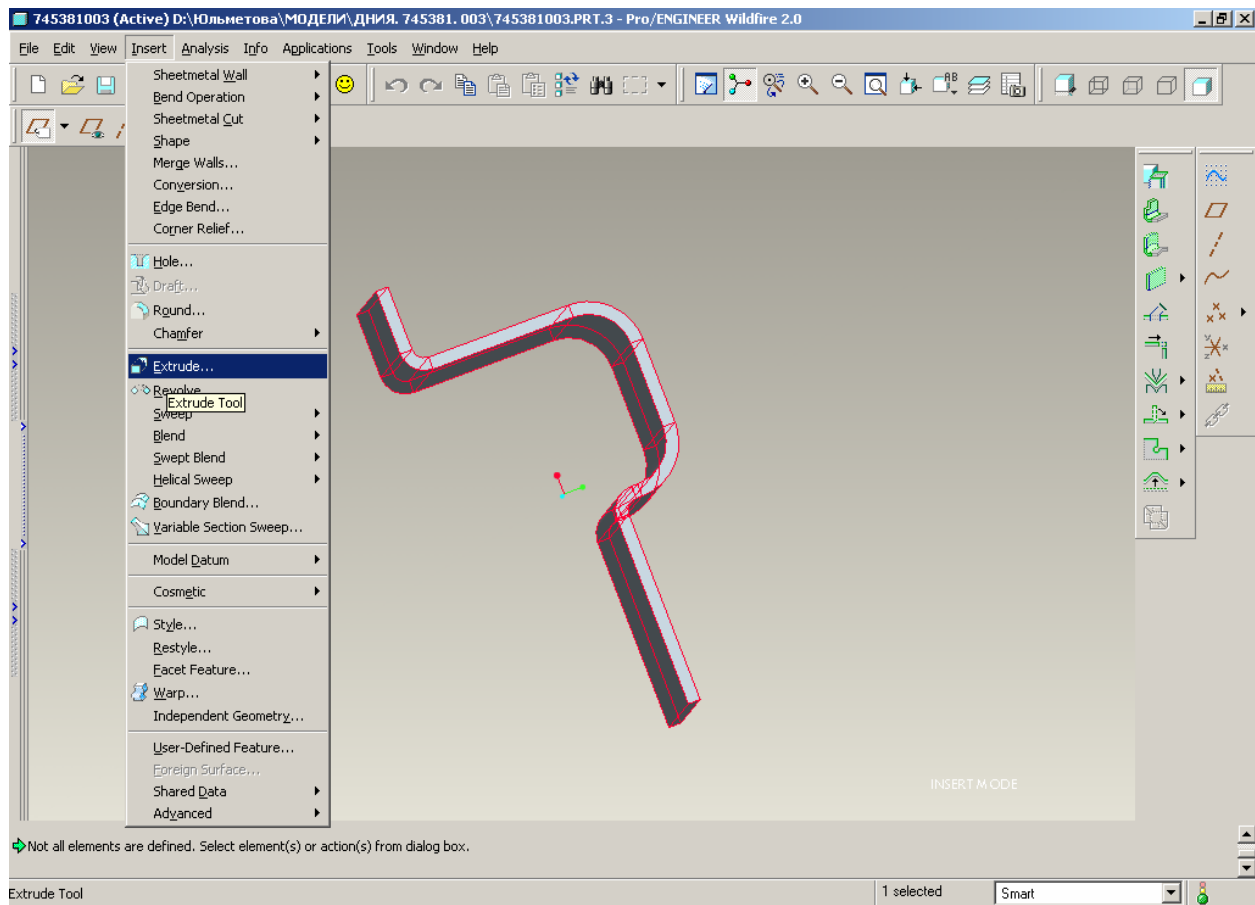


Рис. 1.2.5. Выбор инструментария объемного выдавливания
5. Выбираем плоскость и создаем эскиз выемок (см. рис. 1.2.6).

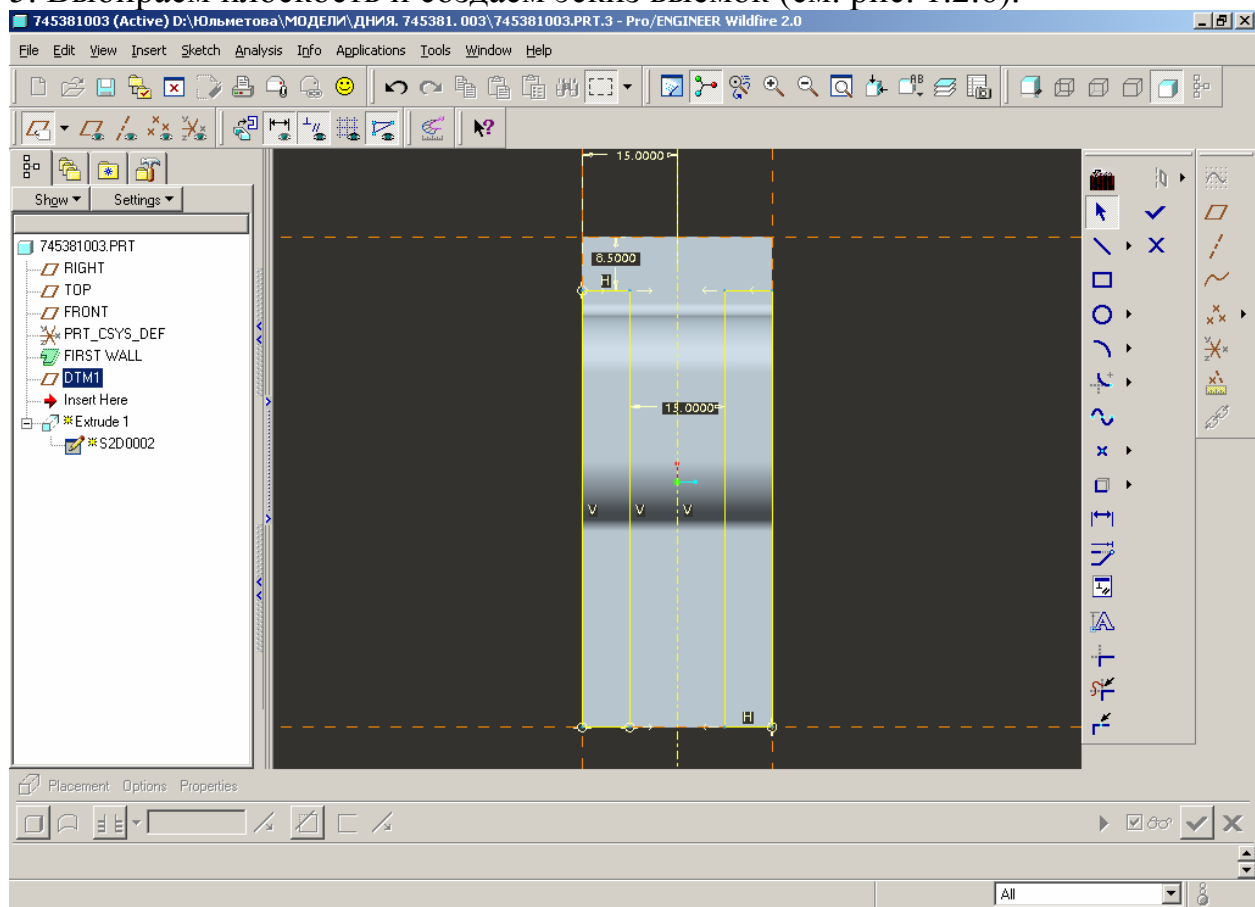


Рис. 1.2.6. Создание эскиза выемок

6. Осуществляем выдавливание, для данного примера сквозное (см. рис. 1.2.7).

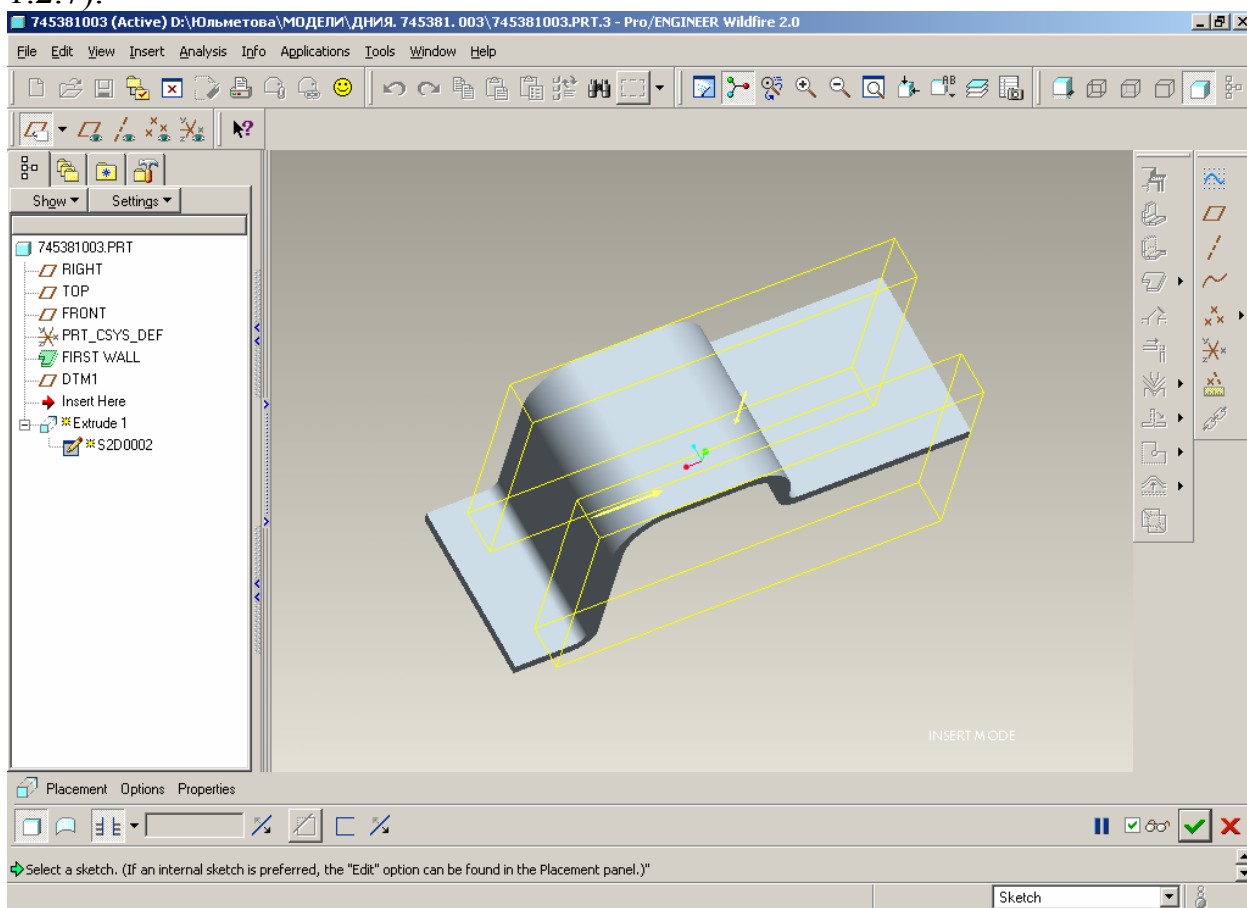


Рис. 1.2.7. Создание выемок

7. Получили готовую модель детали, соответствующую чертежу конструктора (см. рис. 1.2.8).

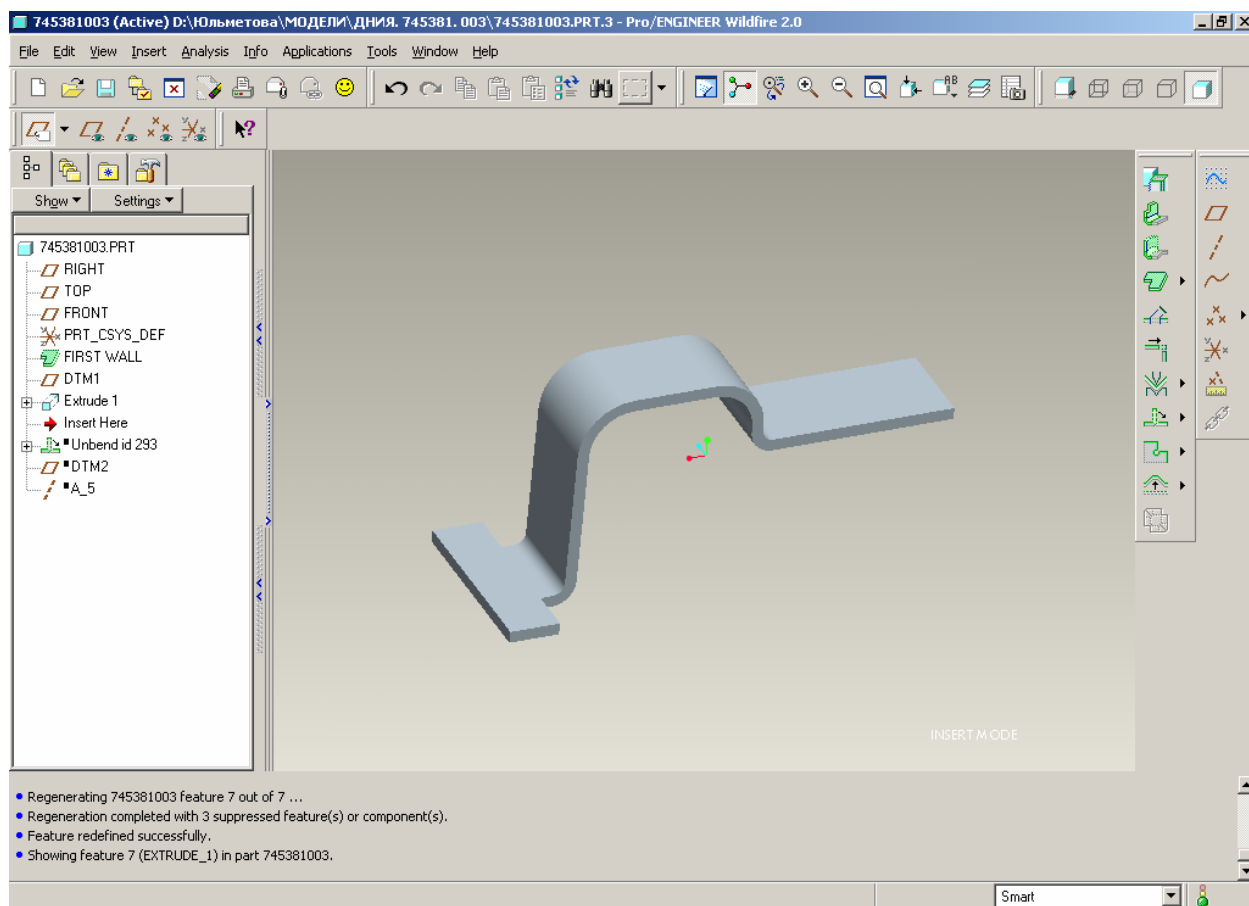


Рис. 1.2.8. Модель детали

8. Специальным инструментарием “Unbend” разгибаем “гнушку”. Для этого на панели инструментов справа нажимаем на кнопку . В появившемся меню нажимаем Done (см. рис 1.2.9), выделяем деталь (см. рис 1.2.10) и в появившемся меню выбираем Unbend All и Done (см. рис 1.2.11). Получаем модель развертки (см. рис 1.2.12).

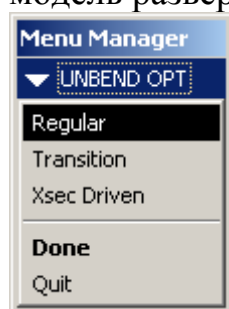


Рис. 1.2.9. Выбираем подменю Done

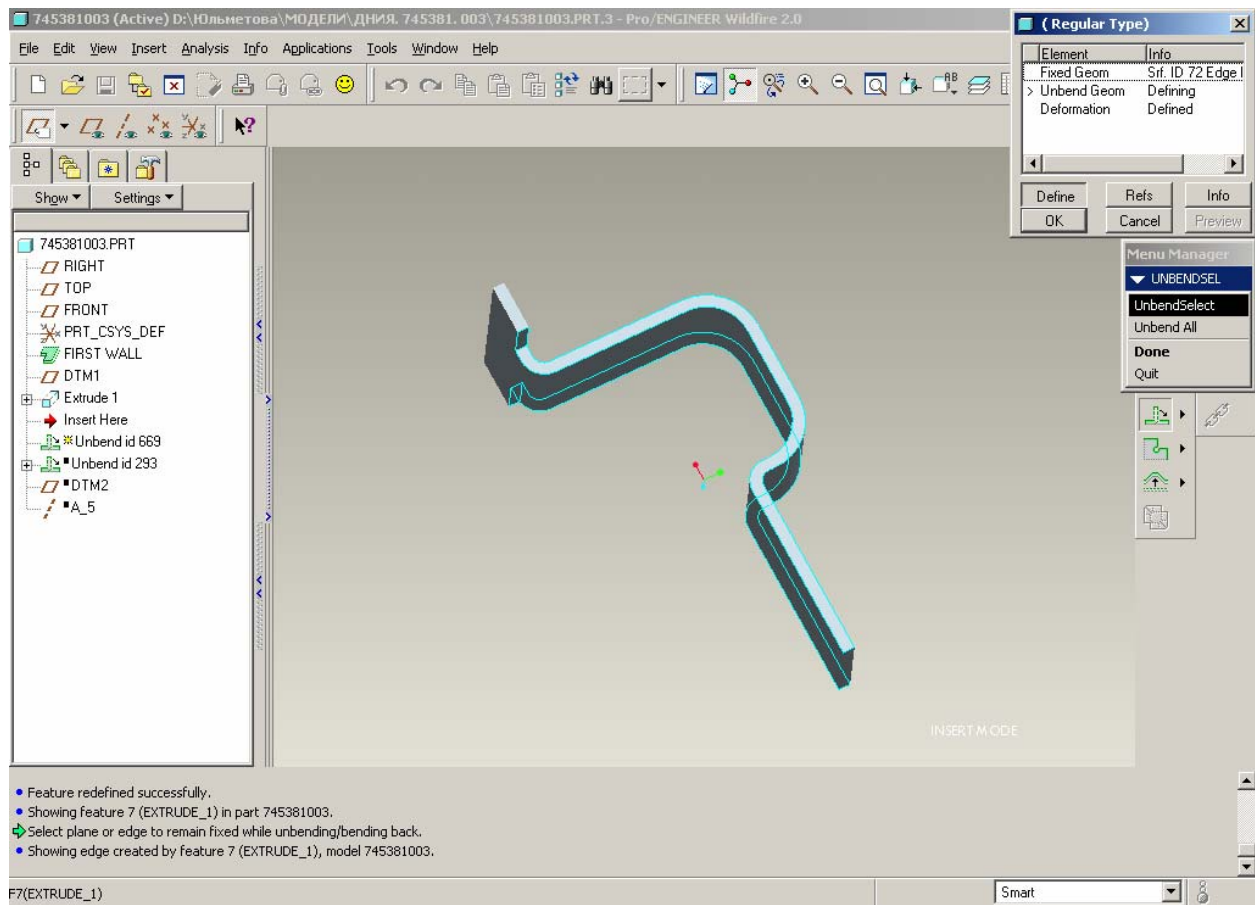


Рис. 1.2.10. Выделение детали

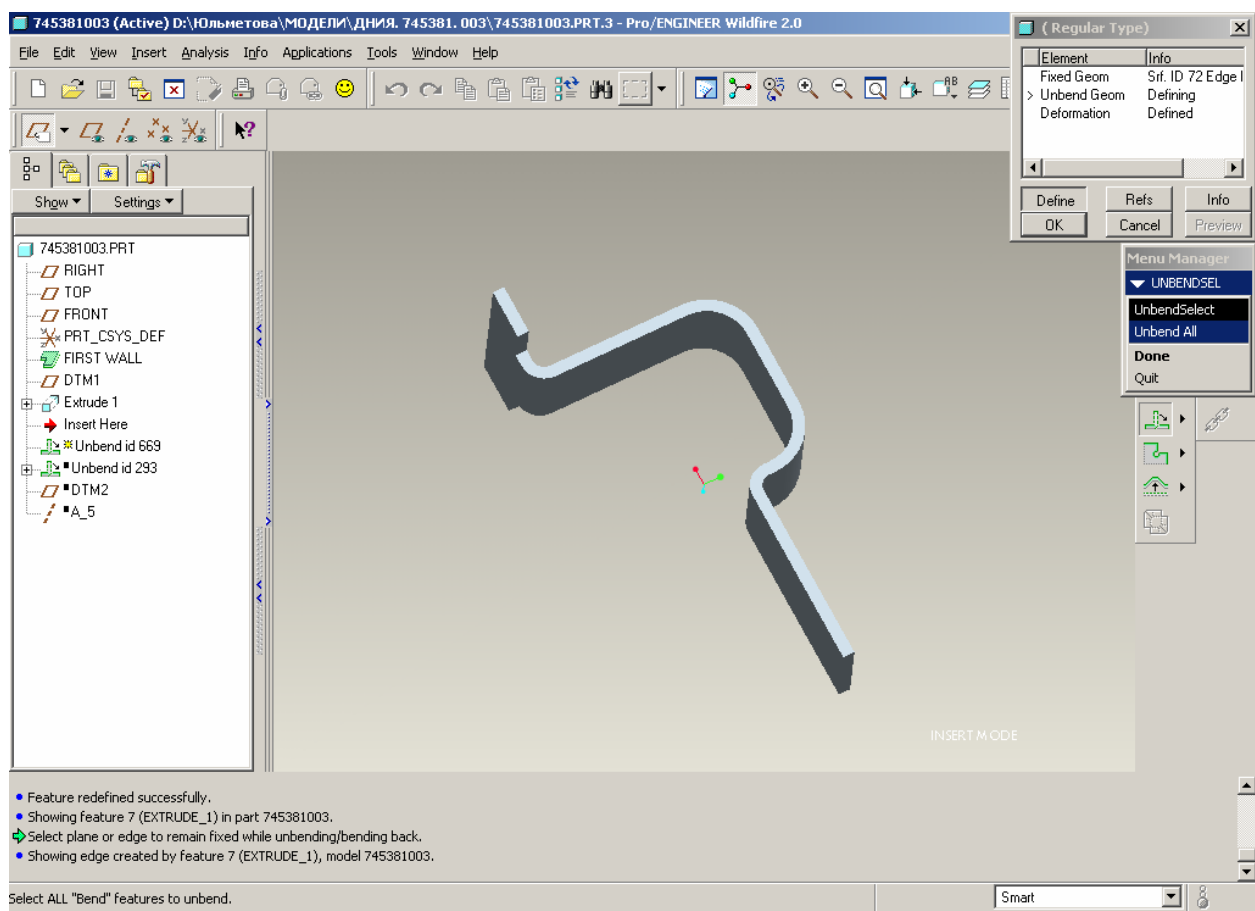


Рис. 1.2.11. Выбор подменю Unbend All

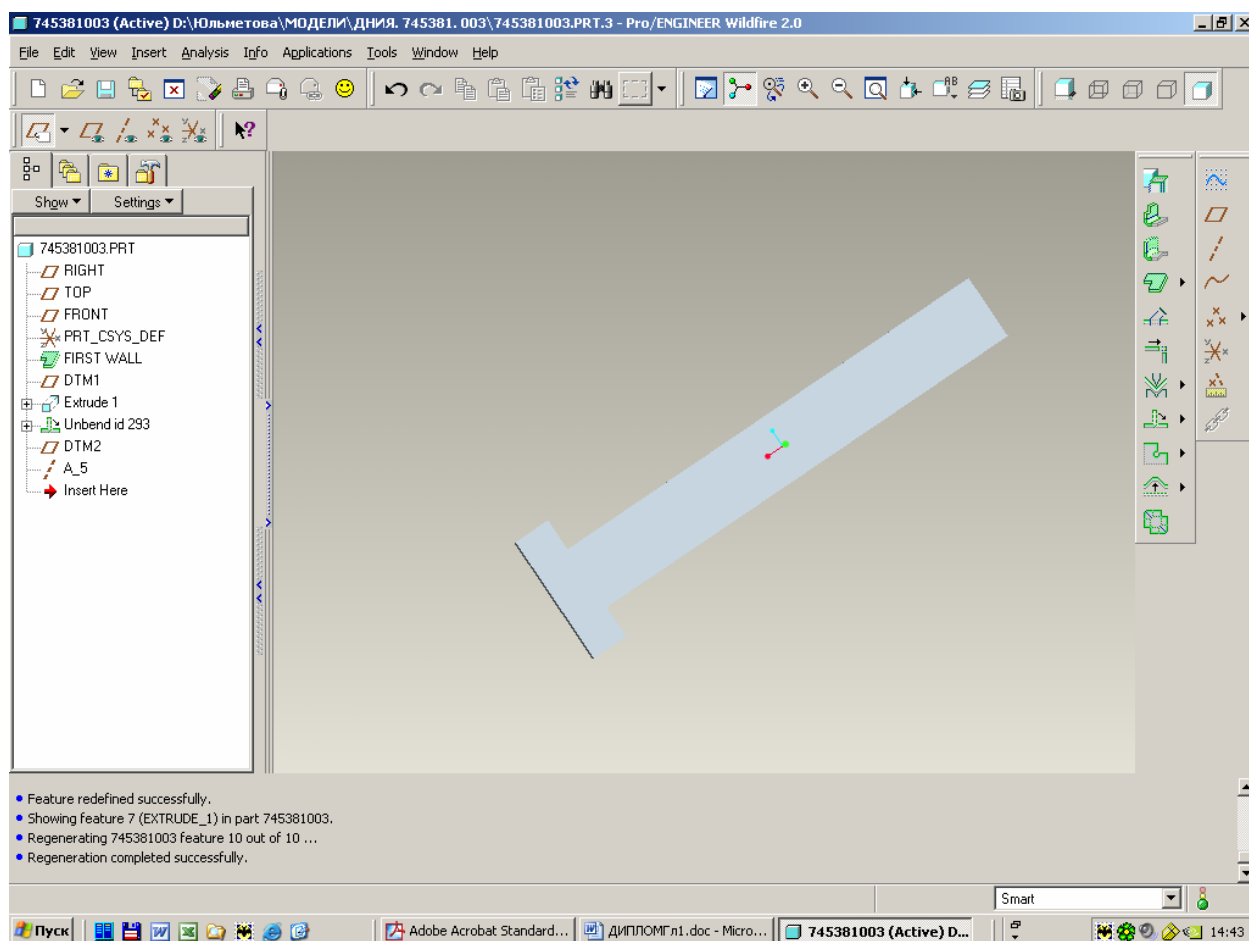


Рис. 1.2.12. Модель развертки

9. Создаем чертеж с модели. Для этого заходим в меню File-New (см. рис. 1.2.13).

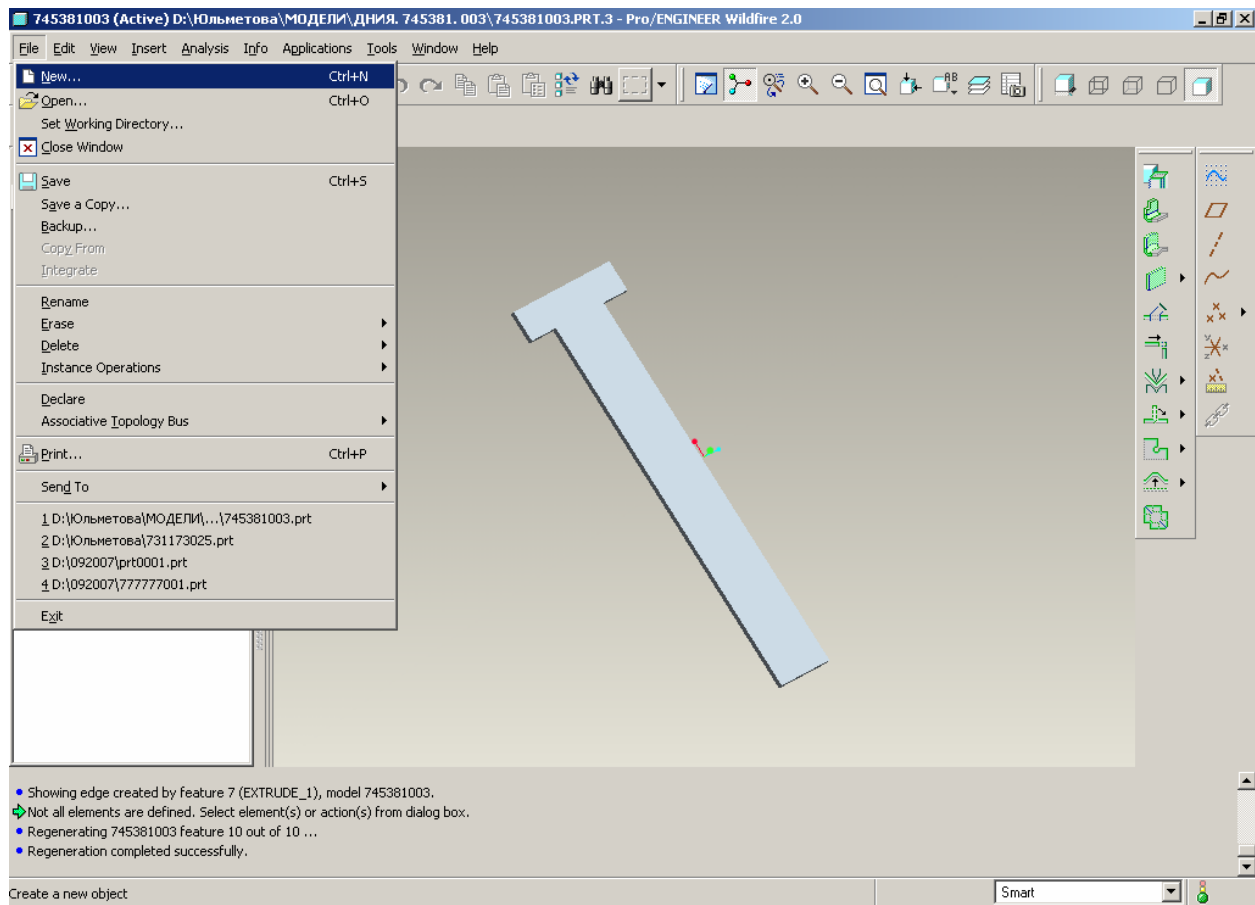


Рис. 1.2.13. Выбор меню при создании чертежа с модели развертки

10. В появившемся меню выбираем Drawing – инструментарий создания чертежей (см. рис. 1.2.14).

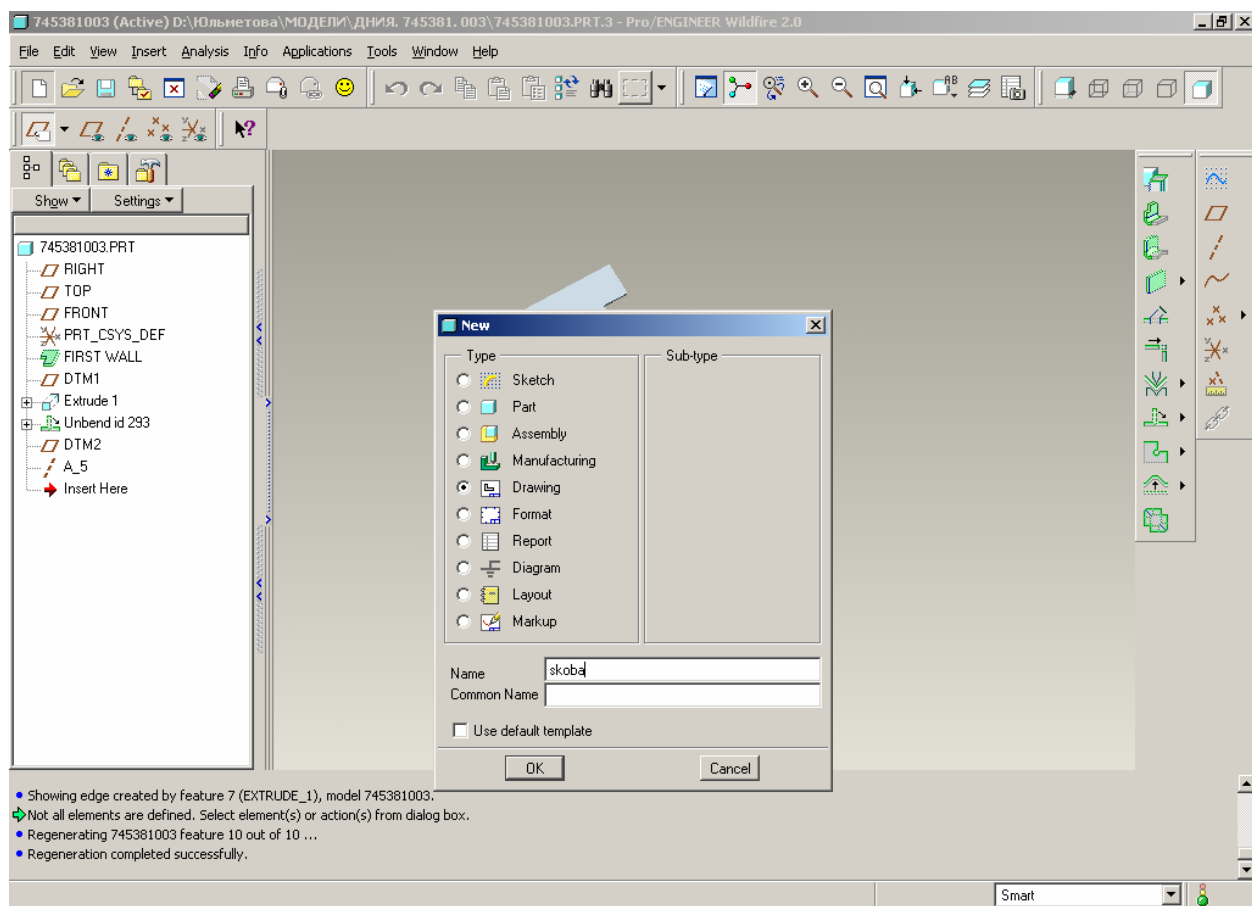
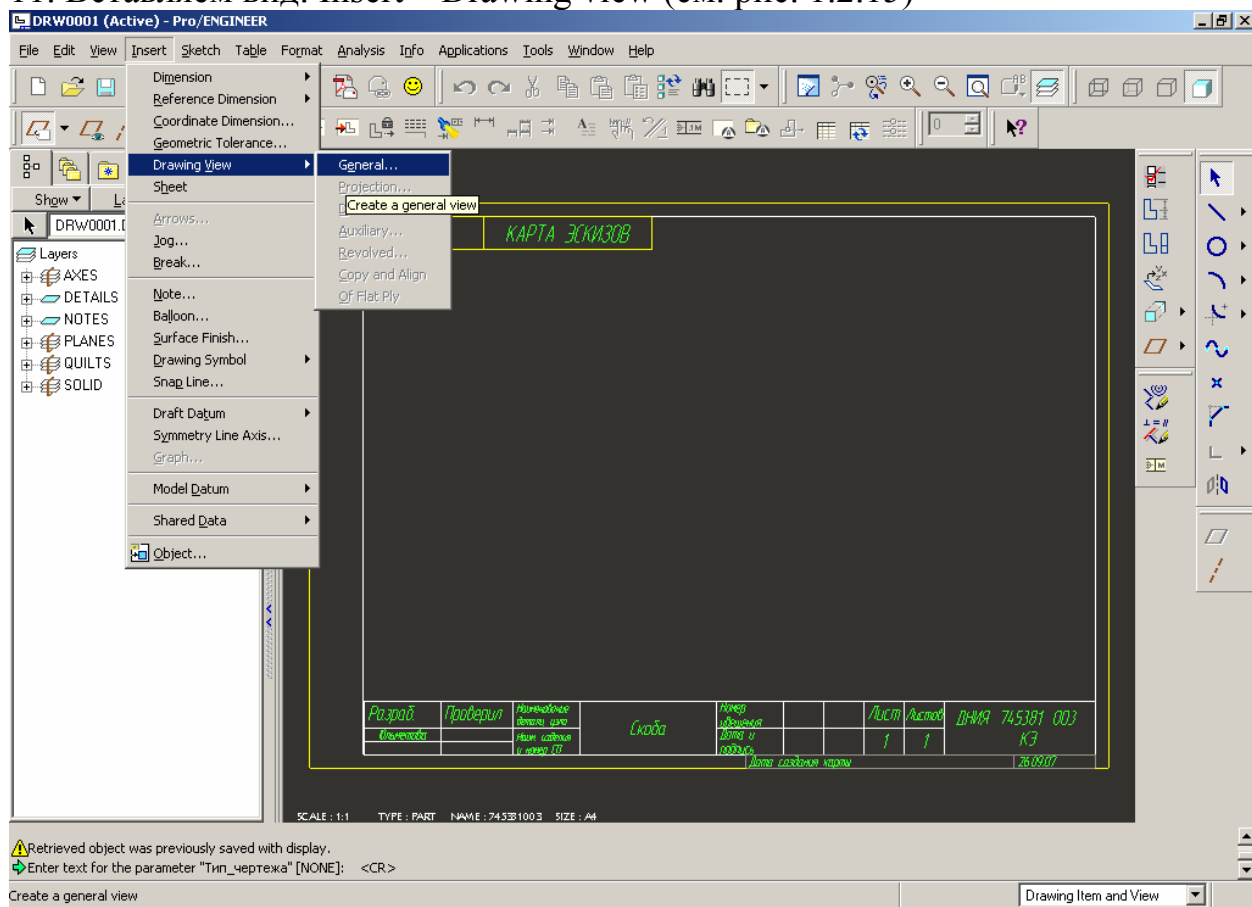


Рис. 1.2.14. Выбор подменю Drawing

11. Вставляем вид: Insert – Drawing view (см. рис. 1.2.15)



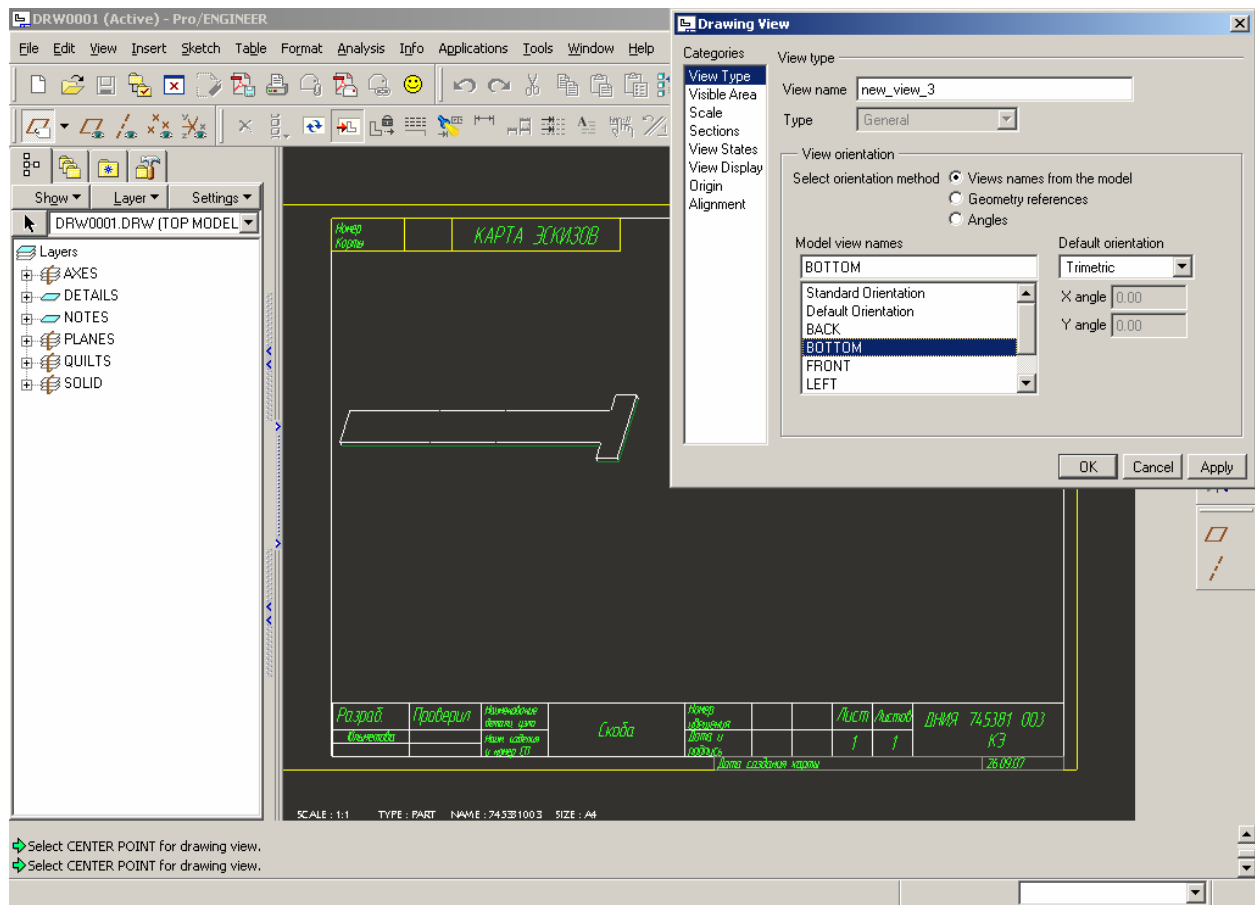


Рис. 1.2.15. Вставка вида

12. Проставляем размеры (см. рис. 1.2.16)

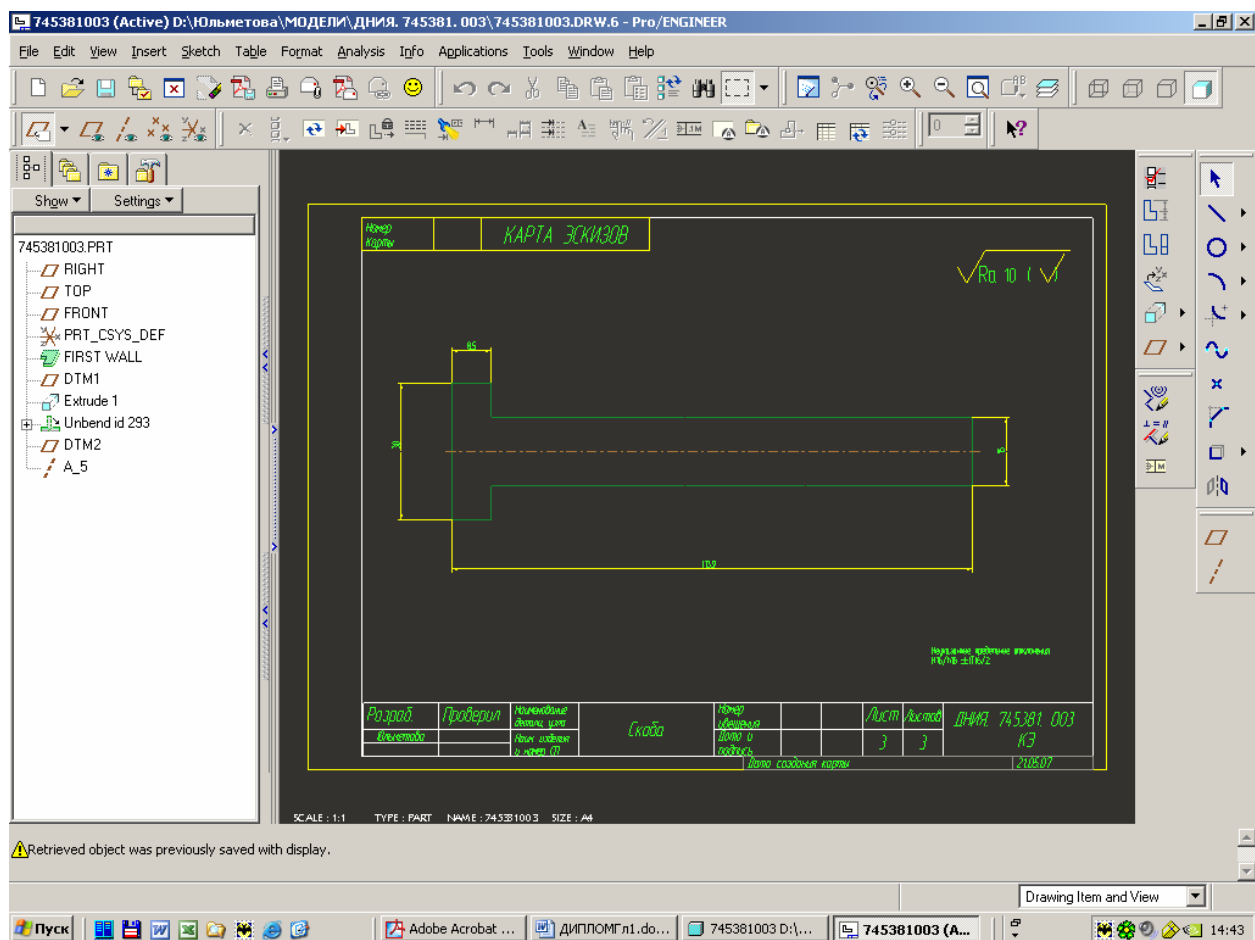


Рис. 1.2.16. Простановка размеров

13. Выводим готовый чертеж развертки на печать(см. рис. 1.2.17)

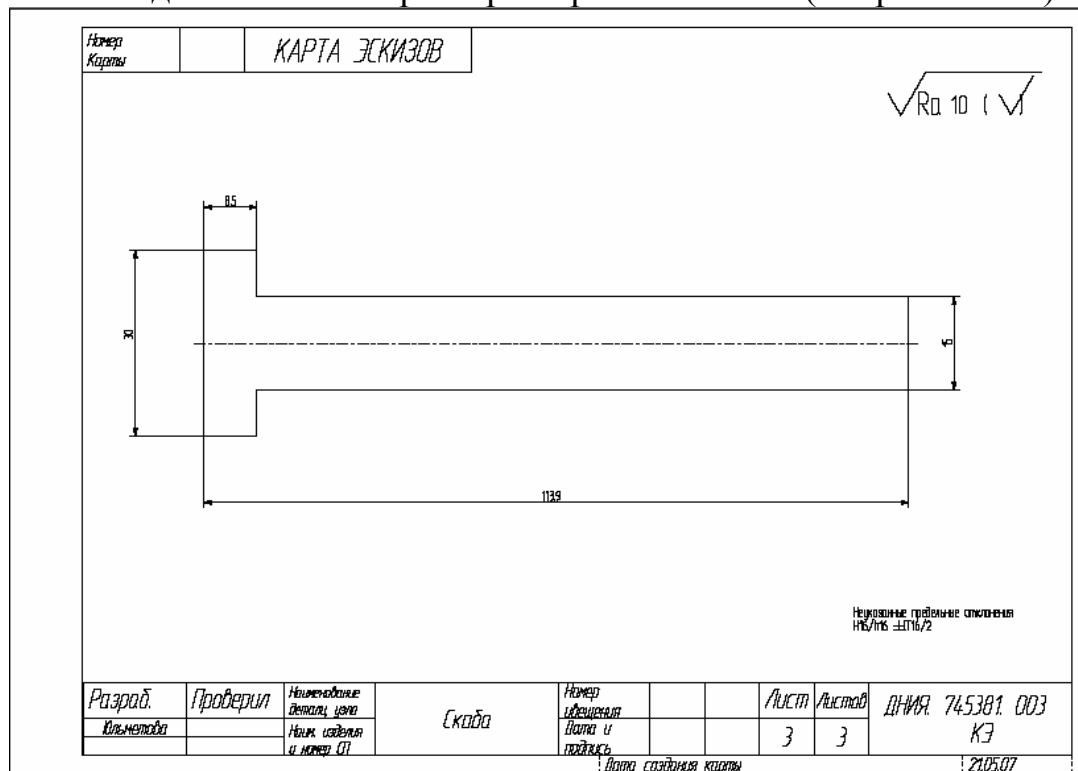


Рис. 1.2.17. Чертеж развертки

Вернемся к вопросу выбора заготовки. Толщина заготовки T указана в чертеже – это толщина детали (см. чертеж). Длину и ширину заготовки получают прибавлением нескольких миллиметров, оставленных на припуск, к длине и ширине развертки (см. полученный чертеж развертки).

В случае если толщина T мала, то следует заказать 2 дополнительные заготовки тех же габаритов на прокладки, например: 2 прокладки из сплава Д16 $T=4$ мм. размером 35 x 120 мм.

После заготовительной операции и получения материалов, на слесарной операции снимают заусенцы и рихтуют листовую заготовку. Затем в ходе фрезерной операции заготовки обрабатываются согласно полученному эскизу развертки, чаще пакетом между прокладок по 5-10 штук.

На слесарной операции снимают заусенцы, гнут согласно чертежу.

Заключительный этап – покрытия (гальваника и/или лакокрасочные покрытия).

Для наглядности приведем ТП изготовления детали, для которой выполнена развертка:

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА													
Шифры		Цех		Материал				Заготовки					
Заготов. цеху		Загот.	Код пост.	Код материал	Наименование, марка	С ост. поставки	Обозначение ИД	Вид	Размер профиля	Размер заготовки	Кол. деталей		
		100	544М	00632707510	Сталь 08пс		ГОСТ 16523-97	ЛСТ	2	35*120	1		
		100	544М	02511071321	Сплав Д16 Т		ГОСТ 21631-76	ЛСТ	4	35*120	2		
Цех загот.	Номер операции	ОПЕРАЦИИ УСТАНОВКИ И ПЕРЕХОДЫ				Шифр оборудования	Оснастка		Шифр проф.	Шифр нормы	Разм.д	Норма времени в мин.	
		НАИМЕНОВАНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ					Наименование, обозначение					П.З.	Штуч.
1	2	3				4	5		6	7	8	9	10
		Выполнять требования ТБ согласно инструкциям:											
		33,133,51,120,136,106,91.											
100	1	ЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ				14			14		3	3	1
		Отрезать заготовку Т=2 мм размером 35 х 120 мм.											
		Отрезать 2 доп. заготовки Т= 4 размером 35 х											
		120. т.к. т.к.											
544М	2	ПОЛУЧЕНИЕ ЗАГОТОВОК				161			16			0	0
545	3	СПЕСАРНАЯ				71			71		3	3	3
		Снять заусенцы , рихтовать без забоин заготовку.											
		п.к.											
544	4	ФРЕЗЕРНАЯ				2231			22		3	20	6
		Фрезеровать согл. эскизу между прокладок. т.к.											
545	5	СПЕСАРНАЯ				71			71		2	3	1
		Снять заусенцы после фрезеровки. пк											
601	6	СПЕСАРНАЯ				71			71		4	8	15
		Гнуть выдерживая размеры по чертежу. тх											
545	7	СПЕСАРНАЯ				71			71		4	8	6
		Снять заусенцы. Сверлить 2 отв. ф4,6. Снять											
		заусенцы. пк											
545	8	ПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ				79			79		3	0	1
		1. Упаковать детали в полиэтиленовые мешки и											
		уложить их в цеховую тару.											
		2. Подготовить детали и сопроводительную											
		документацию для отправки в ОП-4Б.											
465	9	ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ				38			38		3	0	2
		Произвести покрытие согл. п.3 т.т. чертежа. пк											
465	10	ПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ				79			79		3	0	1
		1. Упаковать детали в полиэтиленовые мешки и											
		уложить их в цеховую тару.											
		2. Подготовить детали и сопроводительную											
		документацию для отправки в ОП-1.											
58	11	КОНТРОЛЬНАЯ				77			77			0	0
		Контроль окончательный на соответствие чертежу.											
545ГД	12	СДАЧА НА СКЛАД				162			162				
		Сдать на СГД. Сдать на СГД.											

Однако до появления CAD\CAM систем развертки составляли вручную, пользуясь формулами и справочными таблицами.

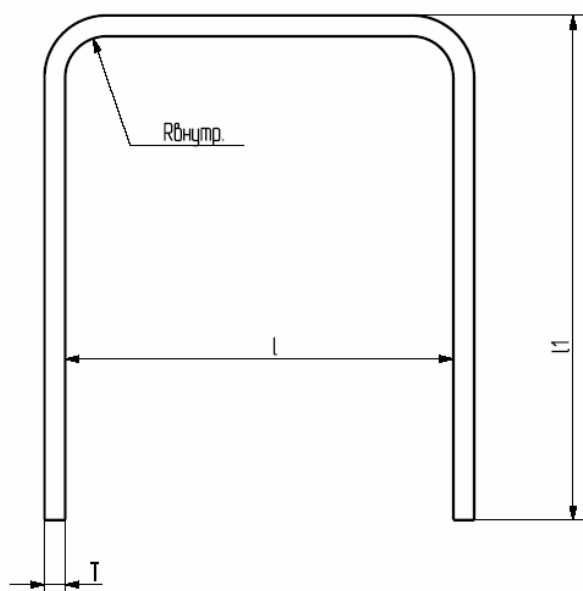
Суть построения формулы заключается в том, что сначала суммируются прямолинейные участки и к ним прибавляется длина участков скругления, рассчитанная по средней линии:

$$L = L_{\text{прямолин.}} + n \cdot \frac{\pi \cdot R_{\text{ср.}}}{2}, \text{ где} \dots\dots\dots (1.2.1)$$

$$R_{\text{ср.}} = R_{\text{внутр.}} + \frac{T}{2}$$

n – число скруглений.

Приведем поясняющий пример



$$L = 2 \cdot (l_1 - T - R_{\text{внутр.}}) + (l - 2 \cdot R_{\text{внутр.}}) + 2 \cdot \frac{\pi \cdot R_{\text{внутр.}}}{2} \dots\dots\dots (1.2.2)$$

Также пользуются справочными таблицами:

$$L = l + 2 \cdot (l_1 - T) + n \cdot \text{табл. значение} \dots\dots\dots (1.2.3)$$

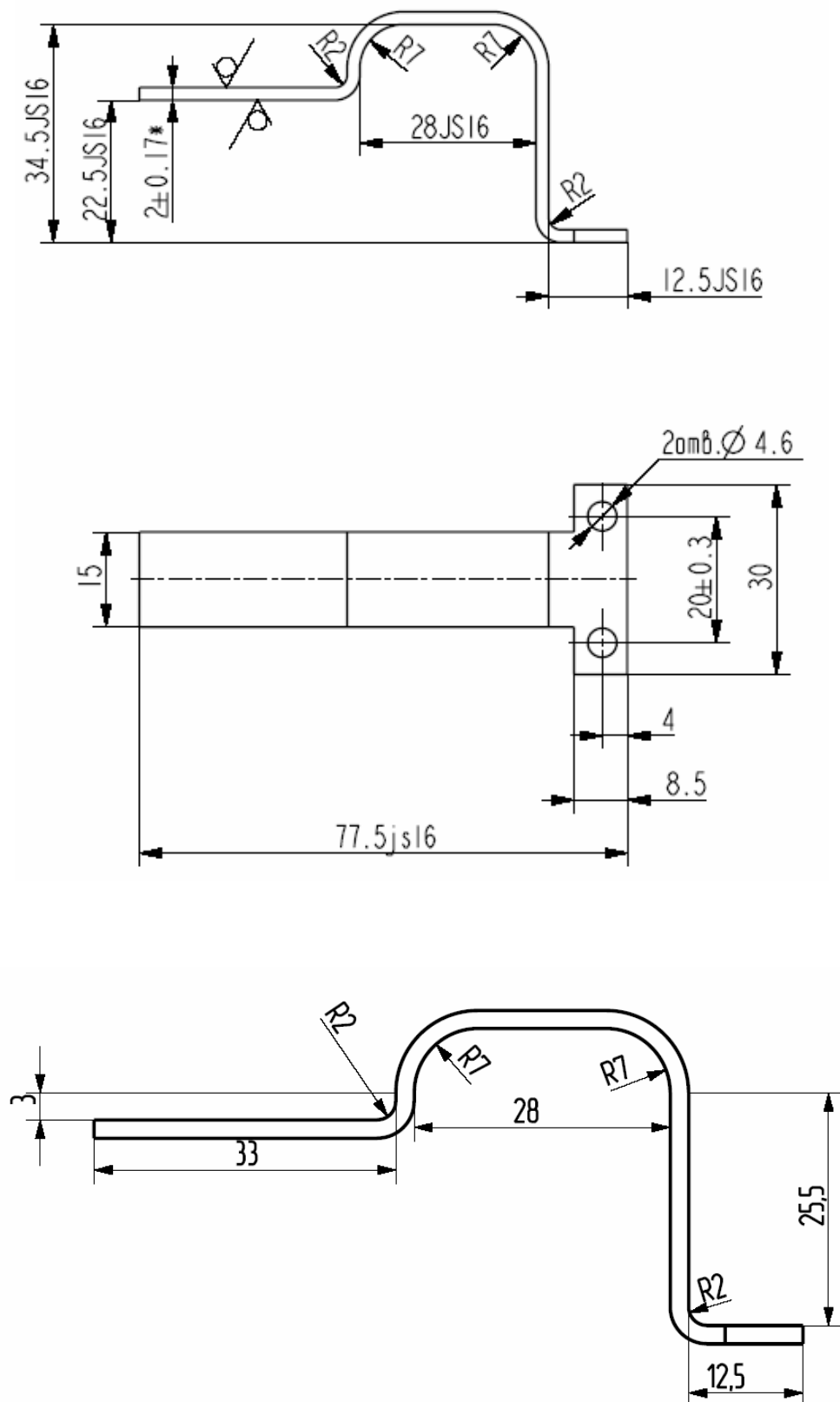
Табличное значение находится как пересечение строки $R_{\text{внутр.}}$ и столбца T

$T \backslash R$	<u>0,1</u>	<u>0,2</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>0,5</u>	<u>0,8</u>	<u>1</u>	<u>1,2</u>
<u>0,3</u>	<u>0,125</u>	<u>0,1</u>	<u>0,07</u>	<u>0,035</u>	<u>0</u>	<u>-0,125</u>	<u>-0,21</u>	<u>-0,3</u>
<u>0,4</u>	<u>0,18</u>	<u>0,15</u>	<u>0,12</u>	<u>0,09</u>	<u>0,05</u>	<u>-0,06</u>	<u>-0,14</u>	<u>-0,22</u>
<u>0,5</u>	<u>0,22</u>	<u>0,2</u>	<u>0,18</u>	<u>0,15</u>	<u>0,12</u>	<u>0</u>	<u>-0,07</u>	<u>-0,16</u>
<u>0,8</u>	<u>0,37</u>	<u>0,35</u>	<u>0,33</u>	<u>0,31</u>	<u>0,28</u>	<u>0,18</u>	<u>0,11</u>	<u>0,04</u>
<u>1</u>	<u>0,46</u>	<u>0,45</u>	<u>0,43</u>	<u>0,41</u>	<u>0,38</u>	<u>0,3</u>	<u>0,23</u>	<u>0,15</u>
<u>1,2</u>	<u>0,56</u>	<u>0,55</u>	<u>0,53</u>	<u>0,51</u>	<u>0,48</u>	<u>0,4</u>	<u>0,35</u>	<u>0,25</u>
<u>1,5</u>	<u>0,7</u>	<u>0,68</u>	<u>0,67</u>	<u>0,66</u>	<u>0,63</u>	<u>0,56</u>	<u>0,5</u>	<u>0,45</u>
<u>2</u>	<u>0,93</u>	<u>0,92</u>	<u>0,91</u>	<u>0,89</u>	<u>0,88</u>	<u>0,81</u>	<u>0,76</u>	<u>0,7</u>
<u>2,5</u>	<u>1,2</u>	<u>1,18</u>	<u>1,16</u>	<u>1,15</u>	<u>1,13</u>	<u>1,07</u>	<u>1,01</u>	<u>0,96</u>
<u>3</u>	<u>1,42</u>	<u>1,4</u>	<u>1,39</u>	<u>1,38</u>	<u>1,36</u>	<u>1,32</u>	<u>1,26</u>	<u>1,2</u>
<u>4</u>	<u>—</u>	<u>1,88</u>	<u>1,86</u>	<u>1,85</u>	<u>1,83</u>	<u>1,79</u>	<u>1,77</u>	<u>1,71</u>
<u>5</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>2,36</u>	<u>2,34</u>	<u>2,3</u>	<u>2,26</u>	<u>2,24</u>	<u>2,22</u>

$T \backslash R$	<u>1,5</u>	<u>2</u>	<u>2,5</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>10</u>
<u>0,3</u>	<u>-0,42</u>	<u>-0,64</u>	<u>-0,85</u>	<u>-1,05</u>	<u>-1,5</u>	<u>-1,9</u>	<u>-2,54</u>	<u>-3,2</u>	<u>-4,07</u>
<u>0,4</u>	<u>-0,35</u>	<u>-0,56</u>	<u>-0,78</u>	<u>-1</u>	<u>-1,4</u>	<u>-1,84</u>	<u>-2,25</u>	<u>-3,1</u>	<u>-4</u>
<u>0,5</u>	<u>-0,28</u>	<u>-0,48</u>	<u>-0,7</u>	<u>-0,9</u>	<u>-1,34</u>	<u>-1,75</u>	<u>-2,2</u>	<u>-3</u>	<u>-3,9</u>
<u>0,8</u>	<u>-0,07</u>	<u>-0,3</u>	<u>-0,5</u>	<u>-0,7</u>	<u>-1,12</u>	<u>-1,57</u>	<u>-1,96</u>	<u>-2,8</u>	<u>-3,68</u>
<u>1</u>	<u>0,05</u>	<u>-0,14</u>	<u>-0,35</u>	<u>-0,57</u>	<u>-0,96</u>	<u>-1,38</u>	<u>-1,82</u>	<u>-2,66</u>	<u>-3,5</u>
<u>1,2</u>	<u>0,15</u>	<u>-0,01</u>	<u>-0,23</u>	<u>-0,45</u>	<u>-0,82</u>	<u>-1,25</u>	<u>-1,57</u>	<u>-2,52</u>	<u>-3,38</u>
<u>1,5</u>	<u>0,35</u>	<u>0,15</u>	<u>-0,02</u>	<u>-0,21</u>	<u>-0,62</u>	<u>-1,02</u>	<u>-1,47</u>	<u>-2,3</u>	<u>-3,12</u>
<u>2</u>	<u>0,63</u>	<u>0,46</u>	<u>0,28</u>	<u>0,09</u>	<u>-0,27</u>	<u>-0,68</u>	<u>-1,1</u>	<u>-1,93</u>	<u>-2,78</u>
<u>2,5</u>	<u>0,88</u>	<u>0,75</u>	<u>0,57</u>	<u>0,39</u>	<u>0,05</u>	<u>-0,35</u>	<u>-0,75</u>	<u>-1,6</u>	<u>-2,45</u>
<u>3</u>	<u>1,13</u>	<u>1</u>	<u>0,87</u>	<u>0,69</u>	<u>0,35</u>	<u>-0,02</u>	<u>-0,4</u>	<u>-1,25</u>	<u>-2,2</u>
<u>4</u>	<u>1,64</u>	<u>1,51</u>	<u>1,39</u>	<u>1,25</u>	<u>0,92</u>	<u>0,57</u>	<u>0,22</u>	<u>-0,54</u>	<u>-1,36</u>
<u>5</u>	<u>2,18</u>	<u>2,07</u>	<u>1,91</u>	<u>1,77</u>	<u>1,35</u>	<u>1,16</u>	<u>0,8</u>	<u>0,1</u>	<u>-0,7</u>

В том случае, если в строке таблицы нет необходимого радиуса скругления $R_{\text{внутр.}}$ или в столбце нет требуемой толщины T , то следует составить формулу расчета длины гнутой детали по средней линии.

В качестве примера приведем комбинированный метод расчета развертки детали, рассмотренной ранее, с использованием таблицы и составлением формул:



Исходя из того, что $T=2$ мм., $R=2$ мм. – смотрим пересечение, получаем 0,46;

$$1) 33 + 0,46 + 3 = 36,46$$

Пояснение. Берем длину 1-го линейного участка – это 33 мм., прибавляем табличное значение. При $T=2$ мм. и $R=2$ мм оно составит 0,46 мм. Добавляем длину следующего линейного участка – 3 мм.

$$2) 28 - 2 \cdot R_7 + 2 \cdot \frac{\pi \cdot R_{cp}}{2} = 28 - 14 + 2 \cdot \frac{8 \cdot \pi}{2} = 39,12$$

Пояснение. Так как для $R=7$ мм. нет табличного значения, то составляем формулу. Из длины 28 мм. вычитаем 2 радиуса, чтобы получить длину линейного участка, и прибавляем длину дуг по среднему радиусу. Так как длина окружности $2 \cdot \pi \cdot R$, то длина четверти составит $\frac{\pi \cdot R}{2}$. В нашем случае

2 скругления и расчет ведется по среднему радиусу, то есть 8 мм.

$$3) 25,5 + 12,5 + 0,46 = 38,46$$

Пояснение. К линейному участку 25,5 прибавляем длину линейного участка 12,5 и добавляем табличное значение. При $T=2$ мм. и $R=2$ мм оно составит 0,46 мм.

$$4) L = 36,46 + 38,46 + 39,12 = 114,4 \text{ мм.}$$

Суммируем длины всех участков.

Порядок выполнения работы.

1. Методом случайной выборки получить задание у преподавателя
2. Из приложения 1 взять чертеж гнутой детали, соответствующий варианту
3. Пользуясь материалом, приведенным в Части I, построить модель детали, развертку и чертеж
4. Составить ТП, пользуясь аналогом, приведенным в теоретической части I
5. Составить формулу расчета габаритного размера для заданного варианта детали
6. Построить развертку детали, пользуясь данными таблицы и формулой
7. Сравнить все полученные результаты

Приложение 1

Примечание :

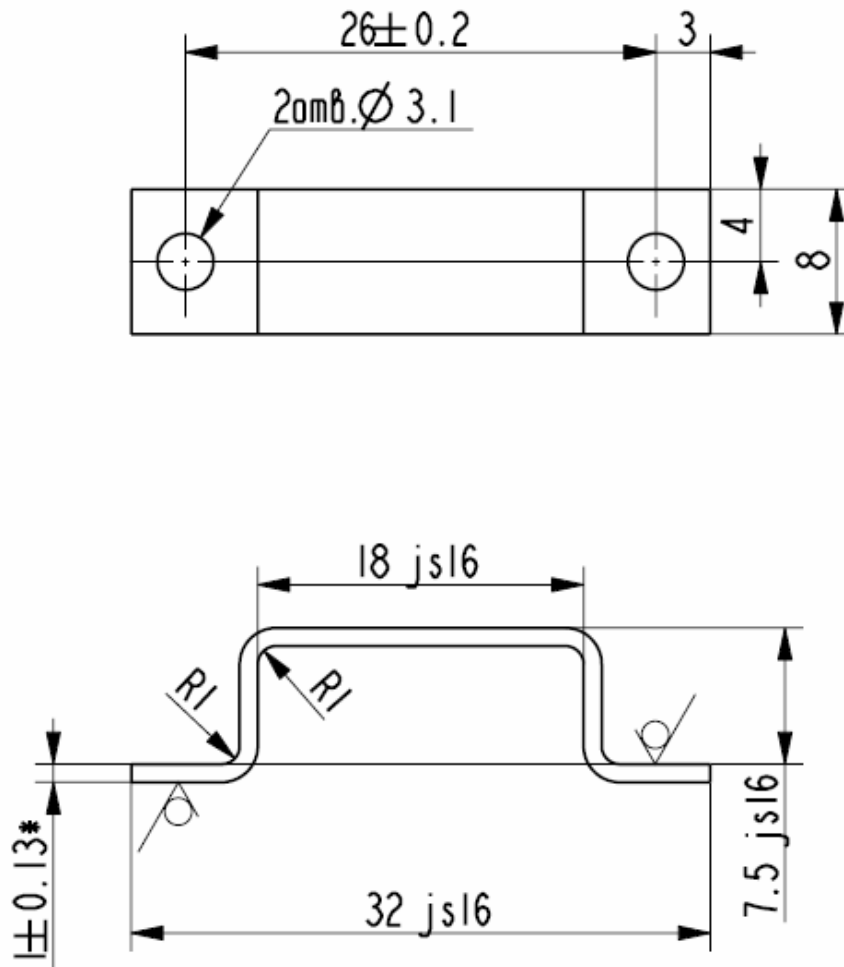
Варианты со * – повышенной сложности, требуют самостоятельного

изучения дополнительной опции  при создании модели развертки.

Вариант 1

Угольник

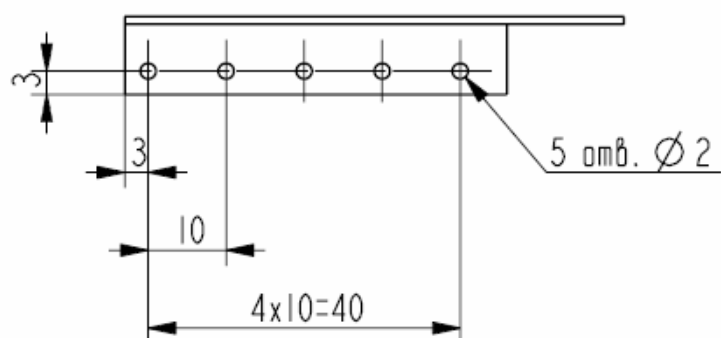
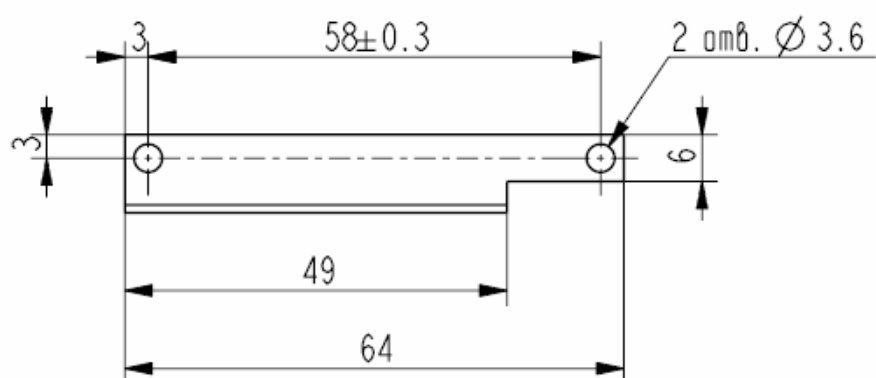
Лист Д16 Т 1 ГОСТ 21631-76



Вариант 2

Угольник

Лист Д16 Т 1 ГОСТ 21631-76

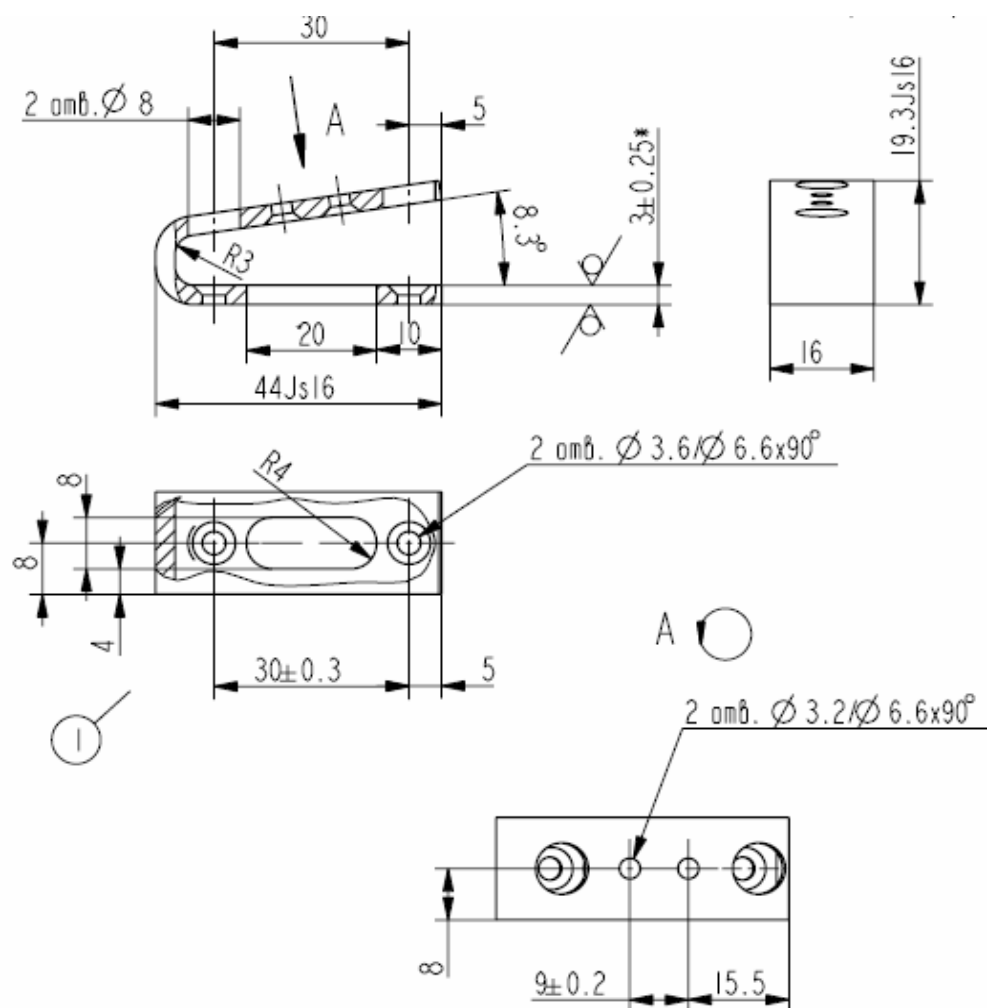


Вариант 3

Угольник

БТ – ПН – 3 ГОСТ 19904 – 90

Лист 1
Ша – 10 ГОСТ 16523 – 89

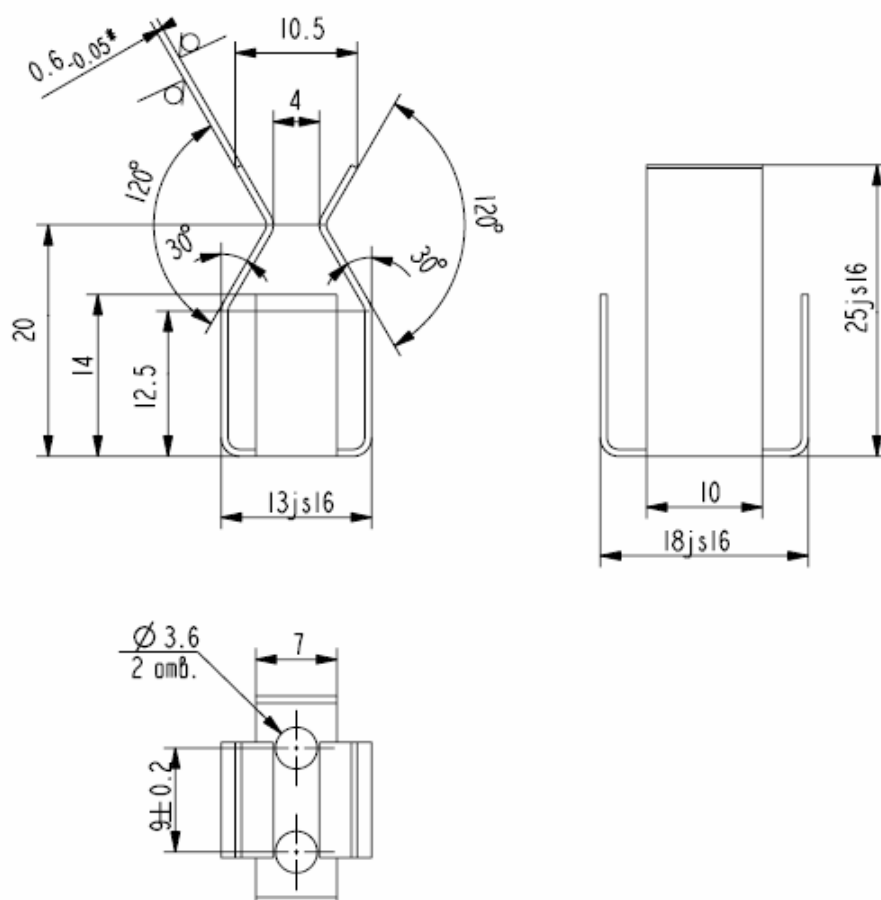


1. * Размер для справок.
 2. Покрытие: Ц9./Эмаль ПФ-218ГС светло-серая. III, ОМЗ.
 3. Остальные ТТ по ОСТ 4 ГО.070.014.

Вариант 4*

Держатель

Лента 60С2А-2П-К-0,6х15 ГОСТ 21996-76

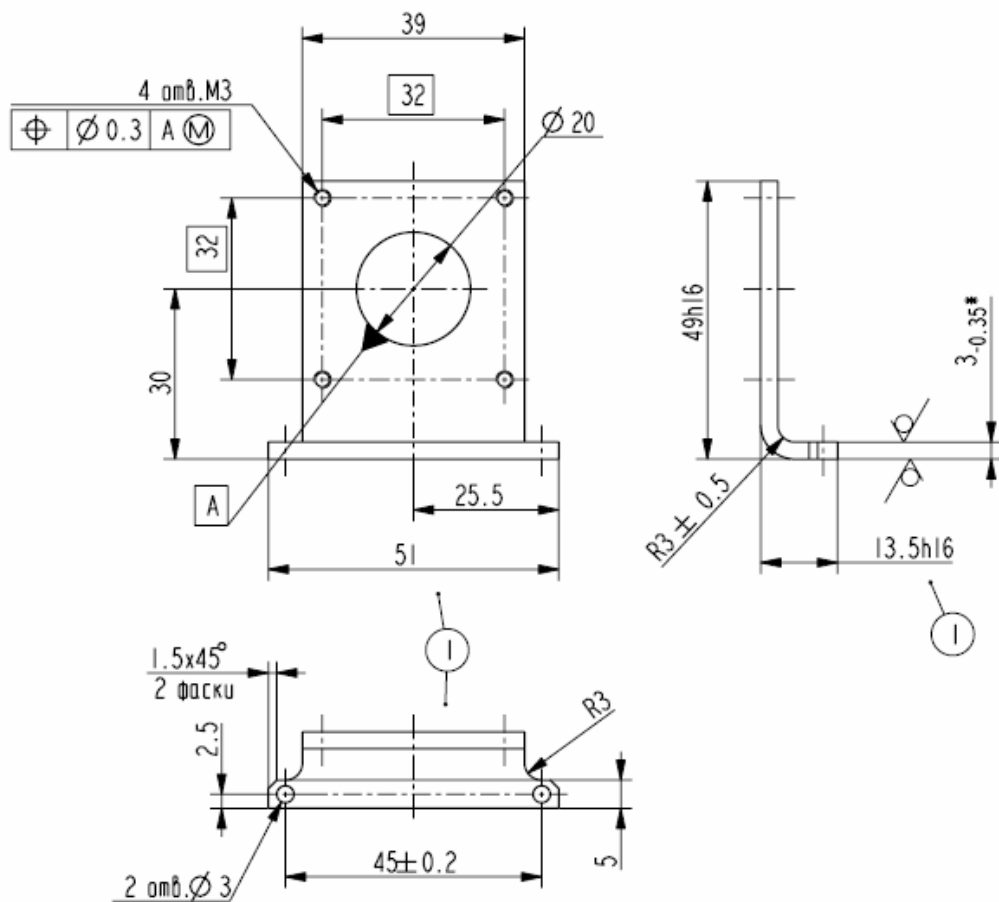


1. * Размер для справок.
2. Радиус гибки 1мм.
3. Покрытие: Ц15. хр.
4. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 5

Угольник

Сплав АМц.М3 ГОСТ 21631-76

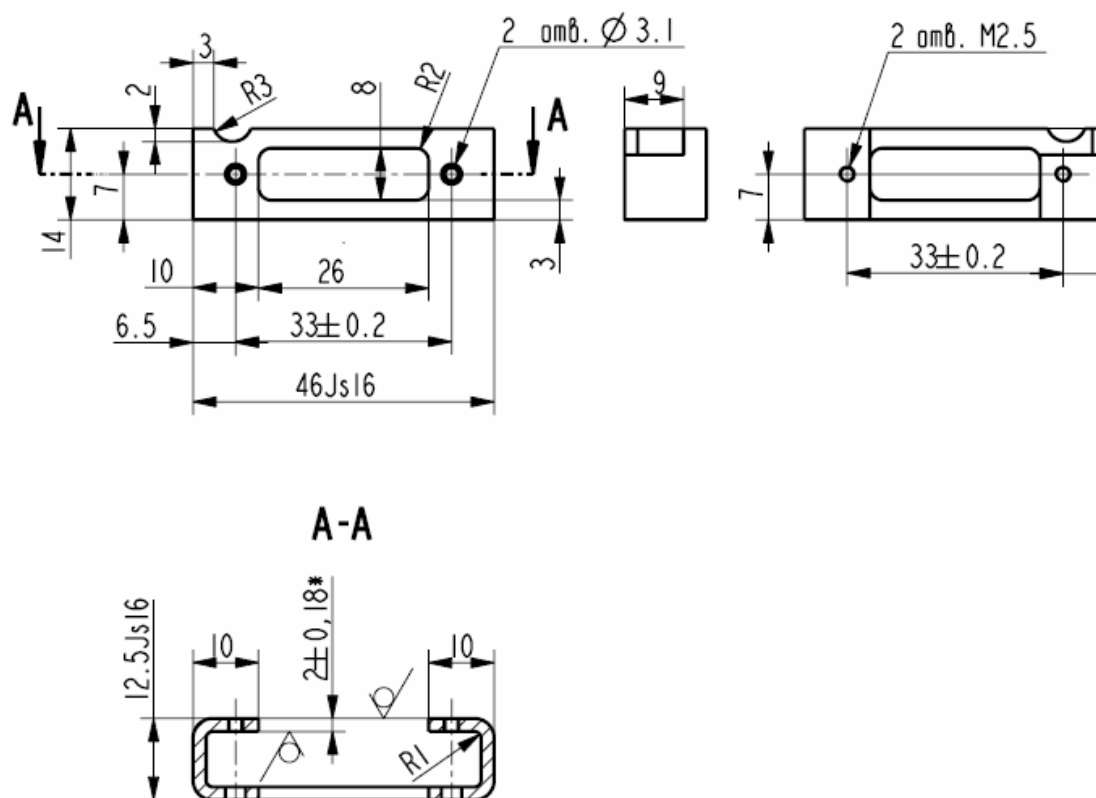


1. * Размер для справок.
2. Покрытие: Ан.Окс.нхр.
3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 6

Скоба

5 – ПУ – 2ГОСТ19903 – 74
Лист 3 – III – См3ГОСТ16523 – 97



1. * Размер для справок.

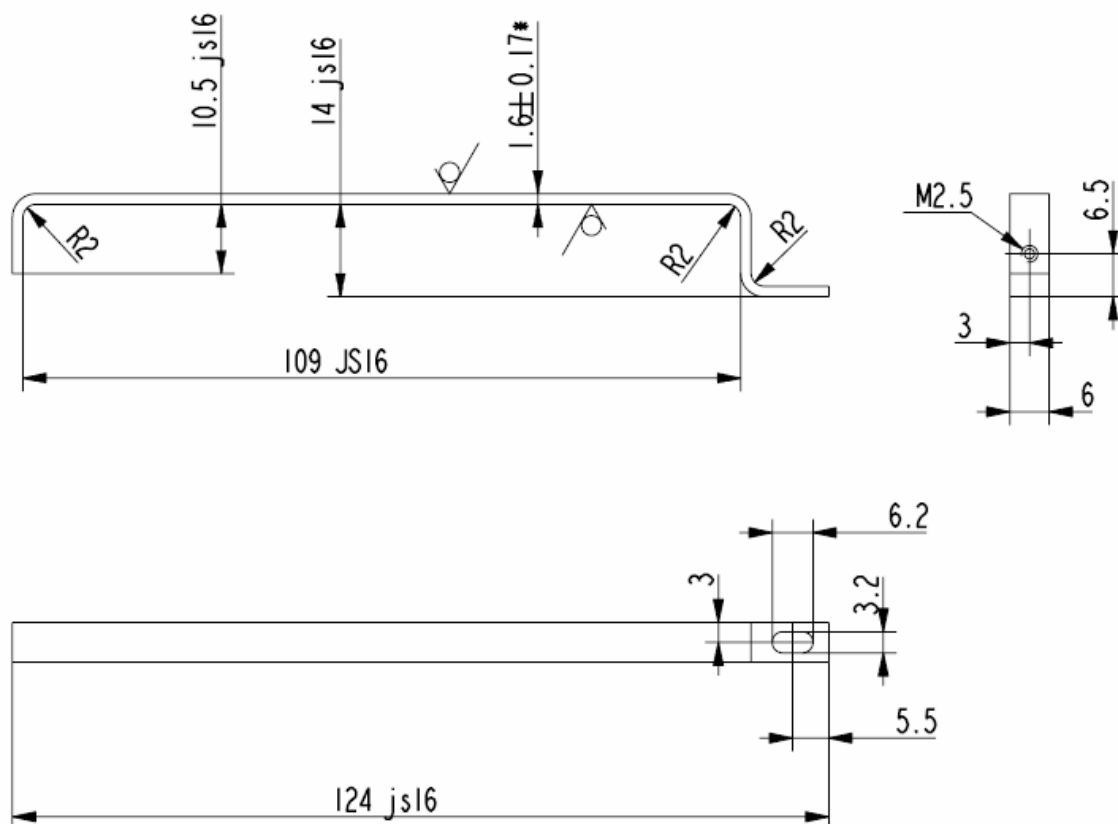
2. Покрытие: Ц6.хр/Эмаль ПФ-218ГС, светло-серая. IV.OM3.

3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 7

Скоба

Лист $\frac{БТ - ПН - 1.6 \text{ГОСТ}19904 - 90}{IIIa - 10 \text{ГОСТ}16523 - 97}$

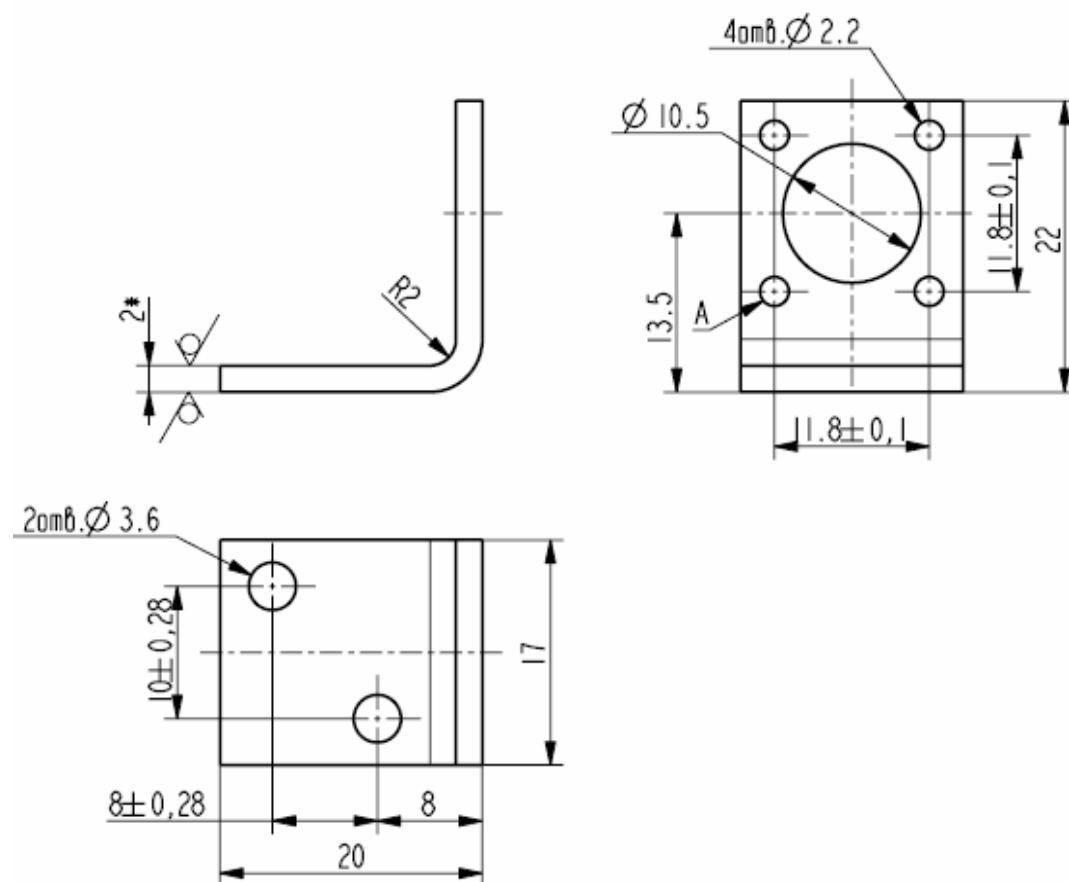


1. *Размер для справок.
2. Покрытие: ЦЗ.хр.
3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 8

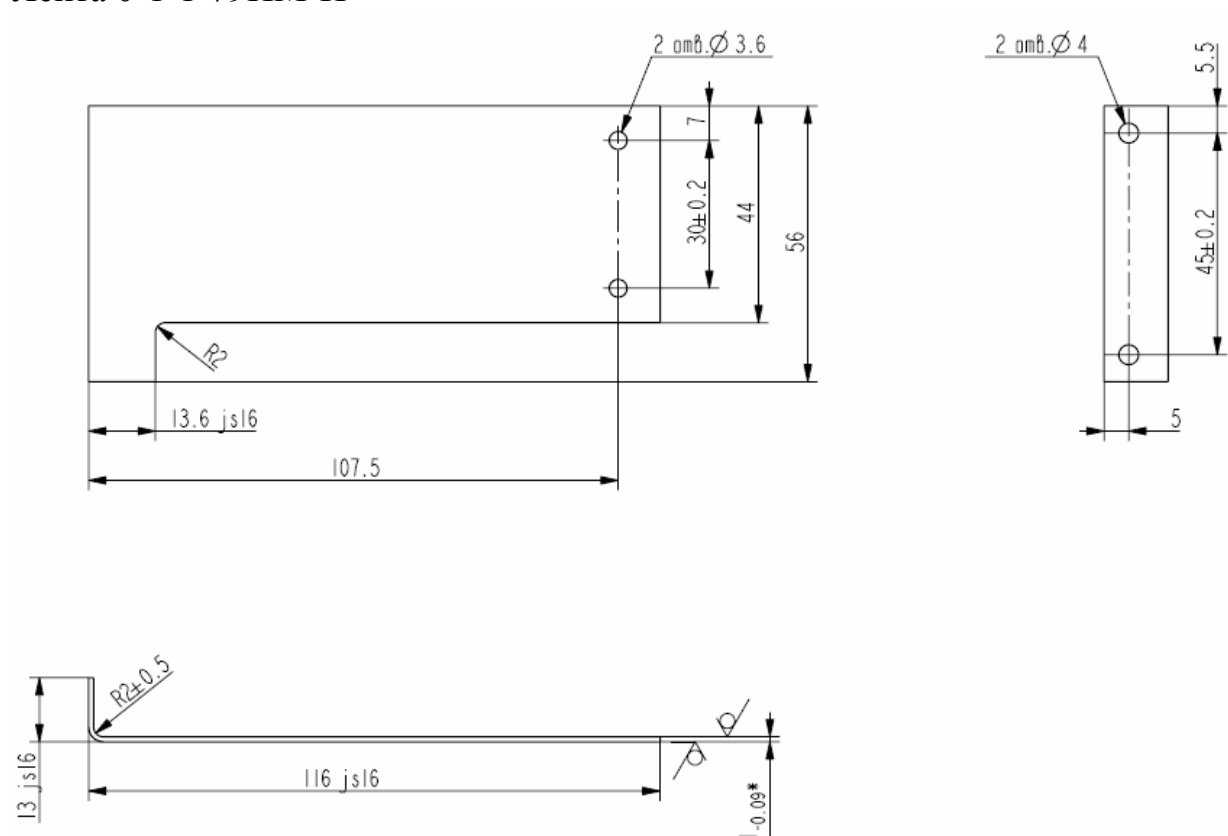
Угольник

Сплав АМц.М3 ГОСТ 21631-76



1. * Размер для справок.
2. Предельные отклонения размеров по диагонали между осями двух любых отв. $A \pm 0,16$ мм.
3. Покрытие: Ан.Окс.нхр.
4. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 9
Угольник
 Лента 0-1-1-79НМ-Н

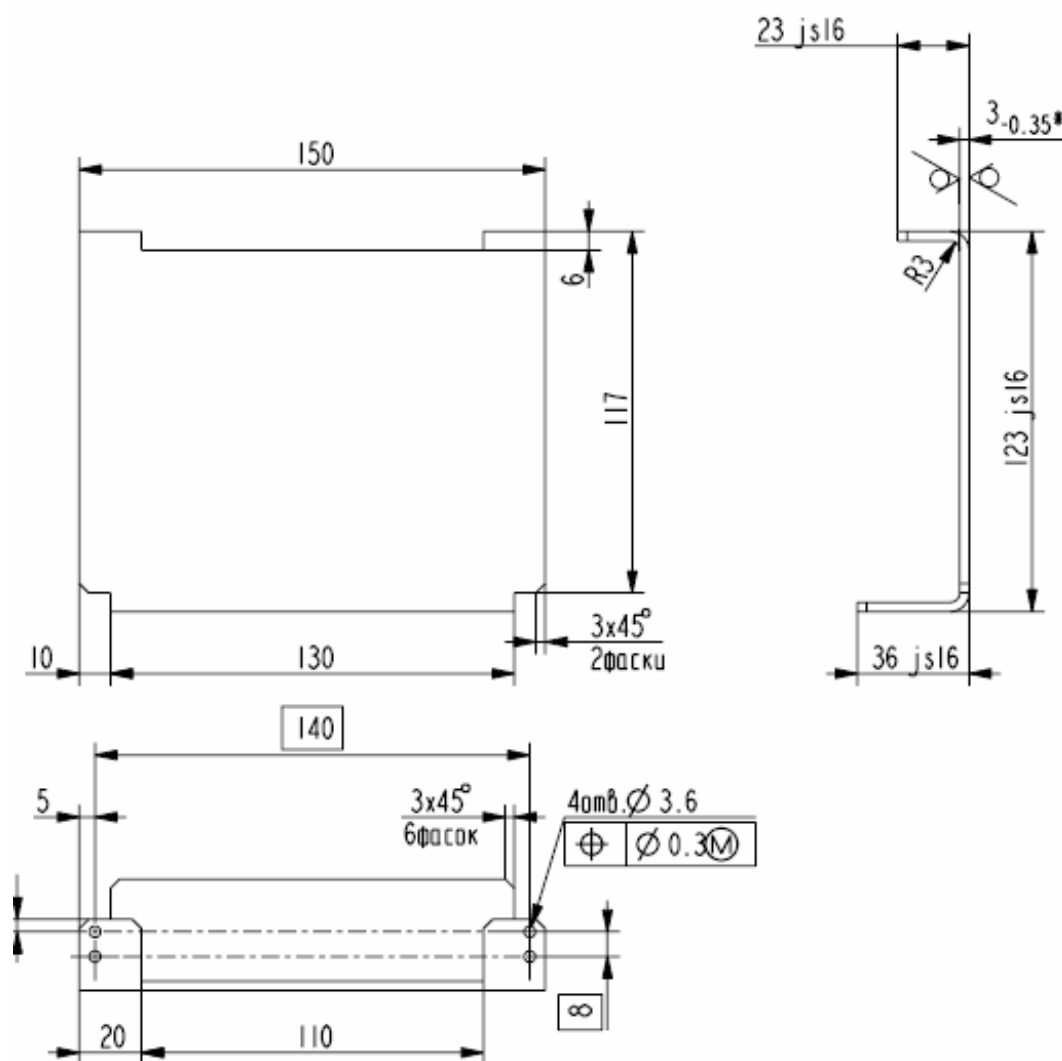


1. *Размер для справок.
2. Термическая обработка по ГОСТ 10160-75.
 Максимальная магнитная проницаемость не менее 150000 Гс/Э.
 Проверку производить по КФ.25203.00007 на образцах-свидетелях.
3. Покрытие: Эмаль ПФ-115 светло-серая. IV.OM3.
4. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 10

Угольник

Лист Амц МЗ ГОСТ 21631-63

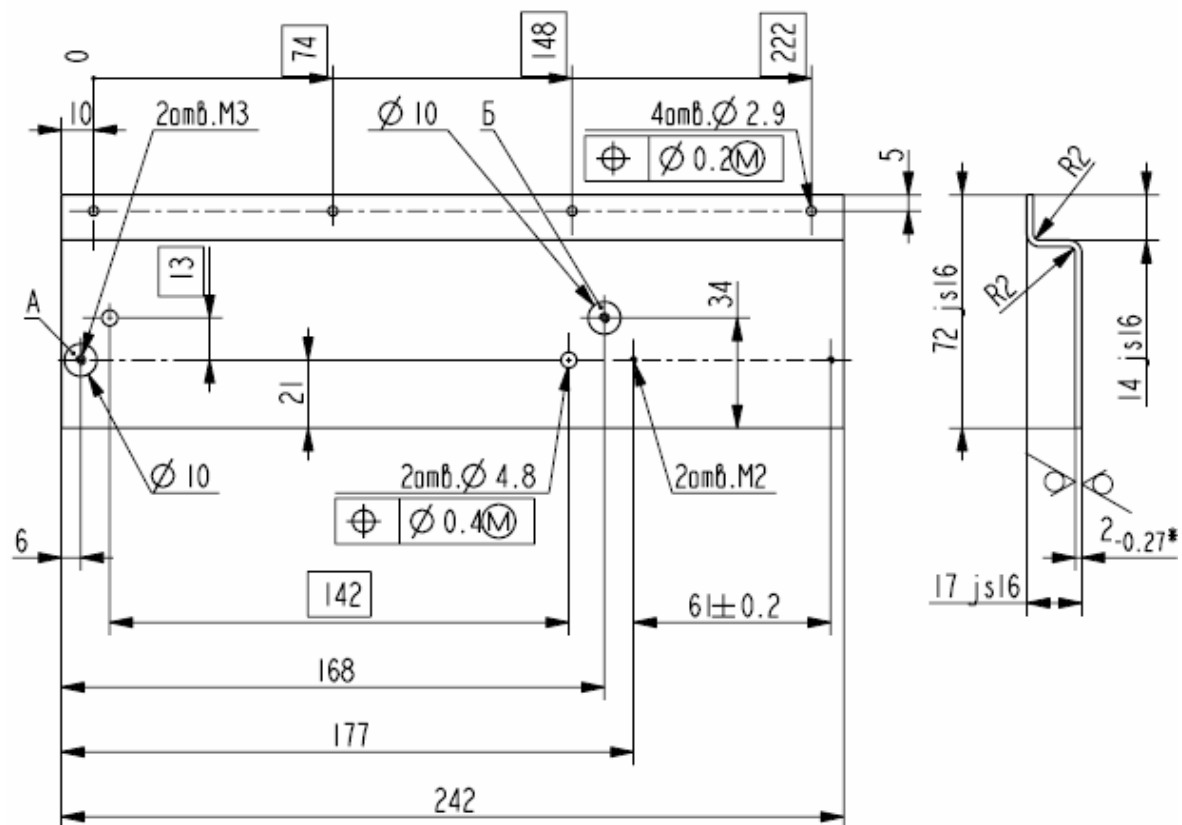


1. *Размер для справок.
2. Покрытие: Ан. Окс. зпт.
3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 11

Угольник

Лист АМц М2 ГОСТ 21631- 63

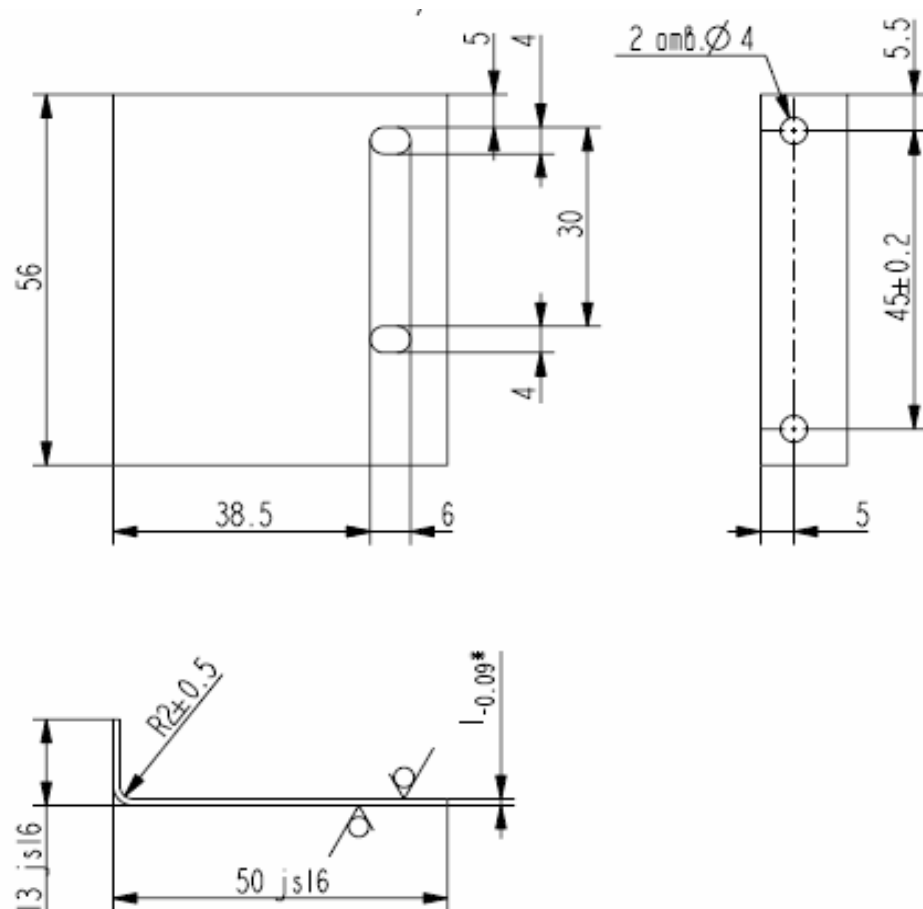


1. *Размер для справок.
2. Поверхность А и Б зачистить $\sqrt{Ra 5}$ глубиной не более 0,2мм.
3. Покрытие: Ан. Окс. эмт., кроме поверхностей А и Б.
4. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 12

Угольник

Лента 0-1-1-79НМ-Н

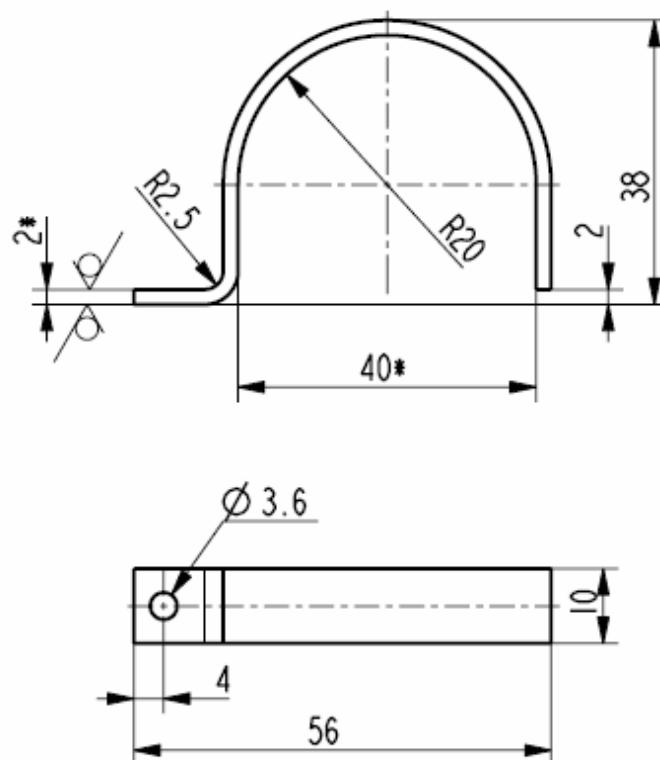


1. *Размер для справок.
2. Термическая обработка по ГОСТ 10160-75.
Максимальная магнитная проницаемость не менее 150000 Гс/З.
Проверку производить по КФ.25203.00007 на образцах-свидетелях.
3. Покрытие: Эмаль ПФ-115 светло-серая. IV.OM3.
4. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 13

Скоба

Лист АМц М2 ГОСТ 21631- 63

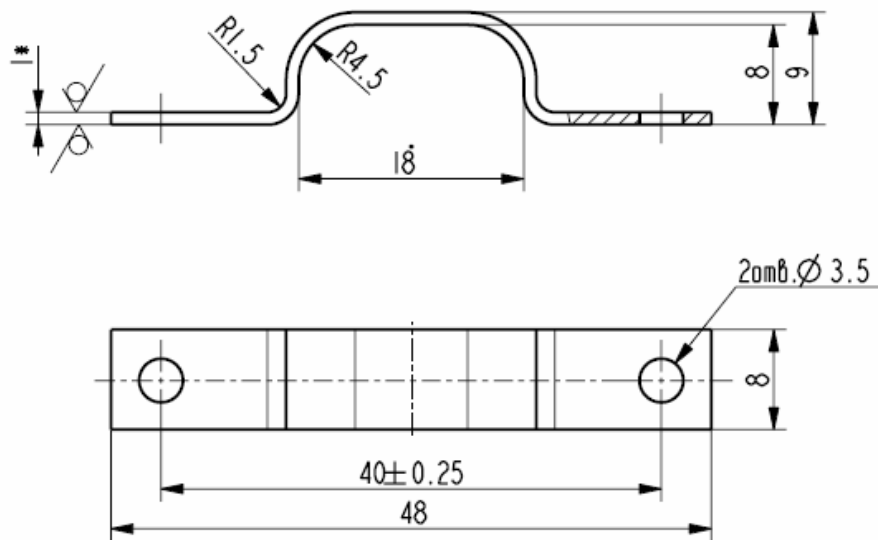


1. * Размеры для справок.
2. Покрытие: Ан.Окс.нхр.
3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 14

Скоба

Лист АМц М1 ГОСТ 21631- 63

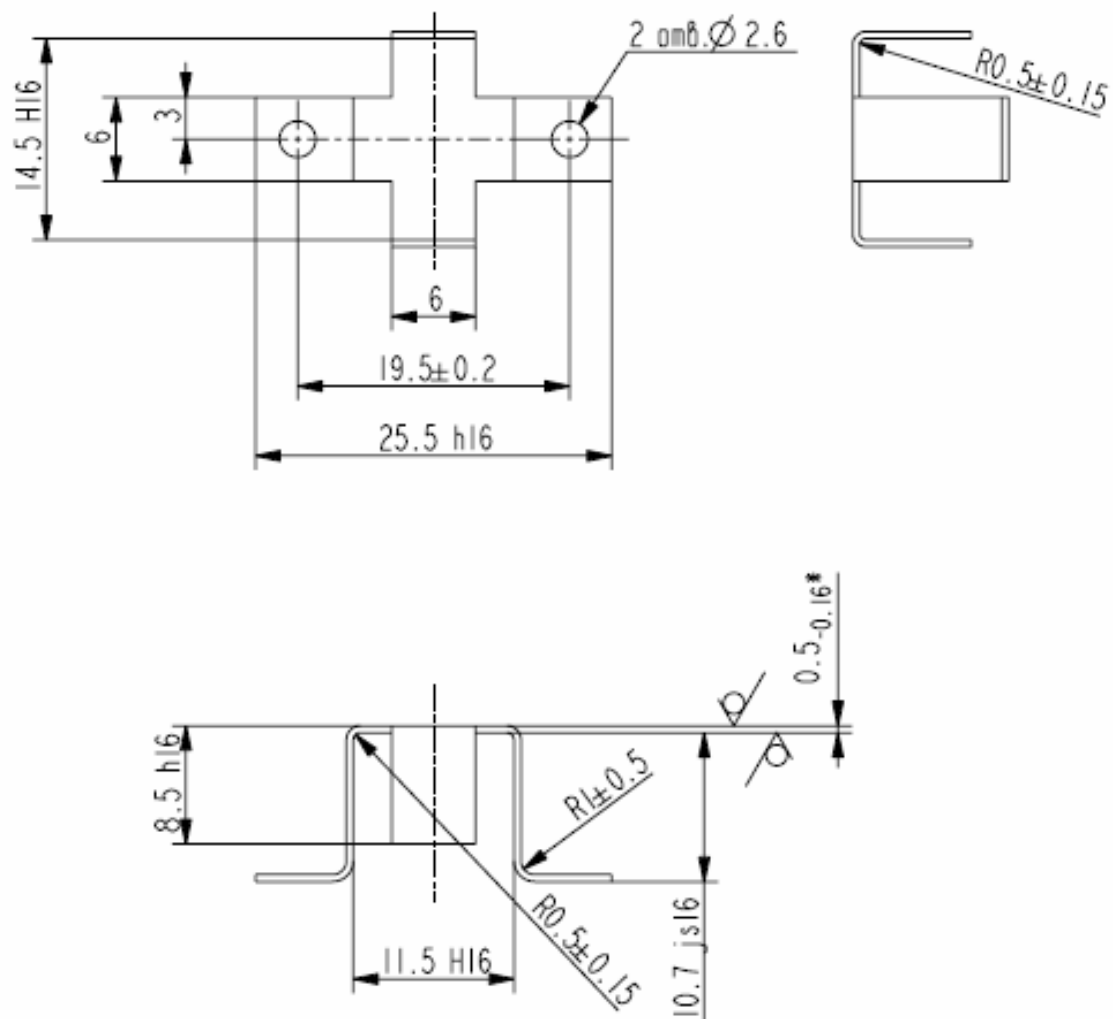


1. * Размер для справок.
2. Покрытие: Кd24.хр.
3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 15*

Скоба

АМц М0,5 ГОСТ 21631- 76



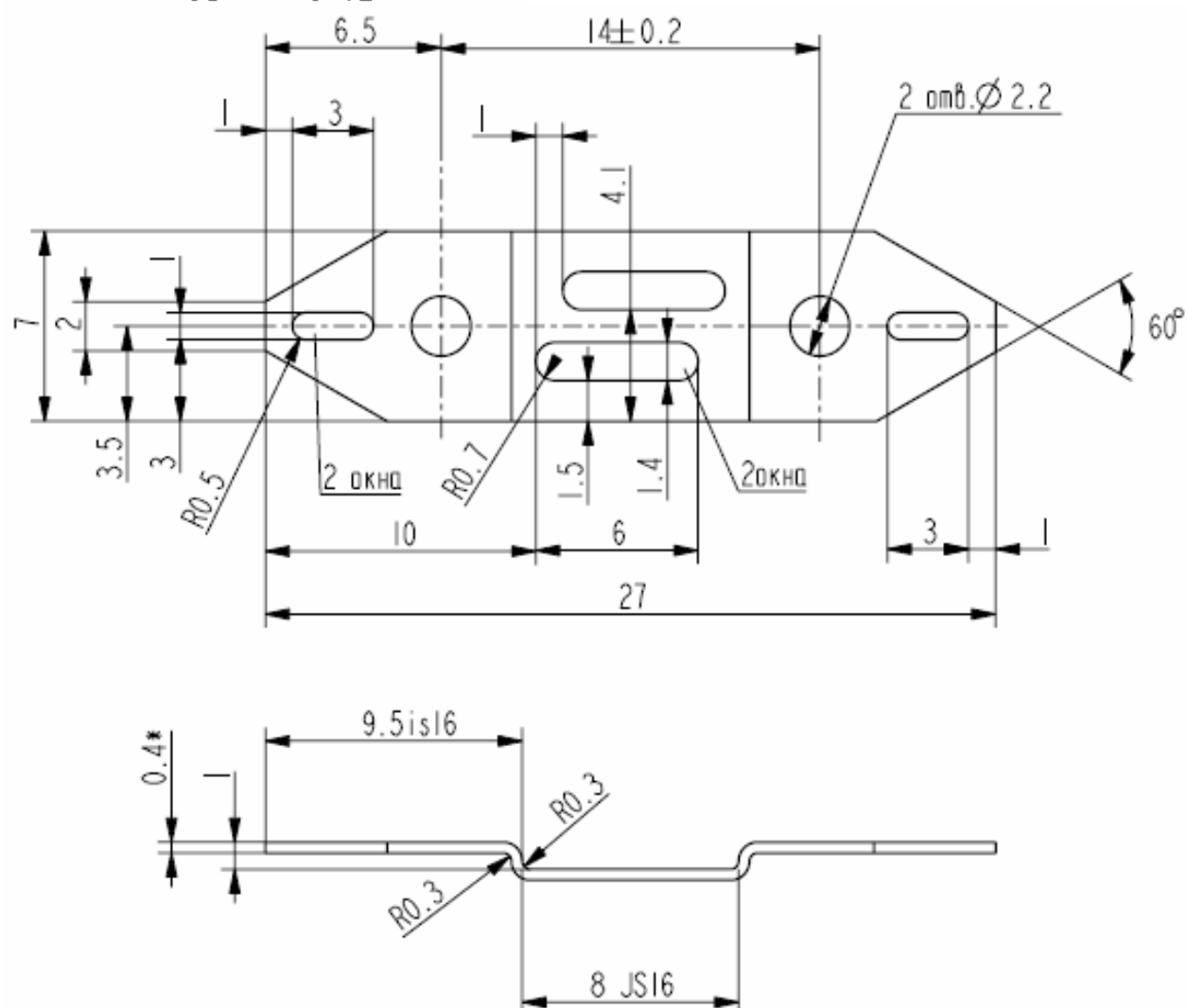
1. *Размер для справок.
2. Покрытие: Ан.Окс.нхр.
3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 16

Скоба

Лента ДПРНТ 0,4 БР.КМцЗ-1

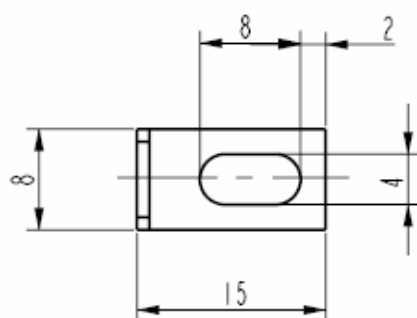
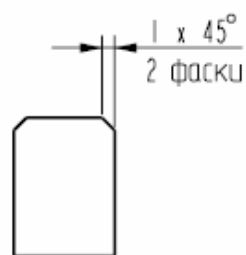
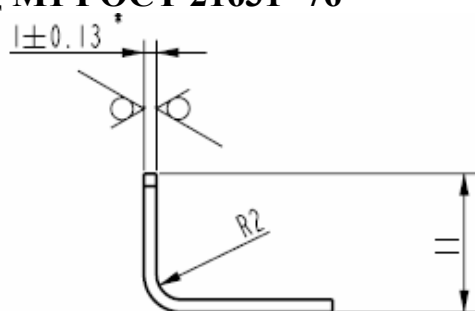
ГОСТ 4748-92



Варианта 17

Скоба

АМц М1 ГОСТ 21631-76



1. * Размер для справок.

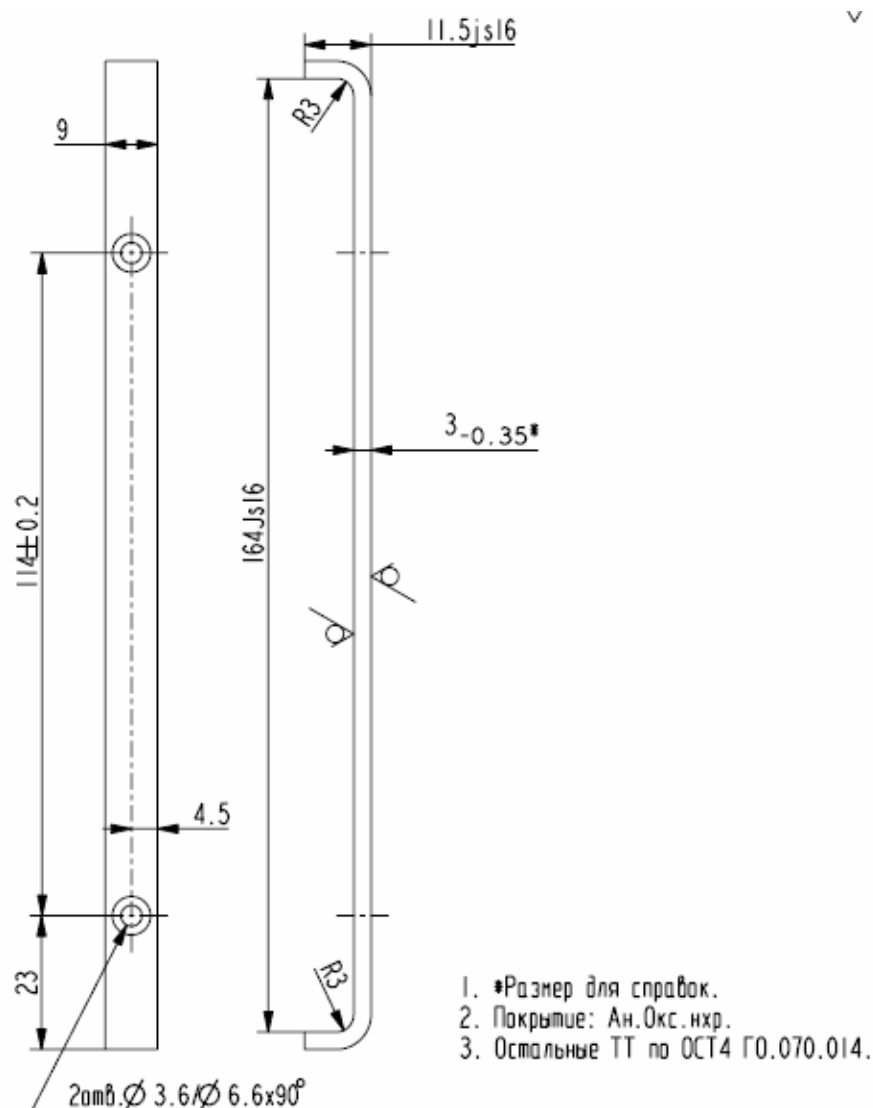
2. Покрытие: Ц9.хр.

3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 18

Скоба

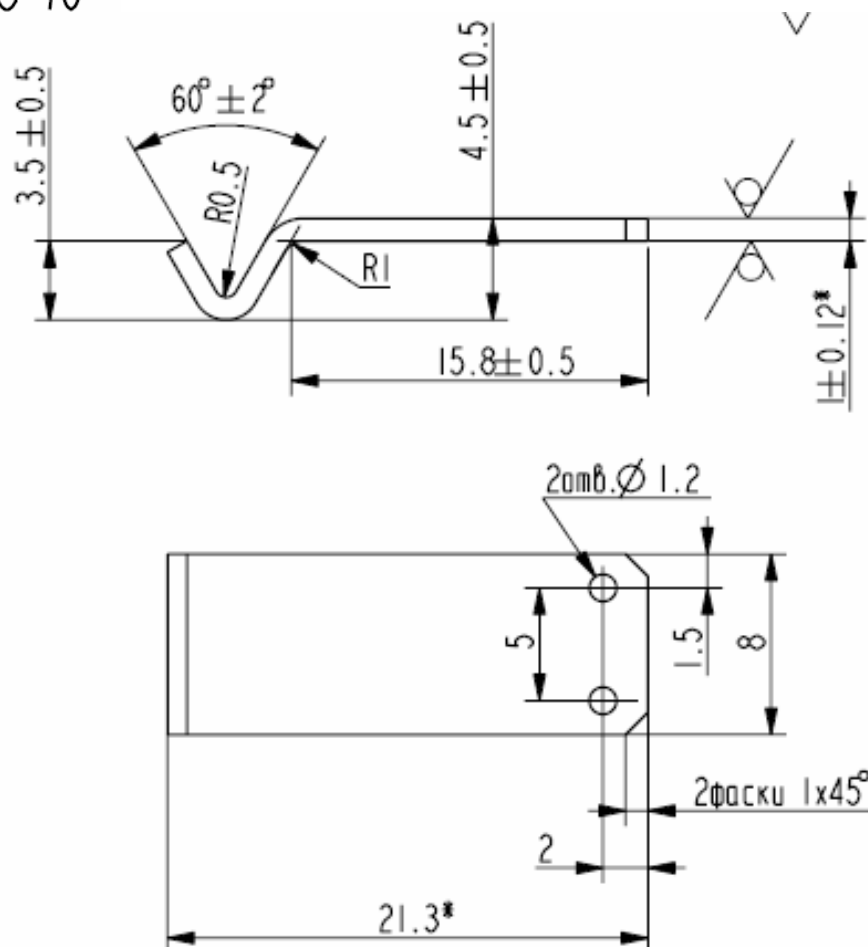
АМЦ МЗ ГОСТ 21631-76



Скоба

Лусм ВТІ-0 1

ГОСТ 22178-76



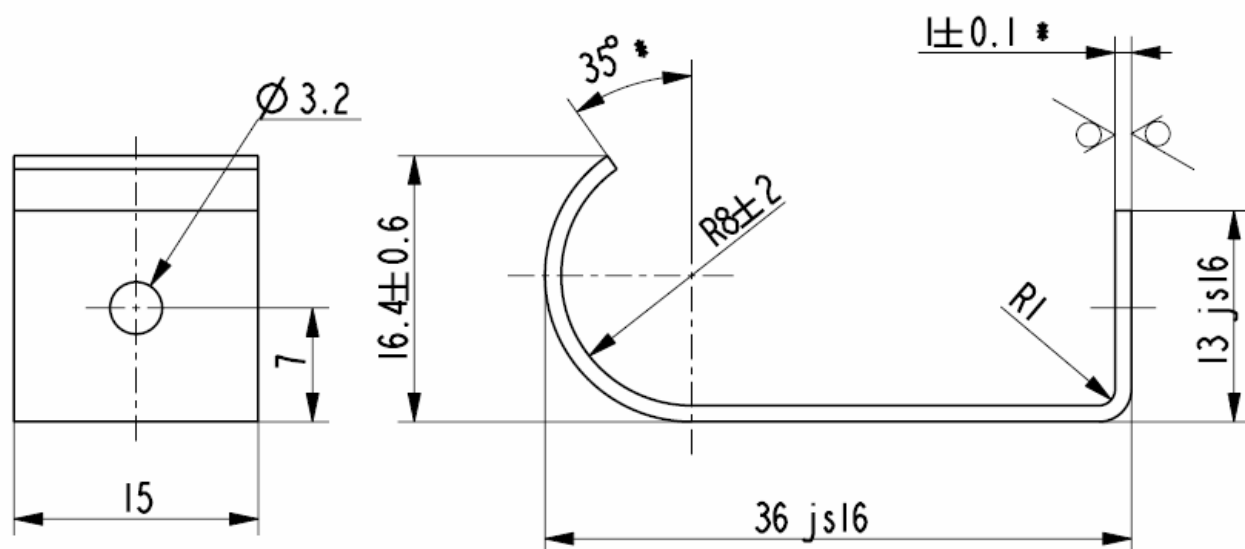
1. * Размеры для справок.
2. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Вариант 20

Скоба

АТ-ПУ-1 ГОСТ 19904-90

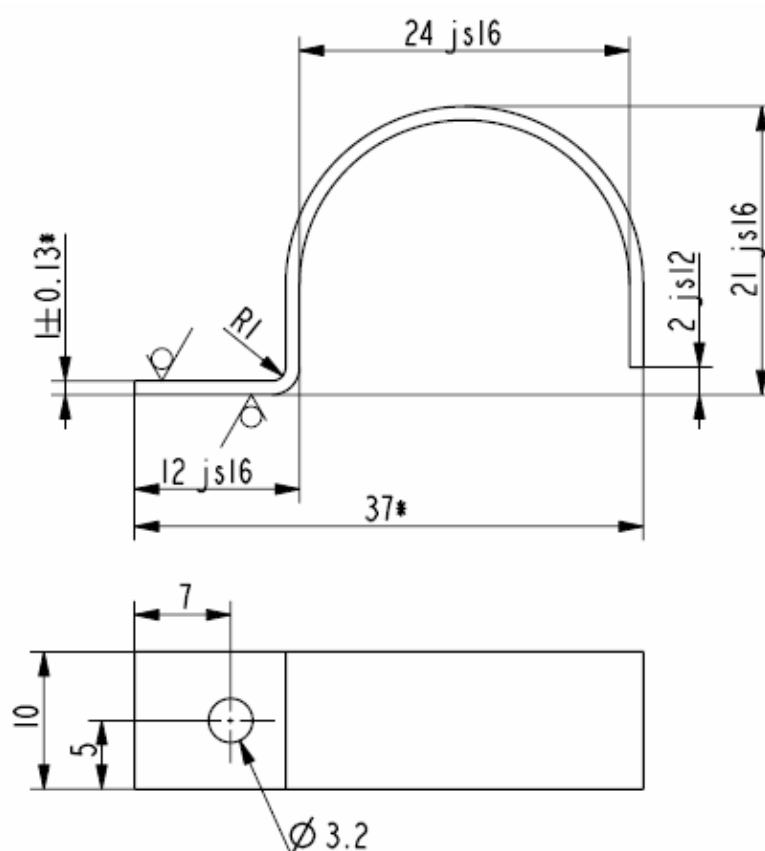
Лист
12X18H10T ГОСТ 5582-75



Вариант 21

Скоба

АМц М1 ГОСТ 21631-76



1. * Размеры для справок.

2. Покрытие: Ц9.хр.

3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

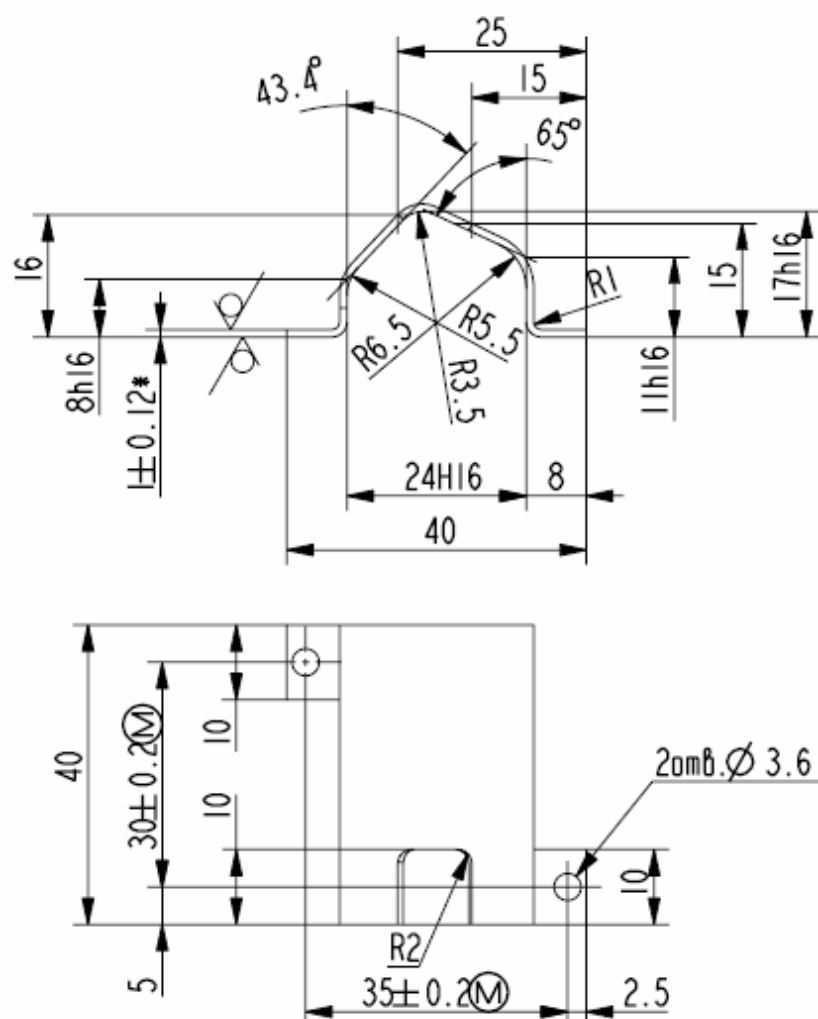
Вариант 22

Скоба

Б-ПУ-1 ГОСТ 19903-74

Лист

3-Ш-См3 ГОСТ 16523-97



1. *Размер для справок.
2. Покрытие: Ц15.хр. \ Эмаль ХС-527, черная. IV.OM3.
3. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

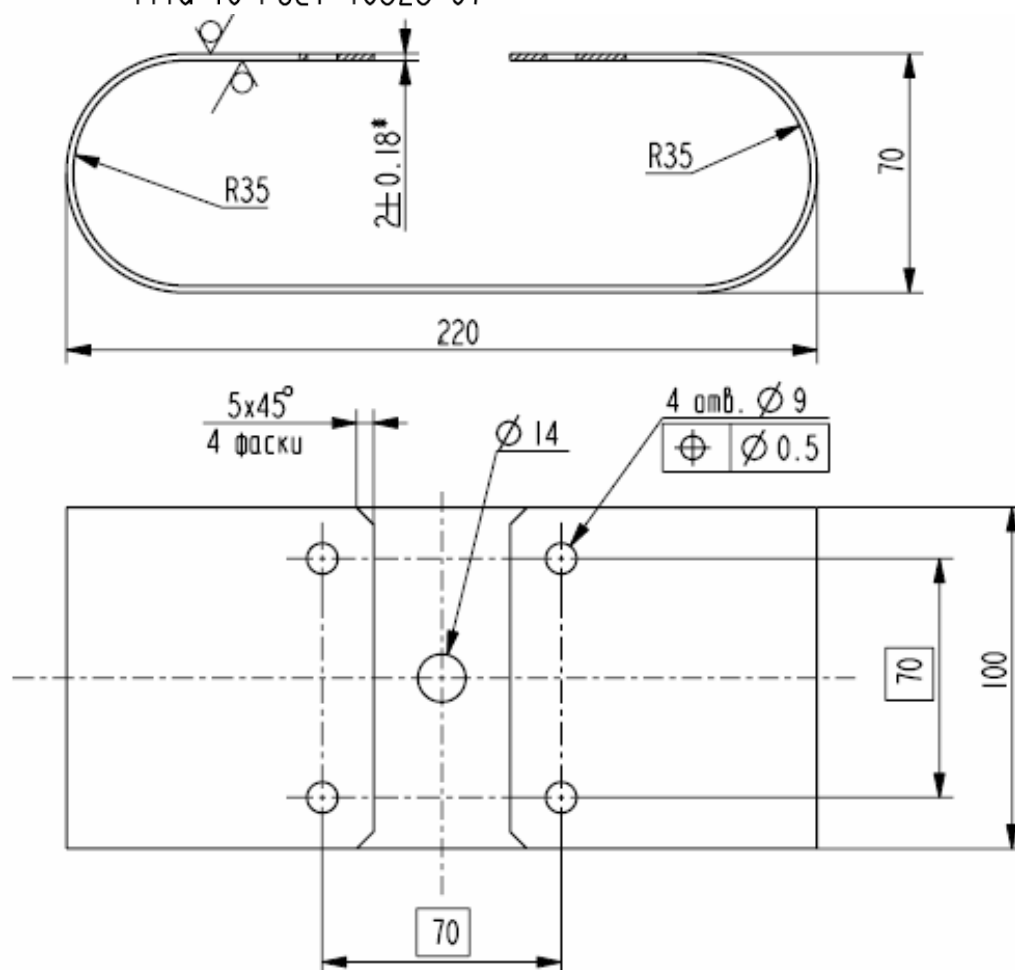
Вариант 23

Скоба

БТ-ПН-0-2 ГОСТ 19904-90

Лист -----

IIIa-10 ГОСТ 16523-97



1. * Размер для справок.

2. Покрытие: эмаль ПФ-115 светло-серая III. ОМЗ.

3. Размеры на гибку выполнять по 16-му качеству.

4. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

Приложение 2

Справ. N

Перв. примен.
ДННЯ.401229.002

10
✓ (M)

1. *Размер для справок.

2. H16, h16, i3/2.

3. Покрытие: Ц6.хр.

4. Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.014.

ДННЯ.745381.003

Изм.	Лист	N докум.	Дата
Р	Петренко	05.03.2007	
П	Никитин	05.03.2007	
Т	Надежин	22.03.2007	
НК	Каневская	13.04.2007	
У	Никитин	05.03.2007	

Скоба

Лит.	Масса	Масштаб
	0.03	1:1
Лист 1		Листов 1

Лист БТ-ПН-0-2 ГОСТ 19904-90
IIIa-08nc ГОСТ 16523-97

2.ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

2.1. Влияние параметров режимов резания на геометрическую точность деталей приборов

Понятие о геометрической точности изделий

Обеспечение заданной точности детали – основное требование к технологическому процессу. Под точностью обработки понимают степень соответствия изготовленной детали требованиям чертежа и технических условий.

Геометрическая точность деталей складывается из:

- точности выполнения размеров;
- точности геометрической формы (степень соответствия размеров в осевом и поперечном сечениях геометрической форме);
- точности взаимного расположения обрабатываемых поверхностей.

При разработке технологического процесса изготовления детали для обеспечения требуемой точности обработки необходимо учитывать факторы, влияющие на точность обработки. К ним относятся:

- 1) силовые (возникающая при резании сила сопротивления);
- 2) температурные (возникающая в зоне резания теплота резания);
- 3) точностные (точность станка, точность изготовления режущего, вспомогательного и измерительного инструмента, точность установки заготовки и т.п.).

В данной лабораторной работе лишь кратко рассматривается влияние температурного фактора, а основное внимание уделяется рассмотрению наиболее важного по степени влияния на точность силового фактора.

Силы резания при механообработке заготовок

Для разных видов обработки направление и величина силы резания будут различны, поэтому, не имея возможности рассматривать все из них, в данном пособии рассмотрим силы резания, возникающие при токарной обработке, а именно при наружном продольном точении прутка проходными резцами. И так как на точность обработки влияет скорее не сама сила резания, а соотношение этой силы к жесткости технологической системы, то рассмотрим еще и упругие отжатия, вызываемые силой резания.

Силы, действующие на резец

Материал в процессе обработки сопротивляется срезанию (скалыванию), и возникает сила сопротивления резанию (давление стружки), действующая на резец. Эта сила складывается из силы сопротивления металла разрыву в момент скалывания, силы сопротивления стружки завиванию и силы трения на рабочих поверхностях резца.

Сила сопротивления резанию направлена перпендикулярно передней поверхности резца (по которой сходит стружка). Положение передней поверхности резца в пространстве зависит от сочетаний переднего угла и угла наклона режущей кромки (число сочетаний безгранично), поэтому направление действия сопротивления резанию R (направление вектора силы) неопределенно.

Принято рассматривать не саму силу сопротивления, а ее проекции на три выбранные оси – составляющие силы сопротивления резанию.

Вертикальная или тангенциальная составляющая, P_z , действует вертикально вниз, т.е. лежит в плоскости резания (ее вектор совпадает с вектором скорости резания). Эта сила стремится согнуть, сломать резец, поэтому расчет резца на прочность ведут по силе P_z . Реактивная сила P_z^1 , действующая со стороны резца на заготовку, препятствует вращению заготовки, создавая момент резания:

$$M_{рез} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, [\text{Нм}]. \quad (2.1.1)$$

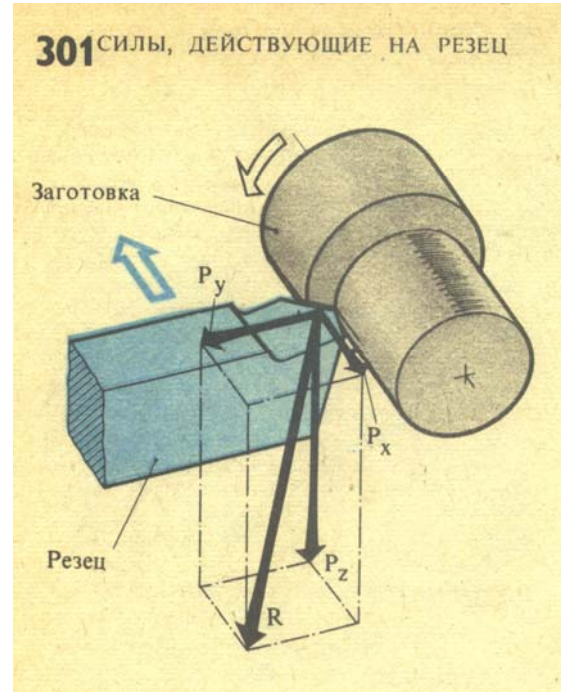
На его преодоление расходуется крутящий момент, прикладываемый к шпинделю станка от электродвигателя.

Горизонтальная составляющая – осевая сила, или сила подачи, P_x направлена в сторону, противоположную направлению подачи, и препятствует движению подачи. По этой силе рассчитывают механизм подачи станка.

Вторая горизонтальная составляющая, или радиальная, сила P_y направлена вдоль оси резца, отжимает резец от заготовки и воспринимается болтами резцедержателя. Реактивная сила P_y^1 отжимает заготовку. По силе P_y рассчитывают жесткость крепления заготовки, определяют, необходима ли установка люнета.

Силы P_z , P_x и P_y взаимно перпендикулярны. Суммарная сила сопротивления резанию является их геометрической суммой.

Наибольшую величину имеет сила P_z . При остро заточенном резце примерное соотношение сил $P_z : P_y : P_x = 1 : 0,4 : 0,25$.



Влияние различных факторов на силу резания

На величину силы сопротивления резания влияют:

- 1) обрабатываемый материал; чем тверже обрабатываемый материал, чем выше его механическая прочность (характеризуемая пределом

прочности σ_s и твердостью НВ), тем выше сопротивление резанию, тем больше сила резания;

2) площадь среза $F=tS$ [мм²]; с увеличением площади сечения среза сила резания возрастает; если при этом увеличение сечения среза происходит за счет увеличения глубины, то сила резания возрастает пропорционально глубине резания, а при увеличении подачи – несколько медленнее;

3) геометрия резца:

а) главный угол в плане; с его уменьшением сила резания возрастает, так как при этом увеличивается угол заострения резца. Однако эти изменения силы резания незначительны, и при практических расчетах ими пренебрегают;

б) радиус закругления вершины; при его увеличении сила резания возрастает, но незначительно, что позволяет при практических расчетах не учитывать влияние радиуса закругления на процесс резания.

Затупление резца вызывает увеличение силы резания. При затуплении, характеризуемом износом по задней поверхности, равным 2 мм, сила резания возрастает примерно на 10%.

4) скорость резания.

Рациональная скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_{\text{общ}}, \quad (2.1.2)$$

где C_v - коэффициент, зависящий от вида обработки и обрабатываемого материала; T – заданная стойкость инструмента, мин; m – показатель относительной стойкости ($m=0,125$ – для резцов из быстрорежущей стали, $m=0,2$ – для твердосплавных резцов); t – глубина резания, мм; s – величина подачи, мм/об; x – дробный показатель степени при глубине резания; y – дробный показатель степени при подаче; $K_{\text{общ}}$ – общий поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия работы.

$$K_{\text{общ}} = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Hv} \cdot K_{\text{сожв}}, \quad (2.1.3)$$

где K_{Mv} - коэффициент, учитывающий механические свойства обрабатываемого материала: с увеличением предела прочности коэффициент уменьшается; K_{Pv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности; K_{Hv} - коэффициент, материал инструмента; $K_{\text{сожв}}$ - коэффициент, зависящий от качества СОЖ (только для быстрорежущих резцов): чем лучше охлаждается резец, тем выше коэффициент.

Применение при резании смазочно-охлаждающих жидкостей понижает силу резания. При этом, чем выше смазывающая способность жидкости, тем значительнее уменьшение силы резания.

При использовании среднестатистических величин скорости резания ее влияние на силу резания минимально, это видно по значению показателя

степени при скорости в формуле для силы резания (см. далее) – показатель близок к нулю.

Влияние остальных факторов таких, как вспомогательный угол в плане, угол наклона главной режущей кромки, главный задний угол и др., незначительно и может не учитываться.

Определение силы резания.

При наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении (при отрезании, прорезании и фасонном точении t – длина лезвия резца) составляющие силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{Z,Y,X} = 10C_p t^x S^y v^n K_{\text{общ}} \dots \dots \dots (2.1.4)$$

(Н),

$$K_{\text{общ}} = K_{MP} K_{\phi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} K_{RP} K_{\text{созжP}}, \quad (2.1.5)$$

где K_{MPz} – коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого металла; чем выше предел прочности δ_B или твердость HB обрабатываемого металла, тем большее сопротивление резанию он оказывает: растет так называемое удельное давление резанию, т.е. сила сопротивления резанию, приходящаяся на 1 мм² сечения стружки; с увеличением предела прочности и твердости увеличивается и поправочный коэффициент;

$K_{MP} K_{\phi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} K_{RP}$ – коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части резца;

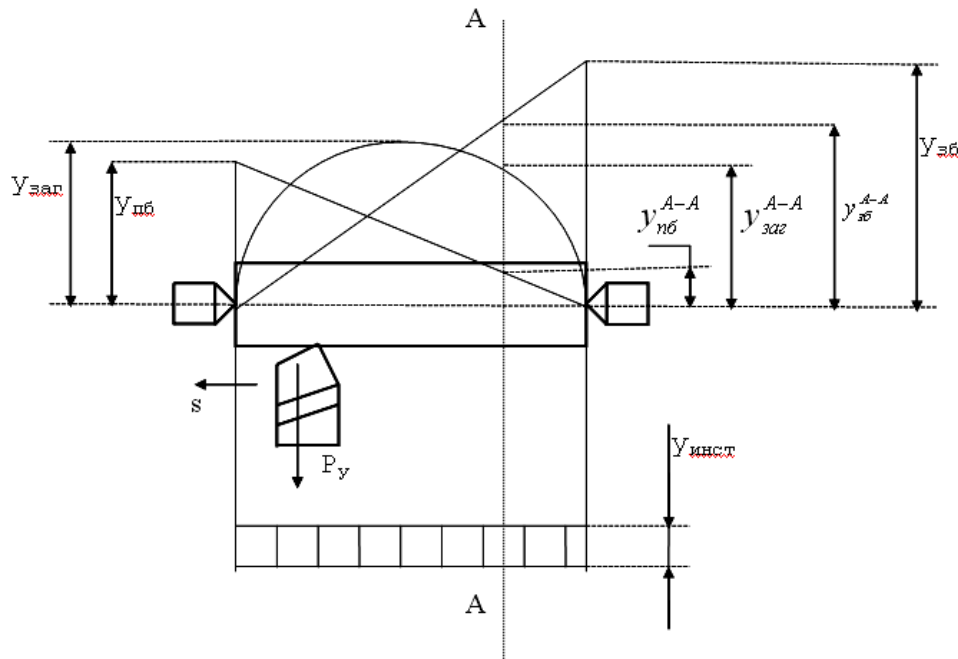
$K_{\text{созжPz}}$ – коэффициент, зависящий от свойств смазочно-охлаждающей жидкости. Чем лучше эти свойства, тем меньше трение на рабочих поверхностях резца, тем меньше сила резания.

Таблицы со значениями коэффициентов приведены в приложениях 1, 2.

Жесткость ТС и явление прогиба заготовки

Под жесткостью технологической системы (ТС) подразумевается способность этой системы оказывать сопротивление действию деформирующих её сил.

Рассмотрим пример – обработку гладкого вала в центрах на токарном станке.



В начальный момент, когда резец находится у правого конца вала, вся нормальная составляющая P_y усилия резания передается через заготовку на задний центр, пиноль и заднюю бабку станка, вызывая упругую деформацию названных элементов в направлении «от рабочего». Это приводит к увеличению расстояния от вершины резца до оси вращения заготовки на величину $y_{зб}$ и к соответствующему возрастанию радиуса обработанной заготовки.

Одновременно происходит упругое отжатие $y_{инстр}$ резца и суппорта в направления «на рабочего». Таким образом, в начальный момент диаметр обработанной поверхности фактически оказывается больше установленного при настройке на величину $\Delta = 2(y_{зб} + y_{инстр})$.

При дальнейшей обточке, т.е. перемещении резца от задней бабки к передней, отжатие задней бабки уменьшается, но возникает отжатие передней бабки $y_{пб}$ и заготовки $y_{заг}$. Следовательно, в некотором сечении А-А фактический диаметр обтачиваемой заготовки оказывается равным:

$$d_{факт}^{A-A} = d_{настр}^{A-A} + 2(y_{зб}^{A-A} + y_{пб}^{A-A} + y_{инстр}^{A-A} + y_{заг}^{A-A}) \quad \dots (2.1.6)$$

Поскольку упругие отжатия элементов технологической системы (ТС) (кроме $y_{инстр}$) изменяются по длине обрабатываемой заготовки, её диаметр, а, следовательно, и форма, оказываются переменными по длине.

Жесткость j ТС определяется следующим образом:

$$j = \frac{P_y}{y} \text{ или } j = \frac{\Delta P_y}{\Delta y}. \quad (2.1.7)$$

Иногда удобнее пользоваться понятием податливости:

$$\omega = \frac{1}{j}, \quad \omega = \frac{y}{P_y} \quad (2.1.8)$$

поскольку всегда

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n,$$

$$\frac{1}{j} = \frac{1}{j_1} + \frac{1}{j_2} + \frac{1}{j_3} + \dots + \frac{1}{j_n},$$

где ω_i и j_i - податливость и жесткость i -го элемента ТС.

В данной лабораторной работе будем считать жесткость элементов станка и инструмента постоянными, поэтому при расчете общего отжатия заготовки будем учитывать только жесткость заготовки.

Так при обтачивании гладкого вала в центрах можно определить величину его прогиба, как прогиба балки, свободно лежащей на двух опорах. Наибольший прогиб вала по его середине:

$$y_{заг} = \frac{P_y L^3}{48EI}, \quad (2.1.9)$$

где L - длина заготовки, м; E - модуль упругости; I - момент инерции сечения заготовки: для круглого вала $I = 0,05D^4$, м⁴.

Прогиб заготовки в данном случае в любом сечении, расположенном на расстоянии x от передней бабки:

$$y_{заг} = \frac{P_y}{3EI} \cdot \frac{x^2(L-x)^2}{L}. \quad (2.1.10)$$

Для гладкого вала, консольно закрепленного в патроне (рис.1):

$$y_{заг} = \frac{P_y L^3}{3EI}. \quad (2.1.11)$$

Если такой валик подпереть центром задней бабки (рис.1.), то:

$$y_{заг} = \frac{P_y L^3}{100EI}. \quad (2.1.12)$$

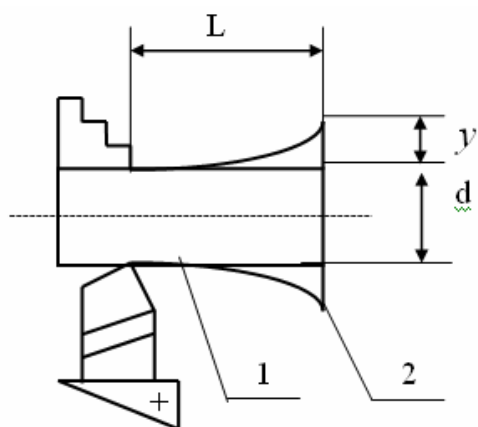


Рис.1

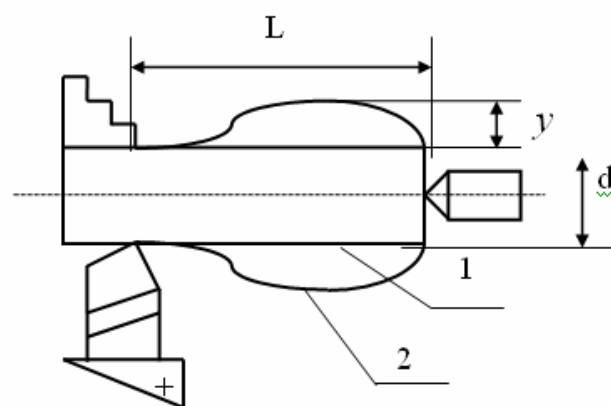


Рис.2

- 1 - теоретические (заданные) образующие вала;
 2 - фактические (полученные) образующие вала.

Тепловые явления в зоне резания

При резании металлов практически вся механическая работа переходит в тепло. Лишь 1 – 5 % работы затрачиваются на измельчение кристаллов и искажение кристаллической решетки обрабатываемого материала. Тепловой баланс образующегося и отводимого тепла имеет вид:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (2.1.13)$$

где Q – теплота, выделяющаяся при стружкообразовании (деформация срезаемого слоя) (1), при трении стружки о переднюю поверхность инструмента (2), при трении задних поверхностей инструмента о заготовку (3); q – тепло, отводимое стружкой (1), заготовкой (2), режущим инструментом (3), окружающей средой (4).

Численные значения составляющих теплового баланса зависят от материала заготовки, метода ее обработки, режима резания, от материала инструмента, его геометрии и других факторов. Исследованиями установлено, что больше всего выделяется тепла в результате деформации срезаемого слоя.

Количество возникающего при резании тепла зависит от затраченной работы, а наибольшая часть ее приходится на снятие стружки. Величина этой работы зависит главным образом от режима резания, следовательно, и количество выделяемого тепла зависит от режима резания. Чем больше скорость резания, глубина и подача, тем больше выделяется тепла.

На распределение тепла q по каналам отвода главным образом влияет скорость резания. Исследования показали, что в основном 50 – 86 % тепла уходит со стружкой, 40 – 10 % переходит в резец, 9 – 3 % остается в детали, а около 1% уходит в окружающую среду. С повышением скорости относительное количество тепла, отводимое стружкой, увеличивается до 80% и более.

В инструмент уходит сравнительно небольшая доля образующегося тепла, однако, находясь непрерывно в зоне резания и обладая малой теплопроводностью, режущая часть инструмента в отдельных местах может нагреваться до 800 – 1000 °С. При его нагревании головка резца удлиняется, вследствие чего диаметр обрабатываемой поверхности (при наружной обработке) уменьшается. Время и величина удлинения резца зависят от ряда условий: режима резания, сечения и вылета резца, материала обрабатываемой детали, охлаждения и пр. С увеличением скорости резания, глубины резания и подачи удлинение резца также увеличивается.

Исследования температурных деформаций обрабатываемой детали показывают, что при увеличении скорости резания и подачи температура детали понижается, а при увеличении глубины резания она повышается. Чем массивнее деталь, тем меньше температурные деформации.

Средняя температура θ на поверхности контакта, называемая температурой резания, в общем виде может быть представлена так:

$$\theta = C_{\theta} v^x s^y t^z, \quad (2.1.14)$$

где коэффициент C_θ и показатели $x, y < x, z < y$ соответственно при скорости v , подаче s и глубине резания t зависят от материала заготовки и инструмента, условий обработки.

Температурные деформации инструмента и заготовки сложным образом влияют на точность размера и формы деталей, что затрудняет применение предупреждающих мер по снижению возникающих погрешностей. Повышение температуры увеличивает вероятность структурных превращений в поверхностном слое обработанной поверхности и в материале инструмента, снижает твердость и износостойкость режущей части.

А так как разброс значений количества тепла отводимого в каждый элемент технологической системы достаточно велик, то практические расчеты теряют всякий смысл, поэтому для определения температуры ее замеряют при помощи различных термопар, путем регистрации инфракрасного излучения или другими методами.

Практическая часть

Цели работы

1. Исследовать зависимость точности изготовления детали от параметров режимов резания, рассматривая влияние режимов обработки, а именно подачи, глубины резания и скорости резания, на величину возникающей силы резания;
2. Учитывая зависимость основного времени обработки от режимов резания, подобрать такие значения s , t , v , которые обеспечили бы минимальное основное время и позволяли бы достичь заданной точности.

Исходные данные

Для всех вариантов задания:

- 1) материал заготовки – сталь 45 с пределом прочности $\sigma_s = 750$ МПа и модулем упругости $E = 200000$ МПа; припуск на обработку $Z_{\text{общ}} = 3$ мм на сторону, количество переходов – 2;
- 2) инструмент – резец проходной правый; материал и геометрия резца выбирается самостоятельно из таблицы 3 приложения 2;
- 3) станок токарно-винторезный 16К20:
диапазон изменения подач s , мм/об $[0,05 - 2,8]$;
частоты вращения шпинделя n , об/мин $[100; 200; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600]$;
скорость резания, м/мин:

$$v = \frac{n\pi D}{1000}, \quad (2.1.15)$$

где n – частота вращения шпинделя, об/мин; D – диаметр заготовки, мм.

Размеры детали и схема закрепления заготовки выбираются согласно варианту по таблице 6 (см. приложение 5).

Порядок выполнения работы

1. Самостоятельно выбрать глубину резания t для первого и второго перехода в пределах заданного припуска $Z_{\text{общ}}$.
2. Рассчитать силу резания P_y по формулам 2.1.4 и 2.1.5 для каждого перехода:
 - а) для 5 разных значений подач, выбранных из заданного диапазона, при постоянной скорости вращения заготовки (определяется по формуле 2.1.15 в зависимости от n), равной среднему значению интервала;
 - б) для 5 разных значений скорости, выбранных из заданного диапазона, при постоянной подаче, значение которой равно среднему значению интервала.
3. Построить зависимости $P_y = f(s)$ и $P_y = f(v)$ для первого и второго перехода.

4. Рассчитать основное время обработки T_0 для каждого перехода по следующей формуле:

$$T_0 = \frac{L}{ns}, \quad (2.1.16)$$

где L – длина пути инструмента, в данном случае принимаемая равной длине заготовки, мм; n – частота вращения шпинделя, об/мин; s – подача, мм/об;

- а) для тех же 5 разных значений подач, выбранных из заданного диапазона, при той же постоянной скорости вращения заготовки (см. пункт 2а), равной среднему значению интервала;
 - б) для тех же 5 разных значений скорости, выбранных из заданного диапазона, при той же постоянной подаче (см. пункт 2б), значение которой равно среднему значению интервала.
5. Построить зависимости $T_0 = f(s)$ и $T_0 = f(v)$ для первого и второго перехода.
6. По построенным зависимостям выбрать оптимальные режимы резания, обеспечивающие минимальное суммарное за два перехода основное время обработки (при выборе скорости резания учитывать данные таблицы 4 приложения 3).
7. Рассчитать прогиб заготовки на втором переходе для выбранных режимов и заданного способа закрепления по формулам 2.1.11 и 2.1.12 (обратите внимание на размерность величин в формулах!).
8. Проверить, укладывается ли рассчитанная погрешность диаметра заготовки ($\Delta=2y$) в поле допуска заданного качества (см. таблицу 5 в приложении 4).
9. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы о влиянии параметров режимов резания на геометрическую точность детали.

Приложение 1

1. Значения коэффициента C_p и показателей степени в формулах силы резания при точении

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени в формулах для составляющих												
			тангенциальной P_z				радиальной P_y				осевой P_x				
			c_p	x	y	n	c_p	x	y	n	c_p	x	y	n	
Конструкционная сталь и стальные отливки, $\sigma_B=750$ МПа	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	300	1,0	0,75	-0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4	
		Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	384	0,90	0,90		355	0,6	0,8		241	1,05	0,2		
		Отрезание и прорезание	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	-	
		Нарезание резьбы	148	-	1,7	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Быстрорежущая сталь	Наружное продольное точение, подрезание и растачивание	200	1,0	0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0	
		Отрезание и прорезание	247		1,0		-	-	-	-	-	-			
		Фасонное точение	212		0,75		-	-	-	-	-	-			
Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т, 141 НВ	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	204												

Продолжение табл.1

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени в формулах для составляющих											
			тангенциальной P_z				радиальной P_y				осевой P_x			
			c_p	x	y	n	c_p	x	y	n	c_p	x	y	n
Серый чугун, 190 HB	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
		Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	123		0,85		61	0,6	0,5		24	1,05	0,2	
		Нарезание резьбы	103	-	1,8	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-
	Быстро-режущая сталь	Отрезание и прорезание	158	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ковкий чугун, 150 HB	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	81	1,0	0,75	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0
			100				88				40	1,2	0,65	
		Отрезание и прорезание	139		1,0									
Медные гетерогенные сплавы, 120 HB	Быстро-режущая сталь	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	55	1,0	0,66		-	-	-	-	-	-	-	-
		Отрезание и прорезание	75		1,0									
Алюминий и силумин		Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	40	1,0	0,75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Отрезание и прорезание	50		1,0	-								

Приложение 2.

2. Поправочный коэффициент K_{MP} для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени n при определении составляющей силы резания при обработке резцами
Конструкционная углеродистая и легированная сталь σ_B , МПа: ≤ 600 > 600	$K_{MP}=(\sigma_B/750)^n$	0,75/0,35 0,75/0,75
Серый чугун	$K_{MP}=(HB/190)^n$	0,4/0,55
Ковкий чугун	$K_{MP}=(HB/150)^n$	0,4/0,55

Примечание. В числителе приведены значения показателя степени n для твердого сплава, в знаменателе - для быстрорежущей стали.

3. Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали и чугуна

Параметры		Материал режущей части инструмента	Поправочные коэффициенты			
Наименован ие	Величи на		Обозна чение	Величина коэффициента для составляющих		
				тангенциально й P _z	радиальн ой P _y	осевой P _x
Главный угол в плане φ°	30	Твердый сплав	K _{φр}	1,08	1,3	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,5	1,17
	30	Быстрорежущая сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,0	1,0	1,00
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
Передний угол γ°	-15	Твердый сплав	K _{γр}	1,25	2,0	2,0
	0			1,1	1,4	1,4
	10			1,0	1,0	1,0
	12 - 15 20 - 25	Быстрорежущая сталь		1,15 1,0	1,6 1,0	1,7 1,0
Угол наклона главного лезвия λ°	-5	Твердый сплав	K _{λр}	1,0	0,75	1,07
	0				1,0	1,0
	5				1,25	0,85
	15				1,7	0,65
Радиус при вершине r, мм	0,5	Быстрорежущая сталь	K _{гp}	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	4,0			1,10	1,33	

Приложение 3.

4. Средние значения экономической скорости резания для различных инструментов

Инструмент	Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин
Быстрорежущий резец P9K5	Сталь	15 - 50
Твердосплавный резец T15K6	Сталь	100 - 350
Твердосплавный резец BK8	Чугун серый	50 - 200
Алмазный резец	Бронза	500 - 800

Приложение 4.

Таблица 5.

Интервалы размеров, мм	Квалитеты							
	9	10	11	12	13	14	15	16
	Допуски, мкм					Допуски, мм		
$>18 \geq 30$	52	84	130	210	330	0,52	0,84	1,3
$>30 \geq 50$	62	100	160	250	390	0,62	1,00	1,6
$>50 \geq 80$	74	120	190	300	460	0,74	1,20	1,9

Приложение 5.

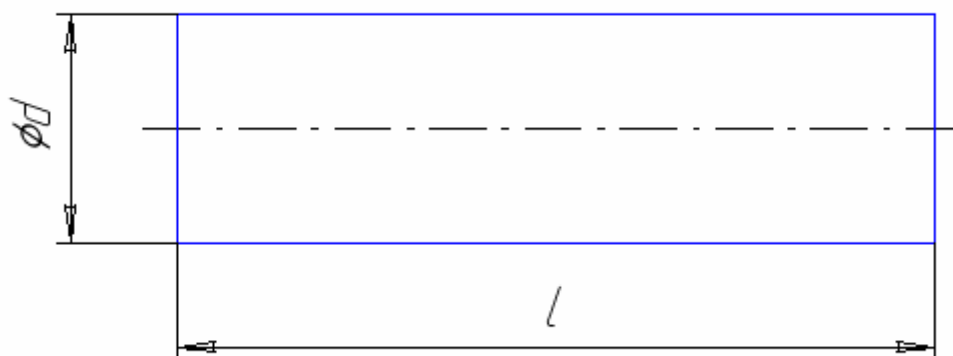


Таблица 6.

Варианты	1	2	3	4	5
d, мм	30h10	30h10	40h10	40h10	50h10
l, мм	100	120	120	160	160
схема закрепления заготовки	рис.1	рис.1	рис.1	рис.2	рис.1
Варианты	6	7	8	9	10
d, мм	30h11	30h11	40h11	40h11	50h11
l, мм	100	120	120	160	160
схема закрепления заготовки	рис.1	рис.1	рис.1	рис.1	рис.1
Варианты	11	12	13	14	15
d, мм	30h12	30h12	40h12	40h12	50h12
l, мм	100	120	120	160	160
схема закрепления заготовки	рис.1	рис.1	рис.1	рис.2	рис.1
Варианты	16	17	18	19	20
d, мм	30h10	40h10	30h11	40h11	30h12
l, мм	120	160	120	160	120
схема закрепления заготовки	рис.2	рис.1	рис.2	рис.2	рис.2

2.2. Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей приборов технологическими методами

2.2.1. Основные термины и определения

К макроотклонениям формы относят единичные, регулярно не повторяющиеся отклонения реальной поверхности от номинальной (выпуклость, вогнутость, конусность и т.д.). Волнистость представляет собой совокупность периодических, регулярно повторяющихся, близких по размерам выступов и впадин, расстояние между которыми значительно больше, чем у неровностей, образующих шероховатость поверхности, и превышает базовую длину L , используемую для оценки шероховатости. Под шероховатостью поверхности совокупность микронеровностей с относительно малым шагом, образующий рельеф поверхности, рассматриваемых в пределах участка, длина которого равна некоторой длине L . Кроме того, на выступах, образующих шероховатость, имеются ещё более мелкие неровности - субмикрошероховатость.

Следует заметить, что между волнистостью и шероховатостью в настоящее время границу проводят условно. Единственным оправданием такого деления могут служить метрологические соображения, так как пока не существует датчика, который бы объединял в себе большой диапазон измерений (от нескольких миллиметров) с хорошей чувствительностью (до 0,001 мкм и выше). [2]

Можно сказать, что макроотклонения - отклонения первого порядка, волнистость - второго порядка, шероховатость - третьего и четвертого порядка, субмикрошероховатость - пятого и шестого.

Форма и размер микронеровностей зависит от кинематической схемы и способа обработки, механических свойств материала и колебаний в технологической системе. Субмикрошероховатость в значительной мере определяется структурой обрабатываемого материала и его напряжённым состоянием. Волнистость образуется главным образом вследствие вынужденных колебаний, возникающих в процессе обработки.

Макроотклонения являются следствием погрешностей, вызванных неточностью изготовления станка и инструмента, а также упругими деформациями, возникающими под влиянием переменной силы резания. [3]

Традиционно для оценки микрогеометрии поверхности пользуются её профилем, представляющим собой сечение поверхности плоскостью, перпендикулярной к этой поверхности и ориентированной в каком-то заданном направлении. Характеристики профиля, отсчитывают по отклонению к средней линии $m-m$ (которая проводится так, чтобы сумма квадратов отклонений от неё точек профиля расположенных выше и ниже средней линии, была минимальной). [4]

Через величину наиболее высокой неровности и дно наиболее низко расположенной впадины проводят линии выступов и впадин, параллельные средней линии $m-m$, рис. 2.2.1.1

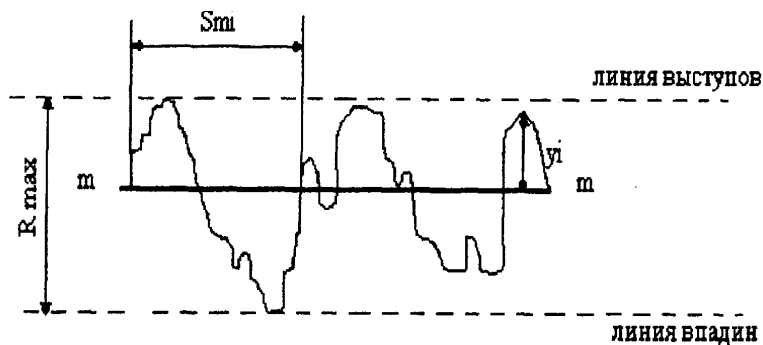


Рис.2.2.1.1.Шероховатость профиля и его характеристики.

R_a -средне арифметическое отклонение профиля:

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx \approx \frac{\sum_0^n |y_i|}{n} \quad (2.2.1.1)$$

R_q - среднеквадратическое отклонение профиля (корень квадратный из суммы квадратов расстояний точек профиля от средней линии):

$$R_q = \left(\frac{1}{l} \int_0^l y_i^2 dx \right)^{0.5} \approx \left(\frac{\sum_0^n y_i^2}{n} \right)^{0.5} \quad (2.2.1.2)$$

R_z - высота неровностей (среднее арифметическое абсолютных отклонений находящихся в пределах базовой длины пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов.):

$$R_z = ((h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10}))/5 \quad (2.2.1.3)$$

R_p - высоты сглаживания (расстояние от линии выступов до средней линии в пределах базовой длины).

R_{max} - наибольшая высота неровностей профиля (расстояние между линией выступов и линией впадин).

Sm - средний шаг неровностей профиля (средне арифметическое значение длин отрезков средней линии, равных расстоянию между двумя соседними пересечениями её со средней линией, в пределах базовой длины).

Tr - относительная опорная длина профиля. Исследование волнистости проводили по тем же параметрам, что и шероховатость: высотным W_{max} , W_a , W_z , W_p , шаговым S_w , форме неровностей волн rw , их направлению, опорной длине профиля tw .

2.2.2. Непараметрические критерии оценки микрогеометрии поверхности

Микрогеометрию случайных нормально распределённых поверхностей, в общем случае, можно описать с помощью трёх (двух) базовых критериев. Однако, среди реальных поверхностей, многие нельзя считать чисто случайными, а последние не всегда являются нормально распределёнными. Поэтому, трудно решить проблему достоверности описания микрогеометрии поверхности с помощью различных комплексных критериев, представляющих различные комбинации из неинформационных критериев.

Поэтому, возникает необходимость лёгкого описания, в производственных условиях, микрогеометрии сложных поверхностей. [2]

В общем случае, микрогеометрия поверхности зависит от многих факторов (режимы резания, качество режущего инструмента, исходные свойства заготовки ...), поэтому её следует рассматривать как реализацию случайного профиля, тогда профиль реальной поверхности есть реализация случайной функции [2].

Следует заметить, что наиболее полную информацию о профиле содержат плотности распределения ординат и углов наклона, а для приближённой оценки вполне достаточно функций распределения ординат и углов наклона профилей. Для оценки одного функционального свойства достаточно одного из графиков.

Суть метода заключается в практическом использовании графиков функции показанных на рис. 2.2.2.1

Рассмотрим этот метод на примере.

Исследуем образцы, работающие на износ, при этом их форма постепенно меняется от (а) к (б) также меняется и функция плотности распределения ординат профиля. Однако, испытания показали, что годными являются профили в промежутке от (а) до (к). Тогда, можно построить шаблон, включающий в себя все функции плотности распределения ординат профиля от (а) к (к), рис. 2.2.2.2.

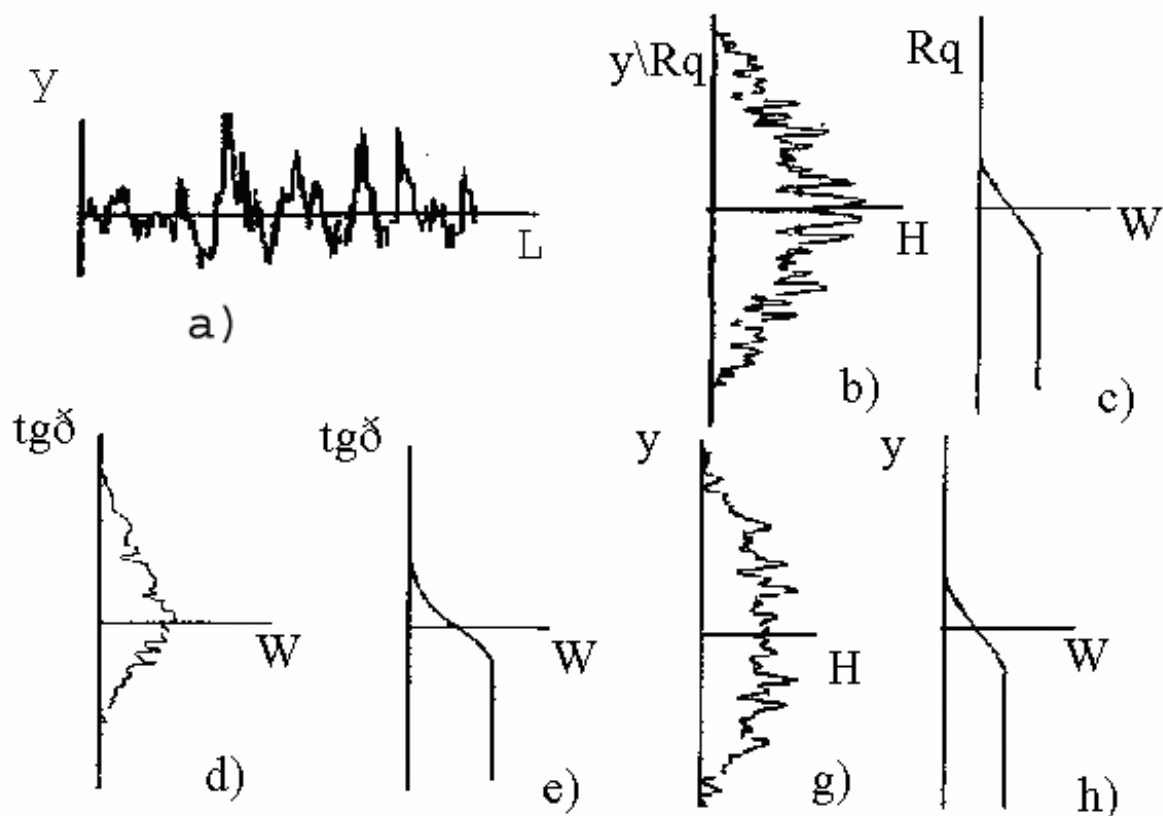


Рис. 2.2.2.1 а) Профиль поверхности; непараметрические критерии оценки; б) плотность распределения ординат безразмерного профиля (H -частьность, шт.; Rq -среднеквадратическое отклонение, мкм.), в) распределение ординат безразмерного профиля (W -вероятность), д) плотность распределения тангенсов углов наклона профиля, е) распределения тангенсов углов наклона профиля, г) плотность распределения ординат профиля (y -отклонение профиля от средней линии, мкм), ж) распределения ординат профиля

Аналогичным образом, можно построить шаблоны для функции плотности распределения тангенсов углов наклона профиля.

Экспериментальным путём для различных видов обработки конкретных материалов, в определённых условиях, можно получить зависимость между непараметрическими критериями оценки микрогеометрии поверхности и параметрами режимов резания. Что даёт возможность технологу обеспечить требования к микрогеометрии поверхности назначенные конструктором.

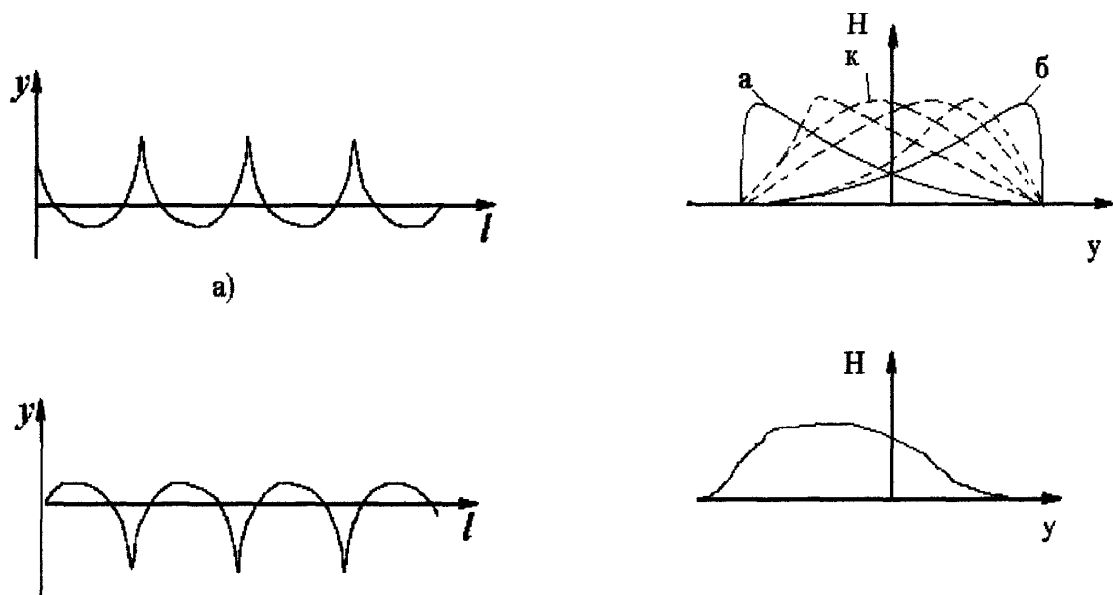


Рис. 2.2.2.2. Схема построения шаблона для контроля микрогеометрии поверхности

Также, при практическом исследовании следует заметить, что удобнее применять безразмерные профили, получаемые делением его ординат на величину Ra или Rq , что избавляет от проблемы связанной с необходимостью строить в одном масштабе профили, ординаты которых колеблются от долей до тысяч мкм.

С помощью этого метода хорошо заметны различия профиля, которые не видны при рассмотрении профилограмм (рис. 2.2.2.3).

Этот метод позволяет определить стационарность поверхности и необходимую длину профиля, для каждого вида обработки. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

И так, стационарность профиля определяют сравнением снятых в различных местах профилограмм, используя для этого непараметрические критерии и в случае положительного результата, утверждают о достаточности одного профиля для того, чтобы охарактеризовать поверхность при данном виде обработки, в данных конкретных условиях.

Необходимую длину профиля определяют сравнением непараметрических критериев для профилей различной длины и, в зависимости от наиболее значимого функционального свойства, (волнистости, шероховатости, ...) выбирают минимально необходимую.

Следует заметить, что непараметрические критерии очень чувствительны к изменениям режимов резания, форме режущего клина, колебаниям технологической системы и т.д.

Итак, для оценки характера поверхностей используют следующие параметрические и непараметрические критерии:

- Функции распределения и плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профилей;
- Функции распределения ординат безразмерного профиля;
- Среднеарифметическое отклонение профиля, Ra ;
- Среднеквадратичное отклонение профиля, Rq ;
- Наибольшее отклонение профиля, Rm ;
- Асимметрия и эксцесс для распределения ординат и тангенсов углов наклона профиля.

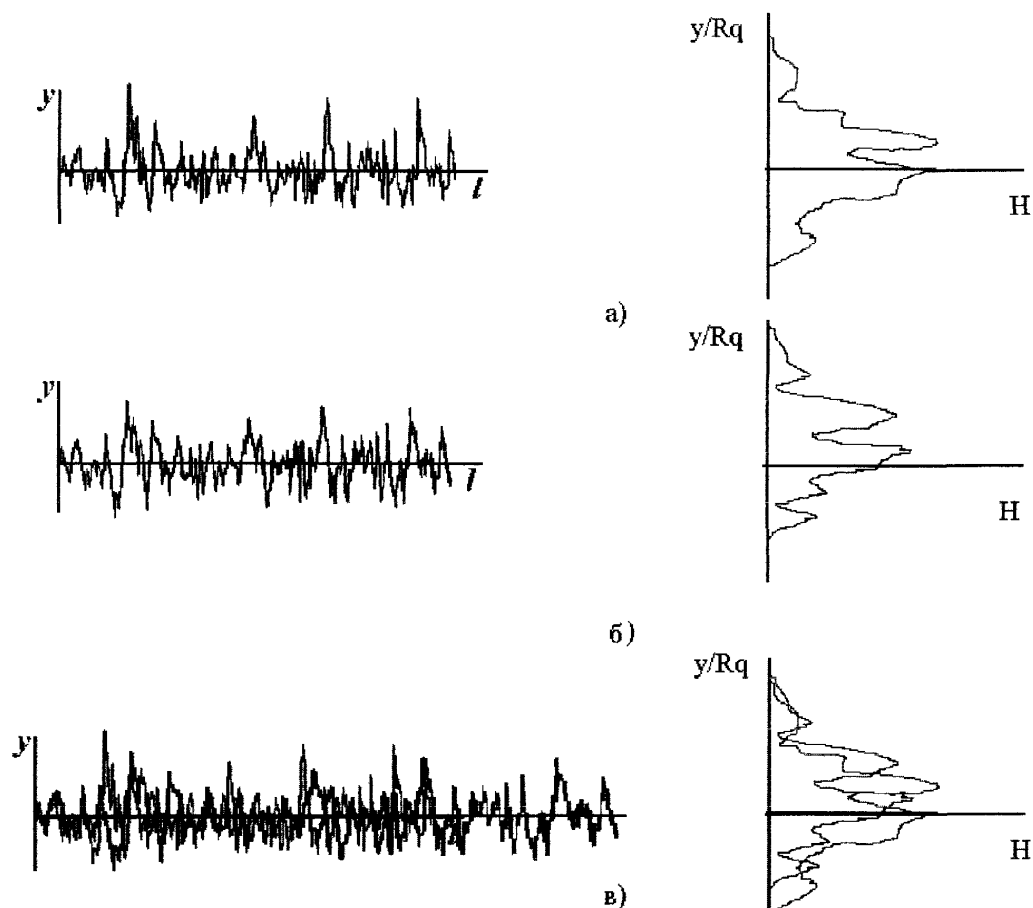


Рис. 2.2.2.3. Схема сравнительной оценки характера распределения амплитуд профиля (а), б) профили и их плотности распределения ординат безразмерного профиля, в) наложение профилей и их функций плотностей распределения ординат безразмерных профилей

2.2.3. Лабораторная работа «Оценки шероховатости, волнистости и отклонений формы с помощью ЭВМ»

На практике необходимо проводить как суммарную, так и отдельную оценку характеристик поверхности, а разделение волнистости и шероховатости с помощью механической и электрической фильтрации, не очень удобно. Поскольку неизвестно какие из отклонений исключены, то использование ЭВМ позволяет устранить этот недостаток.

Профиль сигнала в ЭВМ вводят с помощью преобразования Фурье, получая амплитудный спектр. По нему можно точно определить частоту и амплитуду любой гармоники и оценить, к какому виду отклонений она относится, исключив из рассмотрения не нужные.

Путём обратного преобразования Фурье, преобразовав амплитудный спектр, получаем профиль, в котором исключены несущественные характеристики. Этот профиль обрабатывается любым способом для получения необходимых нам характеристик микрогеометрии поверхности.

Таким образом, прямые и обратные преобразования Фурье профилей дают возможность наиболее полно и точно анализировать и оценивать все виды отклонений реальной поверхности как качественно, так и количественно. Это просто показать на примере. При установке детали на стол профилографа высокую точность установки получить не удастся, что приводит к неправильным выводам о свойствах поверхности.

С помощью амплитудного спектра профиля по амплитуде самой низкочастотной гармоники (с частотой близкой к нулю) можно судить о точности установки детали и отклонениях формы. Исключая эту гармонику обратным преобразованием Фурье получаем профиль, в котором погрешности установки полностью исключены. Это позволяет повысить точность оценки и исключить необходимость тщательной установки детали на столе профилографа-профилометра.

2.2.4. Лабораторная работа «Оценка отдельных компонентов отклонений профиля с помощью его фильтрации»

Цель работы

1. Качественная и количественная оценка влияния помех на критерии оценки микрогеометрии.
2. Качественная и количественная оценка шероховатости, волнистости, отклонений формы, помех и их всевозможных комбинаций.

Теоретические сведения

В настоящее время применение ЭВМ позволяет значительно расширить возможности оценки микрогеометрии. ЭВМ позволяет наряду с

быстрым и точным расчетом любых параметров профиля визуализировать и использовать непараметрические критерии оценки микрогеометрии, такие как функции и плотности распределения ординат и функции и плотности распределения тангенсов углов наклона профиля, каждая из которых содержит полную информацию об отклонениях профиля. [3]

В зависимости от конкретных условий на эксплуатационные свойства поверхности влияет суммарное отклонение от номинальной поверхности или отклонения в определённом сочетании, или какая-нибудь отдельная характеристика (волнистость, шероховатость, отклонения формы).

Например, на антикоррозионные свойства поверхности влияет, прежде всего, её шероховатость (при прочих равных условиях), а на качество работы сопряжении - волнистость, шероховатость и отклонения формы [10].

Каждый вид отклонений принято оценивать определёнными критериями, но на практике необходимо производить как суммарную, так и раздельную этих характеристик поверхности.

При оценке отклонений формы волнистость, и особенно шероховатость, вообще не учитывают вследствие их сравнительной малости.

Применение ЭВМ позволяет, с помощью, преобразования Фурье получать амплитудный спектр профиля. По нему можно определить частоту и амплитуду любой гармоник и оценить, к какому виду отклонений поверхности они относятся. В амплитудном спектре можно исключить (сделать равным нулю) любое количество гармоник и оставить только те, которые нас интересуют в данный момент. Например, можно исключить самую низкую гармонику, частота которой близка к нулю, относящуюся к отклонениям формы, или исключить гармоники шероховатости, оставив одну волнистость и т.д. Путём обратного преобразования Фурье оставшихся гармоник амплитудного спектра получаем профиль, содержащий только интересующие нас отклонения поверхности, например, шероховатости, либо волнистости, либо отклонений формы, или их всевозможных комбинации.

Следует иметь в виду, что использование преобразований Фурье - рациональный и необходимый, а иногда единственно возможный способ достижения необходимой точности определения отклонений. При оценке шероховатости с помощью профилографа-профилометра необходимо, например, тщательно установить деталь, чтобы стрелка прибора при снятии профиля не выходила за определённые пределы шкалы. Погрешности установки детали на столе прибора даже в допустимых пределах вносят ошибку в определённые критерии шероховатости. Для установки некоторой детали "неудобной" формы требуется много времени, а иногда необходимую точность их установки получить не удастся. Наряду с искажением критериев шероховатости эти погрешности установки, а также отклонения формы делают незаметными на их фоне изменения шероховатости и приводят к неправильным выводам её влияния на функциональные свойства поверхности. А с помощью амплитудного спектра профиля по амплитуде

самой низкой гармонике можно судить о точности установки детали, и, исключив эту гармонику, обратным преобразованием Фурье получить профиль, в котором погрешности установки полностью устранены.

Этот метод позволяет не только повысить точность оценки отклонений, но и исключить необходимость тщательной (часто трудоёмкой) установки детали на столе профилографа-профилометра.

Из выше изложенного следует, что использование амплитудного спектра профиля позволяет решить не только проблему фильтрации помех и погрешностей установки, но и детальнейшим образом конкретизировать влияние тех или иных отклонений на функциональные свойства поверхности.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с работой программы PROFIL, предназначенной для обработки профилей поверхности (смотри приложение 1).
2. Запустить программу PROFIL.
3. Выбрать в главном меню пункт <Загрузить профиль >.
4. Из списка выведенных на экран файлов с расширением *.dat, открыть указанный преподавателем файл с данными о профиле, для чего необходимо ответить на запрос <Ввести имя файла:>.
5. После открытия файла вычислить параметрические и непараметрические критерии профиля, для этого из меню работы с профилем выбрать пункт <Характеристики>.
6. Сохранить отчет в графическом файле формата *.rsx.
7. После возврата в меню работы с профилем, с помощью пункта <Удалить гармоники> удалить гармонику соответствующую волнистости (первую гармонику из амплитудного спектра).
8. Повторить пункты 5,6.
9. Удалить из полученного в пункте 7 амплитудного спектра гармоники, характеризующие шероховатость поверхности.
10. Повторить пункты 5,6.
11. После возврата в меню работы с профилем выбрать пункт <Возврат спектра> для восстановления первоначального значения элементов массива "спектр" (до первого удаления).
12. Удалить гармоники, относящиеся к помехам.
13. Повторить пункты 5,6.
14. Удалить из амплитудного спектра все гармоники, кроме гармоники, характеризующей волнистость.
15. Повторить пункты 5,6.
16. Вывести на печать все файлы формата *.rsx.
17. Закройте программу PROFIL, для этого выберите пункт из меню работы с профилем <Выход>, а затем из главного меню программы - <Выход>.

18. Свести в таблицу параметрические критерии всех вариантов фильтрации.
19. Сделать наложение опорных кривых и функций плотности распределения ординат.
20. На основании вариантов фильтрации профилей, таблиц с параметрическими критериями всех вариантов фильтрации и наложения опорных кривых и функций плотности распределения ординат, сделать выводы о возможностях и необходимости фильтрации.

Содержание отчета

1. Цель лабораторной работы.
2. Сводная таблица параметрических критериев всех вариантов фильтрации.
3. Распечатки файлов формата .psx,
4. Наложения опорных кривых и функций плотности распределения ординат.
5. На основании таблицы и наложения опорных кривых и функций плотности распределения ординат сделать выводы о влиянии применения фильтрации на параметрические и непараметрические критерии оценки микрогеометрии.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные причины применения фильтрации?
2. Как произвести фильтрацию профиля, используя прямое и обратное преобразование Фурье?
3. С помощью каких математических преобразований возможно получение функций плотности распределения ординат?

2.2.5. Лабораторная работа «Исследование изменения микрогеометрии поверхностей в процессе притирки»

Цель работы

Исследование изменения микрогеометрии керамической поверхности в процессе притирки, с использованием параметрических и непараметрических критериев.

Теоретические сведения

Увеличение долговечности трущихся поверхностей зависит от их износостойкости. [8]

Следует заметить, что основные факторы, определяющие интенсивность изнашивания, можно разбить на четыре группы:

- внешние условия трения (окружающая среда, смазка ...),
- физико-механические свойства материала,

- режимы работы узла трения,
- микрогеометрические характеристики изнашиваемой поверхности.

Данная лабораторная работа направлена на исследование, только изменения микрогеометрии поверхности в процессе трения, т.е. в процессе износа.

До последнего времени исследование проблемы влияния микрорельефа поверхности на износ проводили при помощи параметрического описания, и на основе этих исследований было выделено три основных стадии износа (рис. 2.2.5.1).

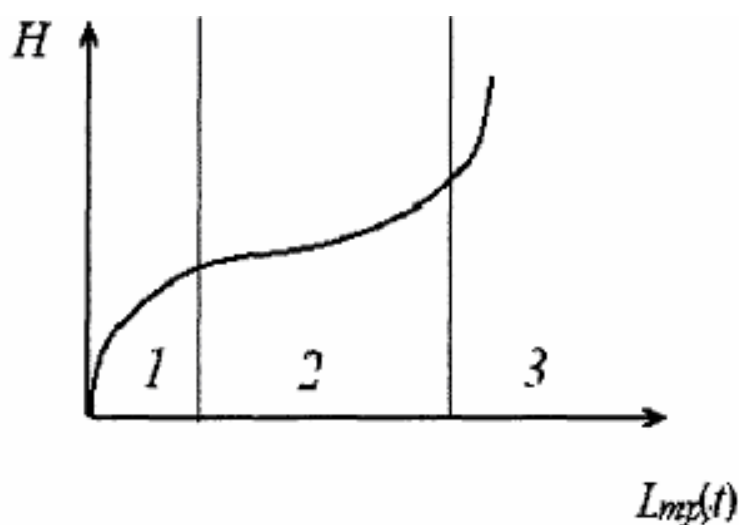


Рис.2.2.5.1. Типичная кривая зависимости интенсивности изнашивания от времени приработки

Приработка - неравновесная стадия процесса изнашивания, доля которой в общем, ресурсе времени работы сопряжения мала. Она характеризуется значительной степенью изнашивания dH/dL_{ip} , где H -износ, L_{ip} -путь трения, которая по мере работы сопряжения падает.

По мнению Крагельского И.В., в начальный период приработки участвует небольшое количество контактирующих между собой выступов, вследствие чего истинные напряжения на образовавшихся площадках могут быть велики, поэтому происходит интенсивное разрушение неровностей, полученных при механической обработке, их дробление и пластическое деформирование, сопровождающееся наклёпом поверхностного слоя. Далее, в результате приработки происходит сглаживание наиболее выступающих неровностей, с частичным или полным уничтожением первичной микрогеометрии поверхностей. [7]

Оригинальный способ определения окончания процесса приработки предложил Ю.Г.Шнейдер. Способ заключается в определении этого времени по образованию сплошной масляной плёнки между прирабатываемыми деталями, которая, сформировавшись, автоматически разрывает электрическую цепь часового сигнального устройства.

Вторая стадия процесса, самая продолжительная во времени, характеризуется, согласно Крагельскому И.В., постоянным значением интенсивности изнашивания, $dH/dLip = const$. Также, считается, что после процесса приработки устанавливается, так называемая, "равновесная" шероховатость, которая характеризуется постоянством параметрических критериев (Ra , Rz)

Третья стадия процесса - катастрофический износ. Однако следует заметить, что исследования, базирующиеся на стандартных параметрических критериях, определяют лишь отдельные усреднённые характеристики отклонений поверхности, что не позволяет точно определить вид микрорельефа поверхности. Поэтому, при использовании более информативных непараметрических критериев, таких как плотности распределения ординат профиля, тангенсов углов наклона, а также функций распределений этих величин, оказалось, что при одинаковых величинах параметрических критериев оценки микрорельефа, указанные выше непараметрические критерии непрерывно изменяются. Это позволяет сделать вывод о том, что никакой "установившейся" ("равновесной") шероховатости нет. Более того, анализ функции распределения ординат профилей показал, что микрорельеф исследуемых поверхностей меняется циклически, хотя период цикла этих изменений пока установить не удалось.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Притирка используемого образца в течение заданного времени.
2. Запись профилей и их анализ через установленный интервал времени притирки образцов.
3. Установление характера (закономерностей) изменения микрорельефа поверхности образца в процессе его притирки.

Притирка образцов производится на полировочно-доводочном станке первой группы сложности по ОСТ 3-2408-74 2ПД-200, предназначенном для тонкого шлифования, полирования и доводки сферических и плоских поверхностей, одиночных заготовок или блоков заготовок деталей диаметром от 100 до 200мм.

Для проведения лабораторной работы необходимо предварительно приклеить образцы на полировочно-доводочное стекло, к которому с обратной стороны прикреплён хвостовик. При полировании применяется абразивная паста на основе окиси хрома (CrO_3), выпускаемая по ГОСТу 2912-79 и представляющая собой абразивный материал тёмно-зелёного цвета. В качестве полировального круга используется полировальное стекло с нанесённой на его поверхность полировочной смолой.

Технические характеристики полировочно-доводочного станка
2ДП200:

1. Диаметр обрабатываемых заготовок или блоков, мм - 100-200;
2. Отношение стрелки прогиба линзы к её радиусу, - 0-1;
3. Количество шпинделей, шт – 2;
4. Частота вращения шпинделя поводка, об/мин - 5-100;
5. Усилие нажатия поводка, кгс - 0.5-3;
6. Длина штриха, мм - 0-180;
7. Шероховатость обработанной поверхности по ГОСТу 2789-77, не грубее:
шлифованной - $Ra = 0.63$
полированной – $Rz = 0.08$;
8. Суммарная мощность электродвигателя, кВт - 2.55;
9. Масса, кг – 1460.

Следует заметить, что пластина притирается на станке при неизменном режиме и времени для каждого цикла притирки. После каждого цикла с пластины снимают профилографом-профилометром, который через АЦП подключён к ПК, профилограммы в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

В базе данных компьютера данные хранятся в файлах с расширением .dat. Каждому измерению соответствует свой уникальный номер, который представлен в следующем виде: A BC D E, где

A- личный номер пользователя в базе данных (6),

BC - номер измерения (от 01 до 22),

D- порядковый номер детали (1),

E- направление, в котором была снята профилограмма (1-паралельное, 2-перпендикулярное).

Далее в программе "PROFIL 98" производится обработка файлов из базы данных, и результаты выводятся на принтер.

Однако следует заметить, что профиль поверхности, снятый при помощи профилографа-профилометра, включает в себя множество шумов и погрешностей. В программе "PROFIL 98" реализован процесс фильтрации профилей с помощью амплитудного спектра профиля (в данном случае это волнистость и погрешность установки – 1^я и 2^я гармоники). Удаление шумов рекомендуется выполнять для каждого профиля в отдельности. В программе "PROFIL 98" реализованы параметрические (Ra , Rz , Rq , Rm , Sm) и непараметрические (плотность распределения ординат профиля, плотность распределения ординат безразмерного профиля, плотность распределения углов наклона профиля, а также функции распределения ординат и тангенсов углов наклона) критерии, что позволяет качественно оценить микрогеометрию поверхности.

Исходные данные для поведения лабораторной работы

1. Режим притирки

Скорость вращения шпинделя станка $U_{шп} = 22$ об/мин

Длина штриха 120 мм

Усилие нажатия поводка $P_{пов} = 1$ кгс

Время каждого цикла притирки 1-5 мин.

2. Материал образца

Корундовая керамика марки 22ХС.

Химический и фазовый состав керамики марки 22ХС приведены в таблице 2.2.5.1.

Таблица 2.2.5.1.

Материал	Химический состав, %						Фазовый состав, %	
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MnO	Na ₂ O	Кристаллическая фаза	Стекловидная фаза
22ХС	95-94	2.5	0.03	0.48	1.96	0.2	88-89	12-11

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Материал образца.
3. Эскиз образца.
4. Технические характеристики станка.
5. Режим притирки.
6. Таблицы с параметрическими критериями (R_a, R_z, R_q, R_m, S_m).
7. Распечатки с непараметрическими критериями (плотность распределения ординат профиля, плотность распределения ординат безразмерного профиля, плотность распределения тангенсов углов наклона профиля, а также функции распределения ординат и тангенсов углов наклона).
8. Выводы.

Контрольные вопросы

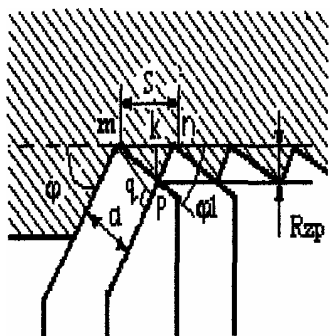
1. Какие факторы влияют на износостойкость поверхности?
2. Что понимают под "равновесной" шероховатостью?
3. Почему понятие "равновесной" шероховатости некорректно?

2.2.6. Лабораторная работа « Исследование влияния конструктивно-технологических факторов на формирование микрогеометрии поверхности»

Теоретические сведения

При изучении шероховатости поверхности её делят на расчетные и действительные неровности [5]. Высота и форма расчетных неровностей определяется геометрически (рис. 2.2.6.1) и вычисляется по формулам таблицы 2.2.6.1 (если резец имеет круговое переходное лезвие), принимая следующие допущения:

1. Обрабатываемый материал считается абсолютно недеформируемым;
2. Технологическая система - абсолютно жёсткой;
3. Лезвия инструмента представляют собой геометрические линии.



$$R_{ZP} = pk$$

$$R_{ZP} = mn \sin \varphi_1,$$

$$mn = mq / (\sin \angle mpq) = a / \sin(\varphi + \varphi_1) = s \sin \varphi / \sin(\varphi + \varphi_1),$$

$$R_{ZP} = s \sin \varphi \sin \varphi_1 / \sin(\varphi + \varphi_1).$$

Рис.2.2.6.1. Расчётный профиль микрогеометрии поверхности, обработанной точением

Таблица 2.2.6.1

φ_1	$\varphi < \arcsin(s/2r)$	$\varphi > \arcsin(s/2r)$
$< \arcsin(s/2r)$	$R_{ZP} = \frac{\sin \varphi \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} * (s - r (\operatorname{tg}(\varphi/2) + \operatorname{tg}(\varphi_1/2)))$	$R_{ZP} = r(1 - \cos \varphi) + \frac{s \sin \varphi_1 \cos \varphi_1}{\sin \varphi \sqrt{s \sin \varphi_1 (2r - s \sin \varphi_1)}}$
$> \arcsin(s/2r)$	$R_{ZP} = r(1 - \cos \varphi) + \frac{s \sin \varphi \cos \varphi - \sin \varphi}{\sqrt{s \sin \varphi (2r - s \sin \varphi)}}$	$R_{ZP} = r - (\sqrt{4r^2 - s^2})/2$

Действительные неровности или просто неровности - это те микронеровности, которые возникли на обработанной поверхности после прохода режущего инструмента.

Исходя из формул табл.2, в которой приведены формулы для расчёта R_{zp} , видно, от каких параметров зависит высота расчетных неровностей, однако реальные неровности по форме и высоте отличаются от расчетных неровностей и превышают их по величине. По сравнению с расчетным, реальный микропрофиль теряет свою регулярность и $R_z > R_{zp}$. [6]

Это объясняется следующими причинами:

- пластическим течением материала из зоны первичной деформации в сторону вершин микронеровностей;
- колебаниями детали и инструмента во время обработки;
- трением задних поверхностей инструмента о поверхность резания;
- неровностями лезвий инструмента, которые возрастают по мере его изнашивания;

Следует заметить, что помимо четырёх основных причин и тех же факторов, что влияют на высоту расчетных неровностей, на микрогеометрию поверхности воздействуют свойства материала и условия трения на контактных поверхностях инструмента. (СОЖ, склонность материала к наростообразованию и т.д.), причём суммарное воздействие вышеуказанных факторов при изменении режимов обработки различно.

Таким образом, микрогеометрия поверхности зависит от многих факторов, в том числе и от режимов резания. В данном цикле лабораторных работ исследуется влияние конструктивно-технологических факторов на микрогеометрию поверхности, для этого будут применены параметрические и непараметрические критерии и фильтрация (волнистости, шероховатости, шумов...).

Контрольные вопросы

1. Чем отличается расчетная шероховатость от действительной и в чем причины этого отличия?
2. Назовите факторы, влияющие на формирование микрогеометрии поверхности?
3. Какой из факторов (группы факторов) считается решающим?

2.2.7.Лабораторная работа «Исследование влияния подачи при точении на формирование микрогеометрии поверхности»

Цель работы

Выявление и изучение влияния подачи на формирование микрогеометрии точеных поверхностей, с помощью параметрических и непараметрических критериев.

Исходные данные

Материал образца

Углеродистая сталь 35 ГОСТ1050-74(рис.2.2.7.1).

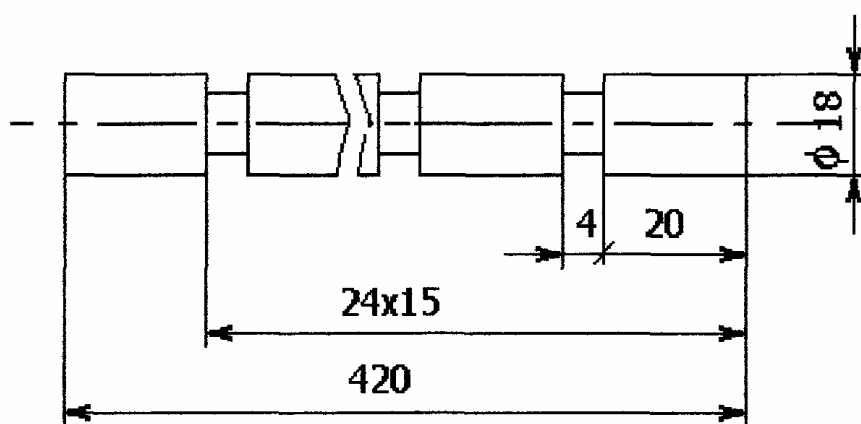


Рис.2.2.7.1. Образец для выполнения лабораторной работы

Образец (Рис.2.2.7.1) был обработан на токарно-винторезном станке 1К62, без применения СОЖ, при неизменных условиях обработки (кроме подачи, которая на каждом из 15 участков своя).

Режимы резания

Скорость резания $V = 19,4$ м/мин (при $n = 2000$ об/мин) глубина резания $t = 1$ мм.

Инструмент

Токарный подрезной отогнутый резец (ГОСТ 18880-73, предназначен для обтачивания заготовок с большим отношением длины заготовки к диаметру). Резец был оснащён пластиной типа 06 из твёрдого сплава Т5К10 (ГОСТ 25397-82).

Геометрические характеристики резца

1. Главный передний угол, $\gamma = 10^\circ$;
2. Главный задний угол, $\alpha = 8^\circ$;
3. Главный угол в плане, $\varphi = 100^\circ$;
4. Вспомогательный угол в плане, $\varphi_1 = 10^\circ$;
5. Угол наклона главного режущего лезвия, $\lambda = 0^\circ$;
6. Радиус при вершине резца, $\rho = 0,6$ мм.

Измерительная установка

Контроль микрогеометрии поверхности производится на установке ИВК "Профиль" включающей:

- стандартный прибор измерения шероховатости КАЛИБР 250;
- интерфейс связи прибора с IBM - совместимым компьютером;
- пакет прикладных программ, обслуживающих комплекс в процессе измерения и анализа микрогеометрии.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Установить деталь на предметном столе КАЛИБРА 250.
2. Открыть программу PROFIL98.
3. Из главного меню программы выбрать пункт <Новый профиль>, который запускает процедуру считывания данных из последовательного порта, в который поступают сигналы с профилограф-профилометра, после ответов на запросы программы (подробное описание работы с программой PROFIL содержится в приложении 1.).
4. После записи профиля с первого кольца, в направлении продольной оси вала, необходимо отфильтровать полученный профиль. Для этого воспользуйтесь меню работы с конкретным профилем, <Удалить гармоники>, в котором произвести удаление гармоник, которые соответствуют отклонениям формы и шумам.
5. После этого отфильтрованный профиль оценить с помощью пункта меню работы с профилем <Характеристики>.
6. Сохранить в графическом файле .rsx отфильтрованный профиль, его параметрические и непараметрические характеристики.
7. Повторить пункты 3-6 для оставшихся четырнадцати участков детали.
8. Закрыть программу PROFIL98.
9. Сделать наложение функций распределения ординат профиля и опорных кривых для всех подач.
10. Вычислить по формулам таблицы 1 теоретические значения R_{zp} для всех подач.
11. Свести все параметрические критерии, в том числе и R_{zp} для каждой подачи в таблицу.
12. Начертить графики зависимостей всех параметров от подач.
13. Распечатать все файлы формата .rsx, содержащие отфильтрованные профили, а также параметрические и непараметрические характеристики.
14. На основе распечаток профилей с параметрическими и непараметрическими критериями, наложений функций распределения ординат профиля и опорных кривых для всех подач и таблицы с параметрическими критериями для всех подач, сделать выводы о влиянии

подачи на формирование микрорельефа и о причинах отличия теоретических значений параметрических критериев от действительных.

15. Оформить отчет, который должен содержать в себе следующую информацию:

- название и цели работы;
- исходные данные к работе;
- распечатки профилей с параметрическими и непараметрическими критериями;
- наложения функций распределения ординат профиля и опорных кривых для всех подач;
- таблицы с параметрическими критериями для всех подач;
- выводы о влиянии подачи на формирование микрорельефа и о причинах отличия теоретических значений параметрических критериев от действительных.

2.2.8. Лабораторная работа «Исследование влияния геометрии режущего клина на формирование микрогеометрии поверхности при точении»

Цель работы

Изучение влияния геометрии режущего клина на формирование микрогеометрии поверхности.

Исходные данные

1. Эскиз образца представлен на рис.2.2.8.1

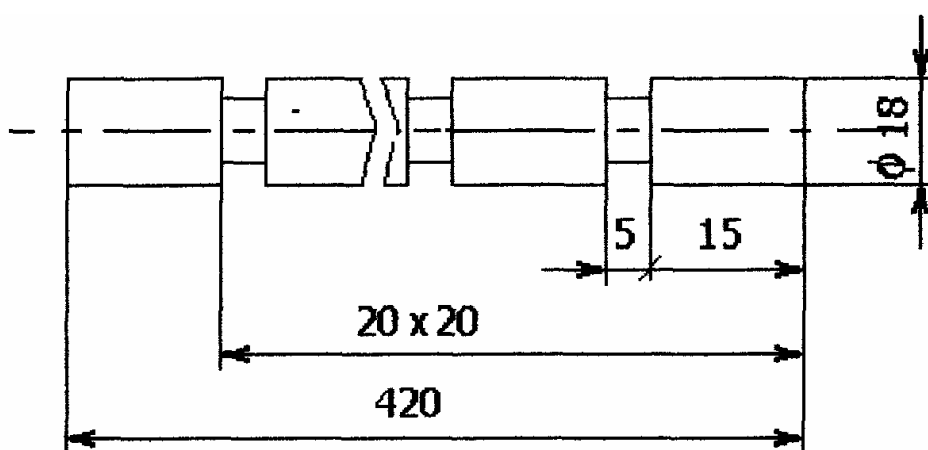


Рис.2.2.8.1. Эскиз образца для выполнения лабораторной работы

Режимы резания

Были обработаны четыре цилиндрические заготовки на токарно-винторезном станке модели 1И611, при неизменных режимах резания.

Подача $S=0,1$ мм/об, скорость резания $V=120$ м/мин (при $n=4600$ об/мин), глубина резания $t=0,5$ мм.

Инструмент

При точении заготовок использовались четыре проходных отогнутых токарных резца с пластинами из сплава Т15К6.

Каждым из четырёх резцов была обработано пять поясков у заготовки.

У каждого резца пять раз менялась геометрия режущего клина (резец перезатачивался):

- резец 1 - изменили главный задний угол (таб.2.2.8.1);
- резец 2 - изменили главный передний угол (таб.2.2.8.2);
- резец 3 - изменили главный угол в плане (таб.2.2.8.3);
- резец 4 - главный передний угол и главный угол в плане (таб.2.2.8.4);

Таблица 2.2.8.1.

α , град.					γ , град.	φ , град.	φ_1 , град.
α_0	α_1	α_2	α_3	α_4			
14	22	26,5	35	42	6,5	45	45

Таблица 2.2.8.2.

α , град.	γ , град.					φ , град.	φ_1 , град.
6	2	11,5	22	30	35	45	45

Таблица 2.2.8.3.

α , град.	γ , град.	φ , град.					φ_1 , град.
6	9	45	59	64	77	80	45

Таблица 2.2.8.4.

α , град	γ , град.					φ , град.					φ_1 , град
13	2	7	21	23	25	45	62	68	79	83	45

Порядок выполнения работы

1. Открыть программу PROFIL98.
2. Открыть по очереди файлы, номера которых укажет преподаватель.
3. Отфильтровать с помощью амплитудного спектра исследуемый профиль, для чего необходимо выбрать пункт меню работы с профилем <Удалить гармоники>, удалить гармоники, которым соответствуют шум и отклонения формы.
4. Выбрать пункт меню работы с профилем <Характеристики> и оценить отфильтрованный профиль.
5. Сохранить в формате .rsx характеристики профиля.
6. Свести в 4 таблицы параметрические критерии для каждого резца.
7. Сделать наложения функций распределения ординат профиля и опорных кривых для каждого резца в отдельности.
8. Основываясь на результатах фильтрации профилей, проанализируйте, с помощью непараметрических и параметрических критериев, влияние геометрии режущего клина на формирование микрогеометрии поверхности.
9. Оформить отчет, который должен содержать в себе следующую информацию:
 - название и цели работы;
 - исходные данные к работе;
 - распечатки профилей с параметрическими и непараметрическими критериями;
 - наложения функций распределения ординат профиля и опорных кривых для каждого резца в отдельности для каждого резца.

2.3.Лабораторная работа «Оценка и контроль остаточных напряжений неразрушающим методом»

2.3.1.Аппаратура СИТОН неразрушающего контроля остаточных напряжений в металлах и сплавах и ее эффективное применение

Аппаратура СИТОН позволяет осуществлять измерение механических напряжений (технологических остаточных и эксплуатационных) в металле поверхностного слоя изделия неразрушающим методом АФЧХ-

тестирования. Аппаратура включает переносной модуль, специальный электроконтактный датчик и персональный компьютер (рис.2.3.1 и 2.3.2). Метод АФЧХ-тестирования реализуется путем пропускания электрического тока переменной частоты через исследуемый участок поверхности. Переносной модуль управляет в автоматическом режиме частотой измерительного сигнала. Специальный алгоритм позволяет по измеренным электрическим величинам определить величину средних напряжений в h -слое с последующим пересчетом в интеграл напряжений и действительные напряжения. Сканирование осуществляется на 3 – 24 ступенях в зависимости от модификации прибора. Имеется достаточно большой опыт применения аппаратуры на машиностроительных предприятиях различного профиля.



Рис.2.3.1. Внешний вид аппаратуры СИТОН-АРМ



Рис.2.3.2. Внешний вид прибора СИТОН-ПП

Аппаратура СИТОН имеет следующие основные назначения:
 -определение неразрушающим методом остаточных и эксплуатационных напряжений σ , МПа в поверхностном слое металлов и сплавов на глубинах $h_1, h_2, \dots, h_{\max}$;

- сплошной неразрушающий контроль ответственных изделий; контроль стабильности технологии; отбраковка изделий; контроль качества сварных соединений;
- повышение безопасности эксплуатации и паспортизация напряженно-деформированного состояния высоконагруженных металлоконструкций, прогнозирование остаточного ресурса.

В настоящее время аппаратура имеет два базовых исполнения.

Стационарный прибор СИТОН-АРМ. Многофункциональный переносной прибор (рис.3.1), соединенный с компьютером. Число ступеней сканирования для базового исполнения 24. Расчетная погрешность определения механических напряжений 20...40 МПа. База замера 35 мм. Максимальная глубина определения напряжений 2,5 мм (для сталей). Электронный блок может работать в режиме сборщика данных. Для этого он имеет встроенный блок автономного питания. В данном режиме может быть принято до 250 измерений.

Переносной прибор СИТОН-ПП. Автономный прибор (рис.3.2), работающий в режиме сборщика данных с последующей передачей их в компьютер. Число ступеней сканирования для базового исполнения 4. Расчетная погрешность определения механических напряжений 20...60 МПа. База замера 35 мм. Максимальная глубина определения напряжений 2 мм (для сталей). Время автономной работы 2 часа. О характере распределения остаточных напряжений свидетельствует эпюра напряжений (рис.2.3.3). математического аппарата, позволяющего вычислять метрические

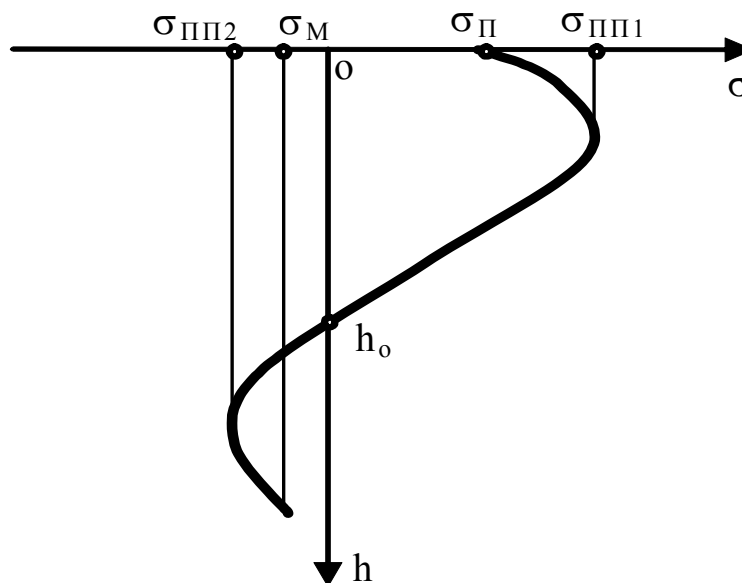


Рис.2.3.3. Особые точки на эпюре остаточных напряжений

Для сопоставления эпюр как функций необходимо применение специального соотношения и функционалы

2.3.2.Порядок выполнения работы

Для практических целей удобнее параметризовать эпюру напряжений путем введения ряда параметров:

- σ_{Π} – напряжения на поверхности, МПа;
- $\sigma_{\Pi\Pi 1}$ –напряжения максимальные подповерхностные 1 до точки перехода нуля, МПа;
- $\sigma_{\Pi\Pi 2}$ – напряжения максимальные подповерхностные 2 после точки перехода нуля, МПа;
- $\sigma_{\text{М}}$ – напряжения на выбеге эпюры, МПа;
- h_0 – точка перехода нуля эпюры напряжений, мкм.

Указанные параметры достаточно полно отображают характер напряженного состояния металла поверхностного слоя изделия.

Рассмотрим применение аппаратуры СИТОН при проведении усталостных испытаний балки со сварным соединением. Основным видом испытаний являлось циклическое воздействие на образец на испытательной машине МУП-50 с периодическим контролем остаточных напряжений неразрушающим методом АФЧХ-тестирования аппаратурой СИТОН-АРМ. Испытывалась на усталостный изгиб сварная балка из стали ЕН40 ($\sigma_{\text{T}} = 390$ МПа; $\sigma_{\text{В}} = 550 - 650$ МПа), частота приложения нагрузки (пульсации) 500 циклов/мин.(рис.2.3.4). Геометрические характеристики балки и схема приложения нагрузки даны на рис.3.4 в мм. Прикладываемое усилие P изменялось в диапазоне (2-24) т.

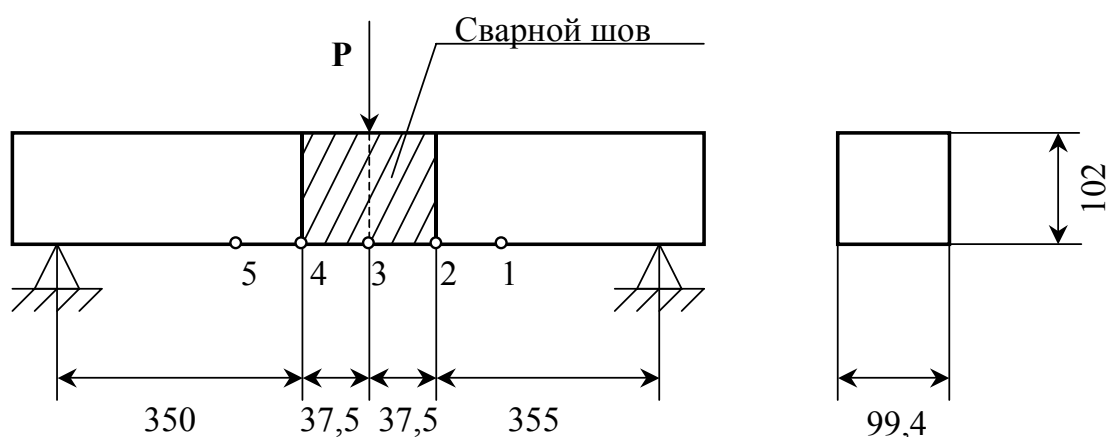


Рис.2.3.4. Схема балки и пять (1-5) точек измерения: точки 1 и 5 – вне зоны сварного шва; точка 3 – сварной шов; точки 2 и 4 – граница сварной шов-балка.

В процессе испытаний в указанных на рис.2.3.4 областях точек (1-5) (рис.2.3.4, рис.2.3.5) проводились измерения остаточных напряжений с помощью аппаратуры СИТОН-АРМ через каждые 100000 циклов нагружения (104200, 189700, 303000, 397000, 431800).



Рис.2.3.5. Датчик установлен в область 4-ой точки

По полученным эюрам остаточных напряжений был проведен анализ, который показал следующие результаты:

-общий характер распределения остаточных напряжений (эюра) сохранялся во всех точках (1,2,4,5) до 303000 циклов нагружения (рис.2.3.6);

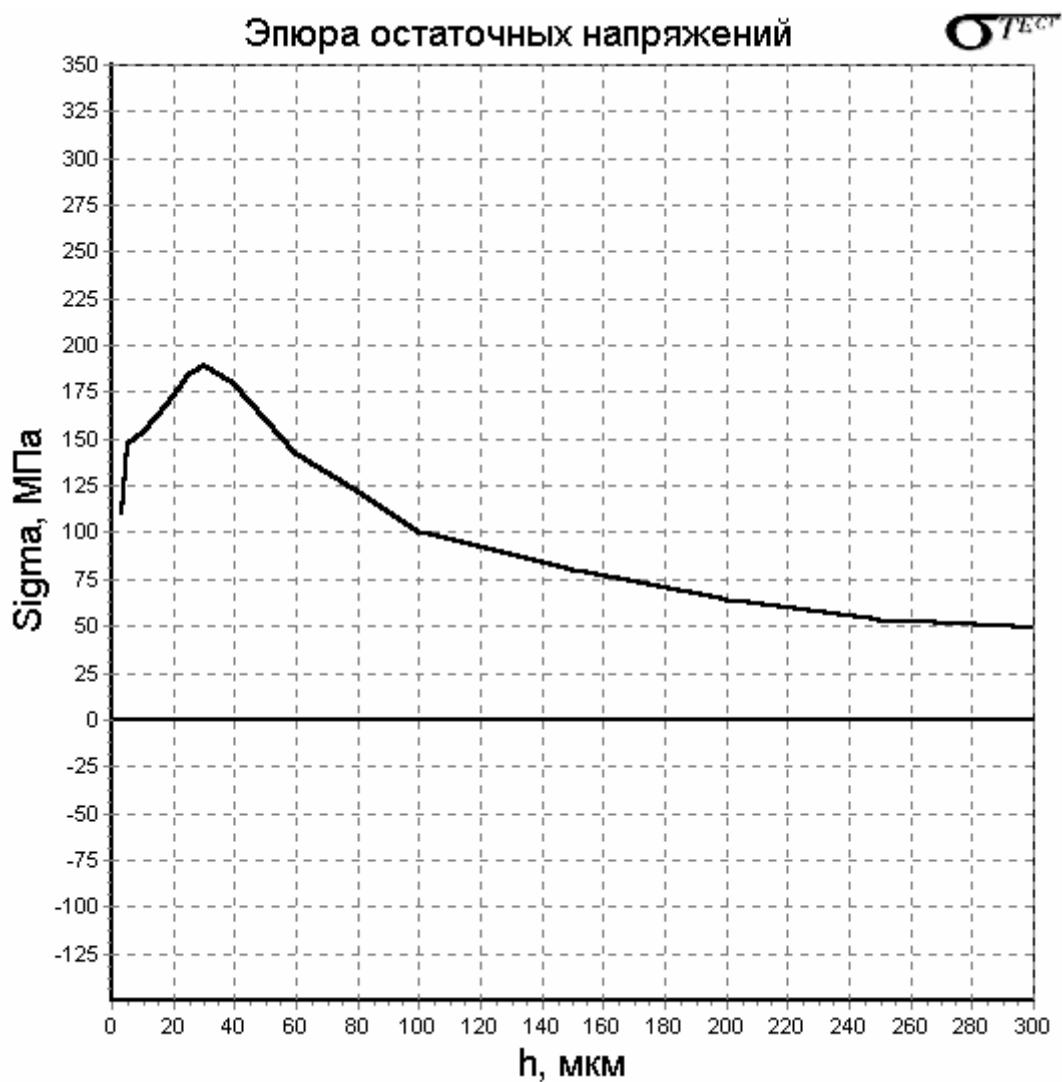


Рис.2.3.6. Характерная эюра остаточных напряжений до 303000 циклов нагружения

-после 397000 циклов нагружения в области точки 2 наблюдались заметное снижение уровня остаточных напряжений на глубине более 150 мкм – с 60 – 75 МПа до 25 - 30 МПа и в дальнейшем, при 431800 пульсациях – разрушении балки – зафиксированы остаточные напряжения от 0 до 25 МПа;

-после 397000 циклов нагружения в области точки 4 до появления видимых дефектов наблюдалась значительная аномалия в эпюре остаточных напряжений – значительная релаксация напряжений практически по всей эпюре (рис.2.3.7); подповерхностные напряжения уменьшились со 180 МПа до 125 МПа, на глубине 200 мкм наблюдается изменение знака напряжений с величиной до – 50 МПа на глубине 300 мкм;

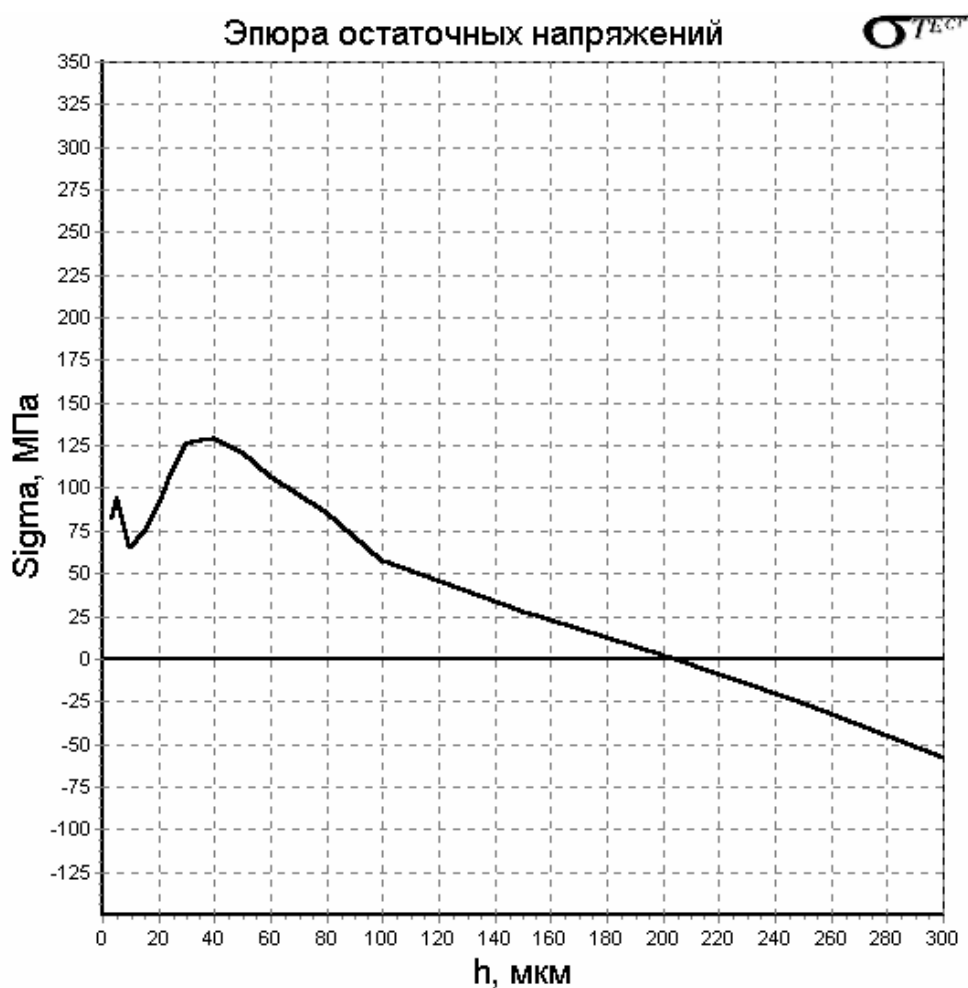


Рис.2.3.7. Релаксация эпюры остаточных напряжений после 397000 циклов нагружения

-разрушение балки произошло по границе сварного шва в области точки 4 через 431 800 циклов, т.е. через 34800 циклов после обнаружения аномальных проявлений в эпюре остаточных напряжений;

-после разрушения образца аномальный характер эпюры остаточных напряжений сохранился.

Результаты усталостных испытаний показали, что неразрушающий метод АФЧХ-тестирования, реализованный в аппаратуре СИТОН-АРМ, позволил предсказать место и время разрушения образца. Ограничение остаточного ресурса образца в процессе испытаний проявилось после 400000 циклов нагружения через активную релаксацию эпюры остаточных напряжений за 34800 циклов до разрушения. При измерении остаточных напряжений через каждые 100000 циклов нагружения эпюра практически не менялась, что свидетельствовало о целостности образца, подтверждении его ресурсных характеристик и возможности продолжения испытаний до следующего измерения.

2.4.Разработка и реализация техпроцессов на RP-установке

Введение

Pro/ENGINEER – это САПР, используемая для создания моделей на компьютере в трехмерном пространстве. Так как используется трехмерное пространство, модели полностью отражают реальные детали, по которым они построены. Модели часто называют виртуальными деталями, так как на стадии проектирования они существуют только в памяти компьютера. Большинство моделей, сделанных в Pro/ENGINEER, называют твердотельными моделями. Этот термин подразумевает, что компьютер полностью понимает «твердость» детали, т.е. компьютер знает, где находится материал, а где пустое пространство. В процессе твердотельного моделирования САПР использует команды, которые отображают технологию обработки, типа выдавливания или вырезания для создания законченной формы. Pro/ENGINEER полностью параметрическая САПР. Это значит, что при конструировании и моделировании детали назначаются размеры, которые определяют деталь. Если, позже, понадобится доработать деталь, эти размеры могут быть легко изменены и деталь будет модифицирована во всех местах, где она используется. Это особенно полезно при работе со сборками, так как, в случае модификации какой-нибудь детали, перестраивается вся сборка. Конструктор может также накладывать зависимости между деталями. Например, при возможном увеличении или уменьшении диаметра поршня двигателя соответствующий блок цилиндров может автоматически изменяться отслеживая геометрию поршня.

Урок В любой САПР сложные модели строятся путем комбинирования более простых форм. В Pro/ENGINEER такие простые формы называются элементами (features, фичерсами), которые образуют деталь.

Используя рис.2.4.1 в качестве примера можно наглядно продемонстрировать, что указанная деталь состоит из следующих четырех элементов:

- добавление материала в виде параллелепипеда;
- удаление части материала в виде паза;
- удаление материала в виде одного большого центрального отверстия;
- удаление материала в виде четырех небольших отверстий.

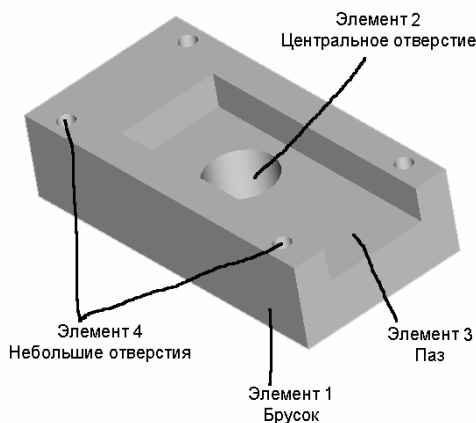


Рис. 2.4.1. Структура модели

В настоящем учебном пособии мы изучим основные методики моделирования, включая создание деталей, эскизирование и сохранение информации. Перед началом работы необходимо загрузить Pro/ENGINEER. После запуска Pro/ENGINEER на экране появляется графическое окно, показанное на Рис.2.4.2.

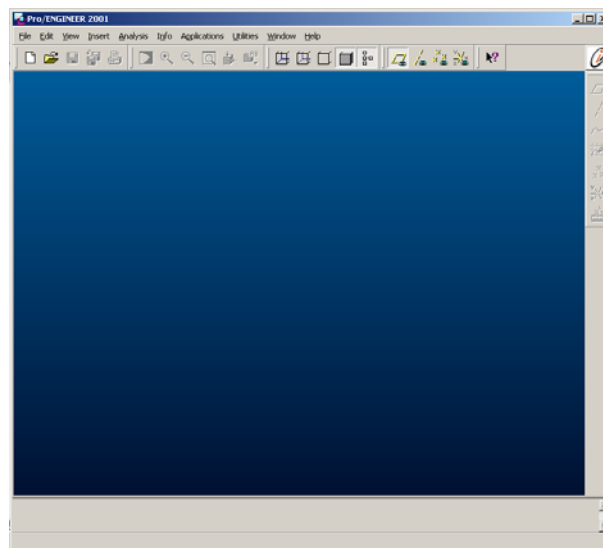


Рис. 2.4.2. Интерфейс Pro/ENGINEER

Это окно содержит стандартные выпадающие меню и пиктограммы. После начала работы справа от окна появляется окно **Menu Manager (Менеджера меню)**, которое содержит множество дополнительных меню. По мере перемещения курсора по этим меню в нижней части окна появляется описание каждого пункта меню. Команда, выбранная по умолчанию,

подсвечивается. Некоторые команды являются недоступными и окрашены в серый цвет. Если не указано иначе, в тексте учебного пособия будут использоваться команды из **Menu Manager**. Некоторые команды можно выполнять различными способами (например, через выпадающие меню).

В Pro/ENGINEER можно создавать самые разнообразные типы элементов. В этом пособии мы создадим одиночный объект, называемый деталью. Деталь можно представить в виде некоторого материала, которому можно придать различную форму.

Для создания новой детали выберите опцию **NEW** в выпадающем меню **FILE**, или используйте пиктограмму . Появляется диалоговое окно **New**, запрашивающее тип создаваемого объекта. В зоне **Type** укажите **Part** и введите имя создаваемой детали **BLOCK**. Нажмите **OK**.

Если все было сделано правильно, в заголовке графического окна появится название создаваемой детали **BLOCK**, а в левой части окна появится дерево модели. Pro/ENGINEER готов к созданию модели.

Деталь будет построена с использованием нескольких элементов. Первым элементом является параллелепипед, созданный при помощи прямоугольного эскиза. Для создания параллелепипеда выполните следующую последовательность команд:

FEATURE $\Rightarrow$ CREATE $\Rightarrow$ SOLID ☐ PROTRUSION ☐ EXTRUDE | SOLID | DONE

PROTRUSION означает «добавить материал». Так как модель еще не существует, мы должны начать с операции добавления материала. EXTRUDE означает, что будет создан эскиз, представляющий поперечное сечение формы и получено твердое тело путем выдавливания (extrusion) эскиза вдоль прямой.

Появляется диалоговое окно **PROTRUSION: EXTRUDE**, которое содержит атрибуты создаваемого элемента. Для успешного завершения операции все эти атрибуты предстоит определить.

В **Menu Manager** выберите **ONE SIDE | DONE** и укажите плоскость, в которой будет находиться эскиз сечения, например Top. В графическом окне появится красная стрелка, указывающая направление «выдавливания» эскиза. Если стрелка указывает в требуемом направлении, выберите **OKAY**. Иначе, выберите **FLIP** и **OKAY**. Для первого элемента мы выберем опции по умолчанию, а подробно каждую опцию разберем при создании следующего элемента.

Итак: **SKET VIEW $\Rightarrow$ DEFAULT**

Появляющееся диалоговое окно **References** можно закрыть. Нажмите **Close**.

Фон графического окна изменился на черный и в правой части появились дополнительные пиктограммы – инструменты эскиза. Это означает, что Pro/ENGINEER находится в режиме эскизирования. Режим

эскизирования один из наиболее важных этапов моделирования, в котором создается и образмеривается двухмерная геометрия.

Сначала, изучим новые пиктограммы в правой части окна. Эти пиктограммы с кратким описанием показаны на Рис.2.4.3. Полный перечень команд эскизирования доступен в выпадающем меню Sketch. Это меню отображается только в режиме эскизирования.

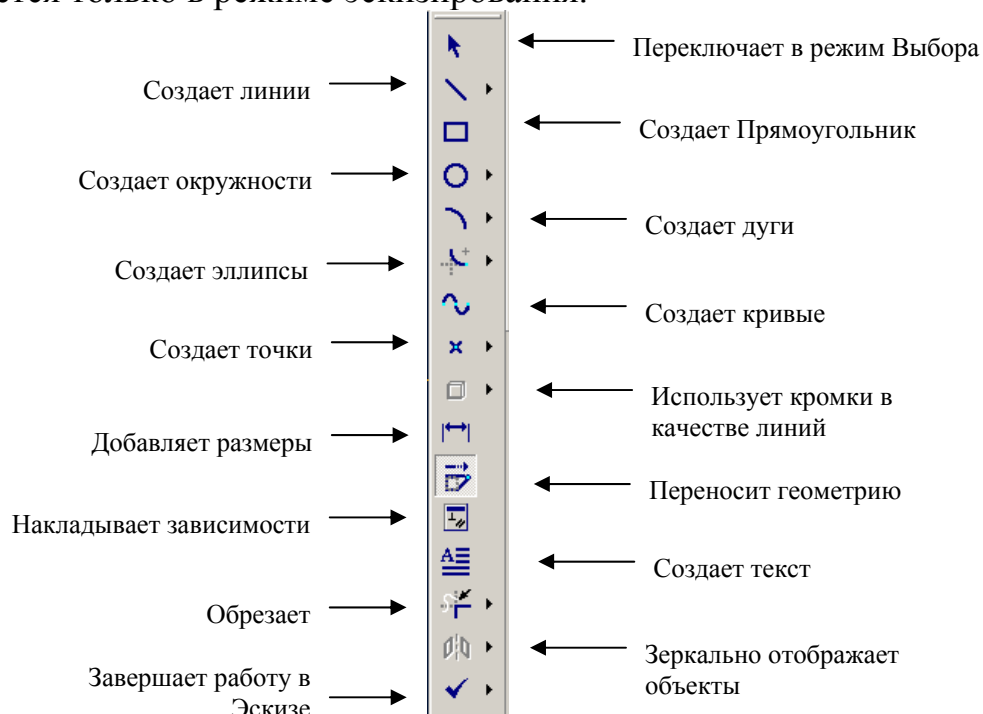


Рис. 2.4.3. Меню эскиза

Выберите пиктограмму создания прямоугольника  и укажите в графическом окне две точки, означающие диагонально противоположные углы прямоугольника. Содержимое окна будет похоже на Рис.2.4.4, но значения размеров могут отличаться.

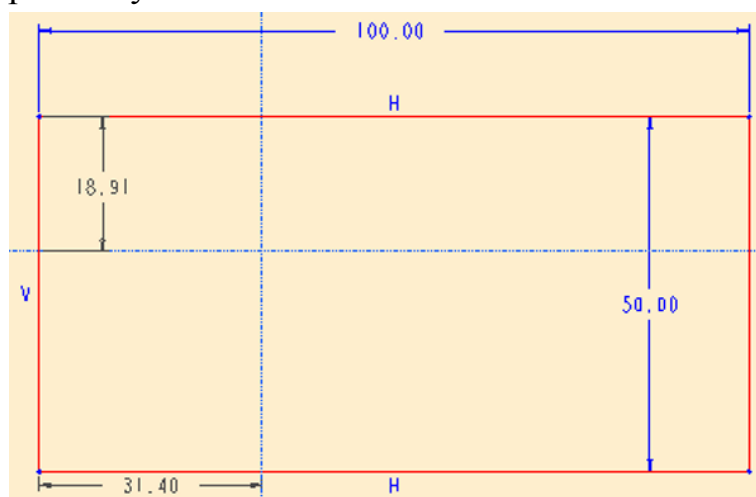
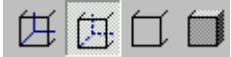


Рис. 2.4.4. Эскиз прямоугольника

Полученный рисунок определяет **ФОРМУ** детали. Для полного определения элемента Pro/ENGINEER автоматически добавляет

недостающие размеры, которые определяют **РАЗМЕР** детали. Также, добавляются зависимости. Они обозначаются маленькими текстовыми символами возле каждой линии. V означает вертикальность, а H означает горизонтальность.

Для того, чтобы задать требуемые размеры прямоугольника выберите пиктограмму , дважды щелкните по каждому размеру и введите необходимые значения. Длина прямоугольника должна быть 100, а высота 50. Измененные размеры окрашиваются в желтый цвет. При этом форма прямоугольника соответственно изменяется. Для завершения работы в эскизе нажмите , затем **BLIND | DONE**, введите 25 в качестве высоты выдавливания и нажмите ENTER. Теперь, когда все атрибуты элемента определены, нажмите **OK** в диалоговом окне **PROTRUSION: EXTRUDE**. В графическом окне появляется параллелепипед (рис.2.4.5). Для просмотра модели целиком выберите в выпадающем меню **VIEW | DEFAULT ORIENTATION** и требуемую пиктограмму отображения .

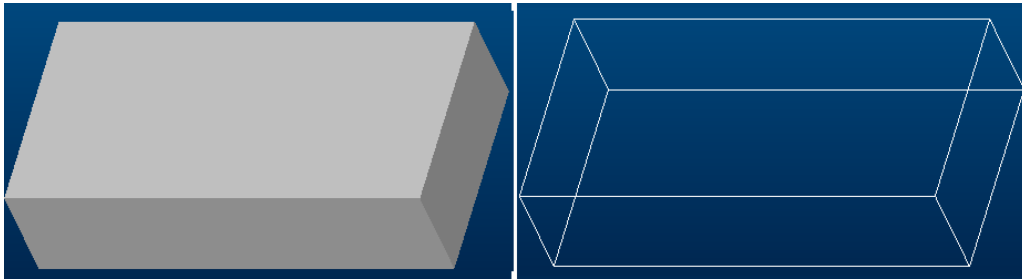


Рис.2.4.5. Первая трехмерная модель

Второй элемент создадим путем вырезания большого центрального отверстия в середине параллелепипеда. На этом этапе нам понадобится не только определить **ФОРМУ** и задать **РАЗМЕРЫ** элемента, но также указать положение этого элемента относительно предыдущего.

Переключитесь в режим условного отображения скрытых линий . В меню **FEATURE** выберите **CREATE ⇒ SOLID ⇒ CUT ⇒ EXTRUDE | SOLID | DONE**.

Так как этот элемент требует указания дополнительной информации по местоположению, то рассмотрим атрибуты этого элемента более подробно. Сначала выберите **ONE SIDE | DONE** и укажите переднюю (большую) поверхность параллелепипеда. Красная стрелка, обозначающая направление выреза, должна указывать внутрь параллелепипеда. Выберите **OKAY**.

Появляется меню, показанное на Рис.2.4.6. Эта серия меню является для начинающих пользователей наиболее трудной для понимания. Рассмотрим их подробнее.



Рис. 2.4.6. Меню SKET VIEW

Указанную поверхность можно представить листом бумаги, на котором будет нарисован эскиз. Теперь, Pro/ENGINEER запрашивает информацию о том, как выровнять этот «лист» эскиза на экране. Это делается путем выбора направления (TOP, LEFT, RIGHT, BOTTOM) и указания второй поверхности параллелепипеда. «Лист» эскиза будет ориентироваться таким образом, чтобы вторая выбранная поверхность поворачивалась в указанном направлении.

Поясним сказанное на примере. Если выбрано **TOP** и указана верхняя часть параллелепипеда, то эскиз будет сориентирован аналогично Рис.2.4.7a. При выборе **RIGHT** результат будет аналогичен Рис.2.4.7b.

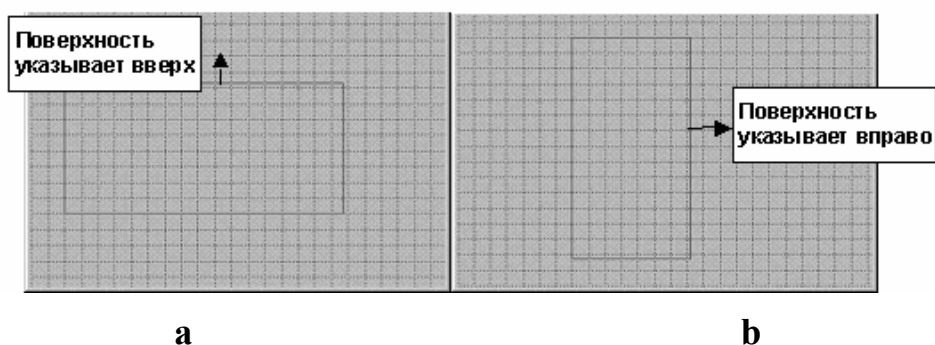


Рис. 2.4.7. Различные ориентации листа эскиза

Не расстраивайтесь, если не всегда поначалу будет получаться ориентировать эскиз требуемым образом. В последней версии Pro/ENGINEER на этот случай предусмотрена новая опция, называемая **DEFAULT** – при ее выборе Pro/ENGINEER самостоятельно выбирает ориентацию. Выберите ее сейчас.

Далее, появляется диалоговое окно **References**, которое позволяет выбирать существующую геометрию для привязки к ним вспомогательных осевых линий эскиза. По умолчанию Pro/ENGINEER предлагает две осевые линии – одну вертикальную и одну горизонтальную. К ним, затем, привязываются размеры всей создаваемой эскизной геометрии. Pro/ENGINEER самостоятельно определяет две подходящие вспомогательные осевые линии, отображает их пунктирными желтыми линиями и показывает в диалоговом окне **References**. В нашем случае расположение осевых линий принципиально и диалоговое окно **References** можно закрыть. Нажмите **Close**.

Сейчас начертим собственно эскиз. Выберите пиктограмму  и укажите точку приблизительно в центре прямоугольника. Немного протащите мышью и увидите окружность. Щелкните мышью второй раз для указания радиуса. **ФОРМА** будущего отверстия определена. Pro/ENGINEER автоматически добавляет все необходимые размеры; вертикальный и горизонтальные размеры определяют положение окружности, а диаметральный определяет размер отверстия(рис.2.4.8). Если положение размеров не соответствует следующему рисунку, то выберите пиктограмму , щелкните по размерному тексту и перетащите его в требуемое положение.

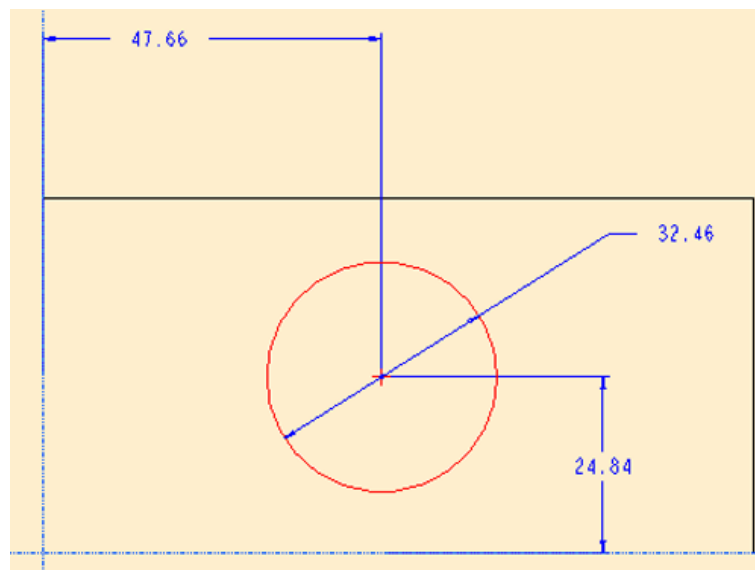


Рис. 2.4.8. Образмеренная окружность

Можно видеть, что размеры окрашены в серый цвет. Это признак т.н. «слабых» размеров («weak» dimensions). Они автоматически удаляются в случае дублирования основных размеров. Проиллюстрируем это на следующем примере. Поставим вертикальный размер для окружности не от нижней, а от верхней кромки. Используйте пиктограмму . Щелкните левой кнопкой мыши по точке центра окружности и по верхней кромке прямоугольника. Затем, щелкните средней кнопкой мыши за пределами прямоугольника. Первый вертикальный размер становится лишним и автоматически удаляется.

Далее, выберите пиктограмму , дважды щелкните по каждому размеру и введите требуемые значения размеров: диаметр 20, расстояние от левой кромки 50 и расстояние от нижней кромки 25. Для завершения работы в эскизе выберите .

Появляется красная стрелка, которая показывает к центру окружности. Она обозначает сторону удаления материала. Если стрелка указывает наружу выберите **FLIP** и **OKAY**. Теперь Pro/ENGINEER запрашивает параметры глубины выреза. Здесь необходимо выбирать опции, отвечающие конструктивному назначению элемента. В нашем случае отверстие должно быть сквозным, поэтому выберите опцию **THRU ALL** (сквозь все) | **DONE**. Можно было выбрать **BLIND** (глухое) и указать глубину 25. На первый взгляд, результат будет тем же. Однако, если толщина параллелепипеда впоследствии будет увеличиваться, то отверстие с фиксированной глубиной превратится из сквозного в глухое. Это не отвечает требованиям конструкции. В процессе проектирования в Pro/ENGINEER всегда выбирайте опции, отвечающие требованиям конструкции. Это называется «*следовать назначению конструкции*».

Для завершения операции выреза отверстия щелкните по **OK** в диалоговом окне **CUT:EXTRUDE**. Для просмотра модели целиком выберите в выпадающем меню **VIEW | DEFAULT ORIENTATION** и требуемую пиктограмму отображения     . (рис.2.4.9).

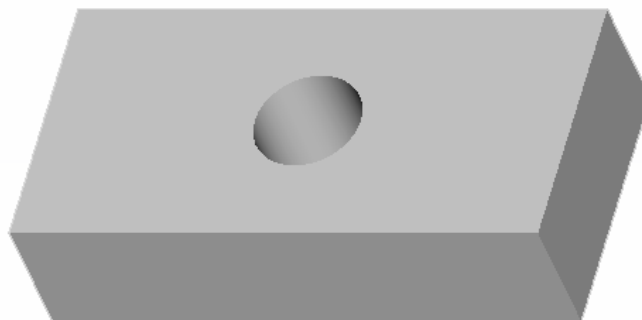


Рис. 2.4.9. Первый элемент выреза

Сейчас создадим второй элемент выреза в виде паза. Эта процедура похожа на предыдущую. Выполните следующее

CREATE □ **SOLID** □ **CUT** □ **EXTRUDE** | **SOLID** | **DONE**
ONE SIDE | **DONE**

Выберите правую торцевую грань блока, затем, **OKAY** и выберите ориентацию **DEFAULT**. Примите выбранные вспомогательные осевые линии и щелкните по **CLOSE**.

Теперь нарисуем четыре прямых линии, представляющие паз. Для этой цели можно было использовать прямоугольник, но мы изучим новый инструмент. Выберите пиктограмму , укажите пять точек в соответствии с Рис.8 и нажмите среднюю кнопку мыши для завершения работы с

инструментом. По завершении создания линий может появиться запрос «Should the highlighted entities be aligned (Следует ли совместить подсвеченные элементы)». Это происходит потому, что в процессе эскизирования точка 1 и 5 не совпали с кромкой прямоугольника и Pro/ENGINEER предлагает их совместить. Следует ответить **OK**. Обратите внимание, что если линии приблизительно горизонтальные или вертикальные, то на них автоматически накладываются зависимости вертикальности и горизонтальности. Установите размеры в соответствии с Рис.2.4.10.

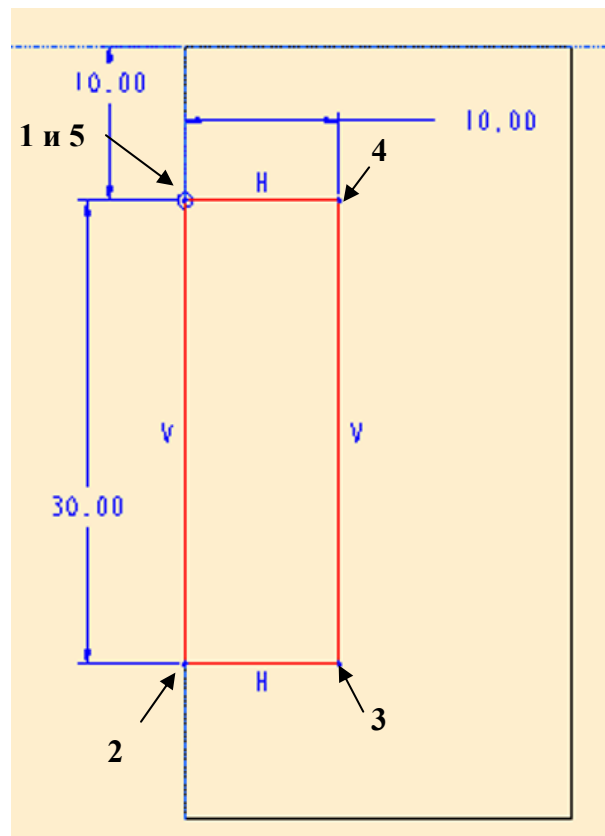
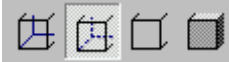


Рис. 2.4.10. Эскиз паза

Для завершения работы в эскизе выберите . Появляется красная стрелка, обозначающая направление удаления материала. Сориентируйте ее внутрь параллелепипеда и нажмите **OKAY**. Выберите **BLIND | DONE**, введите **75** в качестве глубины выреза и нажмите **OK** в диалоговом окне **CUT: EXTRUDE**. Для просмотра модели целиком выберите в выпадающем меню **VIEW | DEFAULT ORIENTATION** и требуемую пиктограмму отображения .

На этом этапе можно сохранить выполненную работу. Выберите **FILE | SAVE** в выпадающем меню. Pro/ENGINEER запросит имя сохраняемой детали. Просто нажмите Enter. Свою работу можно сохранять в любой момент. Если не выполнять промежуточных сохранений, то можно потерять свою работу в случае сбоя системы.

Также, можно вывести свою модель на печать. Для этого необходимо выбрать **FILE | PRINT** в выпадающем меню.

Продолжите процесс моделирования и создайте четыре отверстия в верхней части параллелепипеда. В **Menu Manager** можно видеть элемент, называемый HOLE, но это лишь автоматизированная форма элемента CUT. Отверстия должны быть глухими, глубиной 20 и расположением, соответствующим Рис.2.4.11. Сделайте все четыре отверстия в одном элементе.

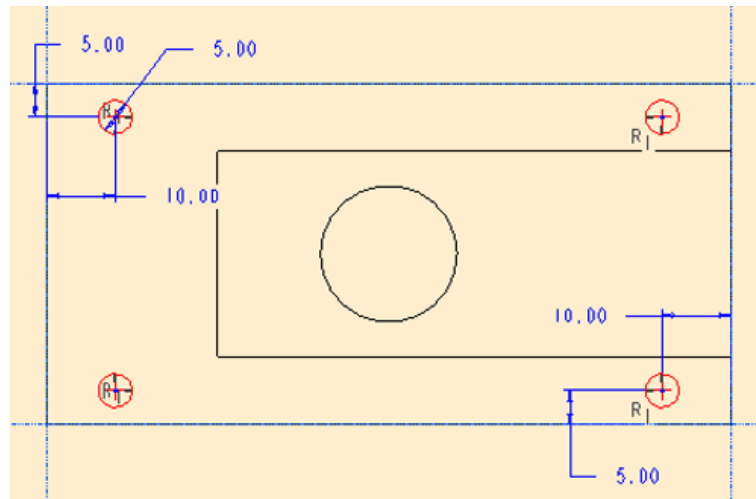


Рис. 2.11. Схема размещения отверстий

По завершении работы с деталью сохраните модель(рис.2.4.12).

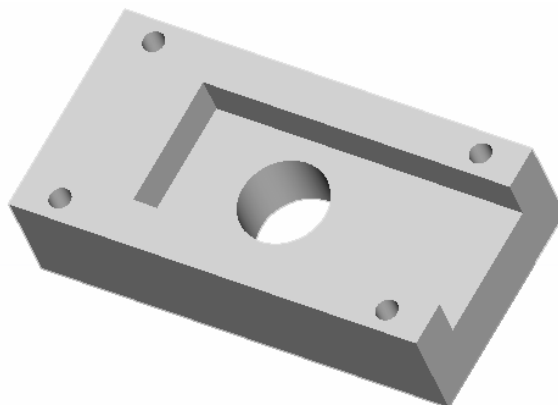


Рис. 2.4.12. Окончательно сформированная деталь

Упражнение 1

Используя навыки полученные при моделировании детали **BODY** создайте модель, показанную на Рис.2.4.13. Выберите в выпадающем меню **FILE | NEW**. Укажите имя. Выдавите материал в форме заглавной буквы **E**. Добавьте отверстия на торцах консолей. Обратите внимание на то, что в одном сеансе Pro/ENGINEER можно работать одновременно с несколькими моделями. Переключение между деталями осуществляется в нижней части выпадающего меню **WINDOW**.

По завершении работы не забудьте сохранить созданные модели. Для завершения сеанса Pro/ENGINEER используйте **FILE | EXIT**.

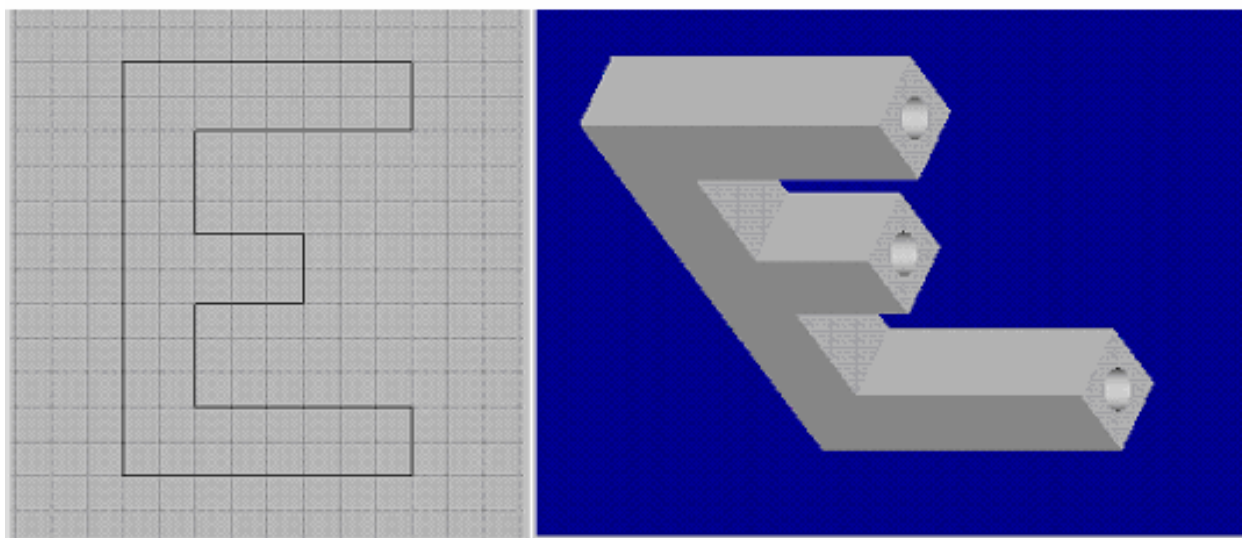


Рис. 2.4.13. Буква Е

Упражнение 2

На Рис.2.4.14 приведены несколько моделей для самостоятельной работы. Размеры и расположение элементов не имеют принципиального значения. Важно добиться требуемой формы. Выполните каждую модель в отдельном файле.

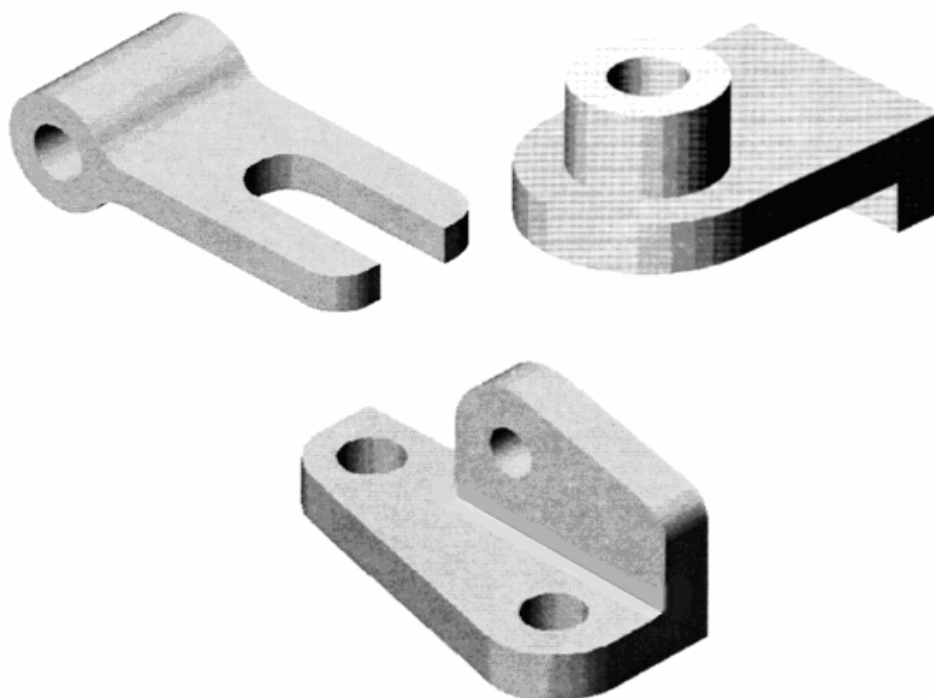


Рис. 2.4.14. Модели для самостоятельной проработки

2.5.Сборка элементов и узлов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА)

2.5.1. Цель работы

Ознакомление с технологией сборки электрорадиоэлементов (ЭРЭ)

2.5.2. Теоретические сведения

Сборка печатных плат с ЭРЭ интегральными микросхемами представляет первый необходимый этап монтажа узла. Она характеризуется тем, что ЭРЭ и интегральные микросхемы геометрически располагаются на печатной плате в соответствии с ее конструкцией и монтажной схемой[9].

Обзор технологии сборки Различают два вида сборки в зависимости от конструкции выводов компонентов и контактных площадок на печатной плате. Если выводы вставляются в отверстия печатных плат, то говорят о процессе установки компонентов со штыревыми выводами, если они накладываются на плоские контактные площадки печатной платы, то это определяется как процесс установки компонентов с планарными выводами.

Вследствие большого числа компонентов и печатных плат с различными электрическими характеристиками и конструкцией к технологическому процессу предъявляется ряд требований, наиважнейшим из которых является согласование процесса сборки с конструкцией собираемых узлов. Однако при этом указывается ряд рабочих операций, которые должны производиться при процессе сборки.

Так как сборка представляет первый этап монтажа, то дефекты сборки в случае, если они остаются не выявленными, отражаются неблагоприятно на дальнейших этапах монтажа и являются причиной дополнительных расходов. На этом основании операция сборки должна выполняться с достаточной тщательностью в общем технологическом процессе монтажа узлов. Хорошо продуманный процесс сборки, который включает проверку узлов перед контактированием, позволяет избежать нежелательных переделок.

При технической реализации процесса сборки различают ручную и автоматизированную сборку, причем в качестве критерия при классификации существующих вариантов считается исполнение выводов компонентов для установки в отверстия или совмещения с плоскими контактными площадками. Этот процесс установки представляет собой центральный технологический этап сборки.

При выборе метода сборки руководствуются многими фактора. Важнейшие факторы, влияющие на сборку, представлены на рисунке 2.5.1.

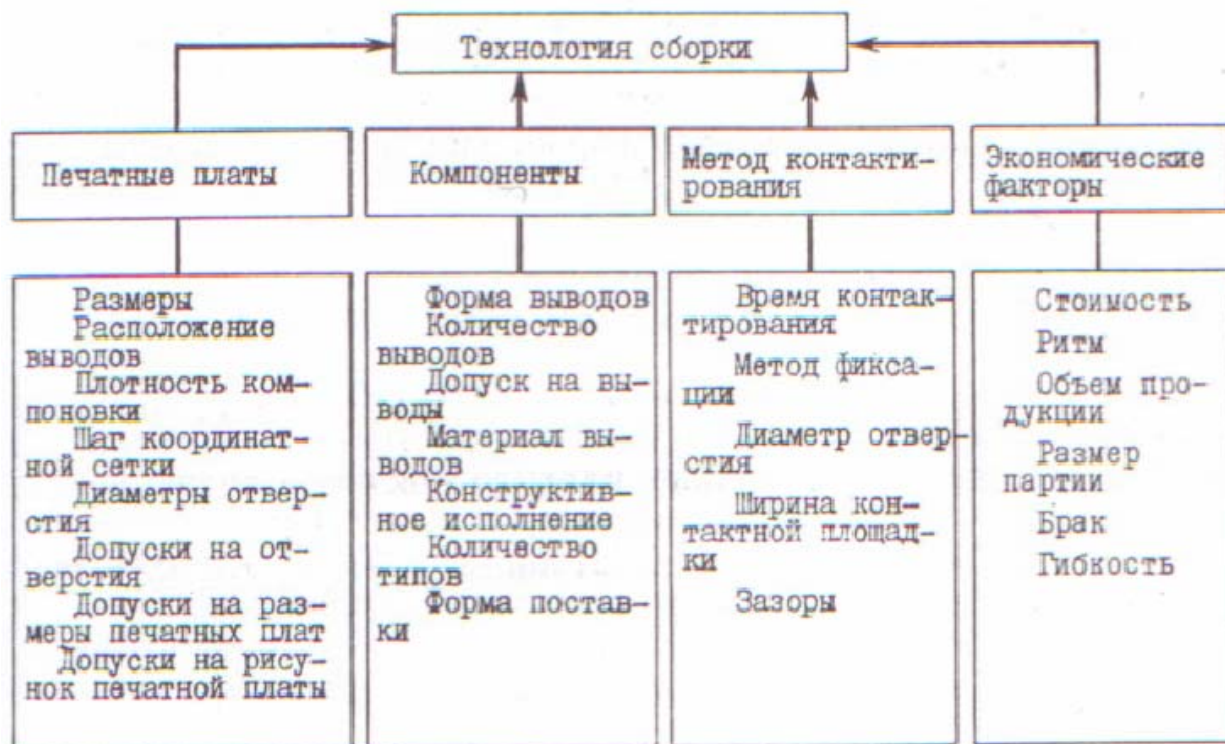


Рис. 2.5.1. Факторы, влияющие на технологию сборки

Эта схема показывает, что оптимальная технология сборки требует согласования многих факторов изготовления узла. Оптимальная технология сборки не может не оказывать влияния на содержание других составных частей технологии узла, поэтому необходимо рассматривать сборку как часть общей системы изготовления узла.

Ручная сборка При ручной сборке установка компонентов в отверстия или установка на контактные площадки производится вручную. На этом этапе выполняются важнейшие функции переноса, передвижения, управления и контроля процесса сборки.

Типы и размеры печатных плат, а также ассортимент ЭРЭ при ручной сборке не имеет ограничений, равно как и пространственное расположение компонентов на печатной плате. Однако расположение компонент (удобство визуального контроля, расстояния, направление полярных компонентов), правильно выбранное конструктором в расчете на ручную сборку, позволяет увеличить скорость сборки. При ручной сборке осуществляется постоянный визуальный контроль процесса сборки. Это позволяет, с одной стороны, использовать относительно большую область допусков на размеры выводов и монтажных отверстий или контактных площадок, с другой стороны, делает возможным обнаружение дефектов печатных плат или компонентов в процессе сборки.

Решающий недостаток ручной сборки по сравнению с автоматизированной заключается в большем времени сборки на один компонент и необходимости большего числа рабочих

Подготовка компонентов Чтобы достигнуть максимальной скорости работы при ручной сборке, необходимо соответствующим образом подготовить компоненты. Благодаря подготовке компонентов, например, при сборке ЭРЭ с аксиальными выводами получается экономия сборочного времени на 50% по отношению к неподготовленным ЭРЭ. Значение подготовки компонент повышается тем, что эта операция реализуется относительно просто, выполняется высокопроизводительными устройствами и благодаря этому является относительно дешевой.

Чтобы совсем упростить подготовку компонентов, их выводам придают нужную форму для сборки уже при изготовлении. К таким компонентам относятся интегральные микросхемы с двухрядным расположением выводов, интегральные микросхемы в плоских корпусах, многовыводные диоды и компоненты в призматическом корпусе. Однако ЭРЭ с аксиальными выводами, транзисторы, интегральные микросхемы в круглых корпусах и большое число конденсаторов должны подготавливаться посредством резки и гибки.

Установка компонентов Если компонент располагается в форме, удобной для сборки, то задача сборки компонента состоит в том, чтобы достать нужный компонент, установить его в указанном направлении на определенное место на печатной плате и затем зафиксировать. Чтобы этот процесс мог выполняться за более короткое время, необходимо с одной стороны, удобное расположение печатной платы и компонента на рабочем месте и, с другой стороны, подготовка информации о компоненте, предназначенном для сборки, и о месте, выделенном для сборки.

Для подготовки информации при ручной сборке существуют различные методы. Наиболее часто применяемым методом является печатание со стороны сборки (с обратной стороны) печатной платы. При этом на стороне сборки печатной платы печатается обозначение, номер и затем направление собираемого компонента. Кассеты для компонентов имеют такое же обозначение, так что ошибка в дальнейшем исключается. Если маркировку для сборки нанести трудно или невозможно, как, например, при наличии печатных проводников, то применяют обозначения, которые частично или полностью наносятся на сборочный чертеж платы. Иногда применяют образцы печатных плат, собранные без дефектов проверенные.

Печатные платы при сборке устанавливаются обычно в раму (иногда много плат одновременно), при повороте которой создается удобное положение для работы. Компоненты располагаются в хорошо маркированных и легко доступных местах.

Фиксация компонентов Положение компонентов, полученное при сборке, не должно изменяться до момента контактирования. Поэтому компоненты должны быть зафиксированы на печатной плате. Фиксация компонентов на печатных платах может осуществляться различными методами. Оптимальная фиксация должна удовлетворять следующим требованиям:

- не допускать применения дополнительных элементов на печатной плате и компонентах;
- быть легко выполнимой;
- выдерживать собственный вес компонента;
- фиксация должна производиться при определенных условиях обратным ходом.

Для каждого типа компонентов существуют различные методы фиксации. На рисунке 2.5.2 представлены некоторые возможные методы фиксации компонентов со штыревыми выводами. Аксиальные выводы компонентов закрепляются расплющиванием или гибкой с помощью вспомогательных инструментов, имеющихся в распоряжении. У компонентов с большим количеством выводов по меньшей мере два вывода, проходящих через плату, загибают или расплющивают. Это должно выполняться качественно, не вызывая коротких замыканий с близлежащими проводниками и контактными площадками. При загибке эта опасность больше, чем при расплющивании. При конической форме вывода фиксация в монтажных отверстиях для легких компонентов (например, многовыводных диодов) происходит благодаря приложенной силе.

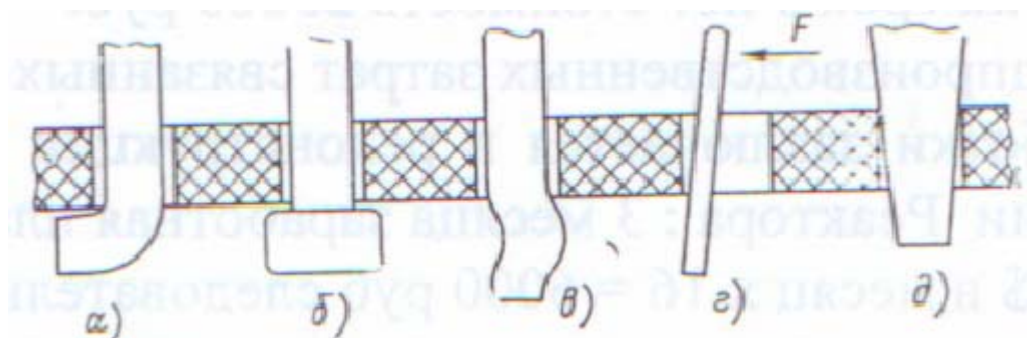
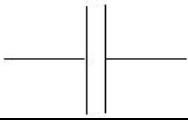
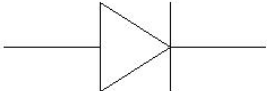
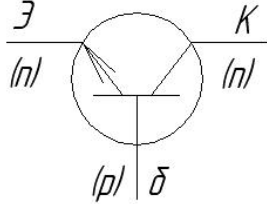


Рис. 2.5.2. Методы фиксации компонентов со штыревыми выводами: а – загибка; б – расплющивание; в – деформация выводов; г – пружинящие выводы; д – трение

2.5.3 Порядок выполнения работы

1. В соответствии с таблицей 2.5.1 получить у лаборанта используемые в работе ЭРЭ и печатную плату для их установки.
2. Установить ЭРЭ в отверстия печатной платы в соответствии с выводами элементов.
3. Последовательно зафиксировать ЭРЭ на печатной плате.
4. Припаять места контакта выводов элементов с печатной платой.

Таблица 2.5.1. Используемые ЭРЭ

№ п/п	Название	Обозначение	Условное графическое обозначение
1	Резистор	R	
2	Конденсатор	C	
3	Диод	Д	
4	Транзистор <i>n-p-n</i> -типа	T	

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металла. - М.: Машиностроение, 1975, с.344.
2. Валетов В.А. Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей в приборостроении. Учебное пособие. - Л.: ЛИТМО, 1989, с. 100.
3. Валетов В.А. Оптимизация микрогеометрии поверхностей для их конкретных функциональных свойств. СПбГУ ИТМО, 2007, 190с.
4. ГОСТ 2789-73, ГОСТ 2.309-73 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ. -М.:Издательство стандартов, 1975, с.24
5. Вульф А.М. Резание металлов. Изд. 2-е. - Л.: Машиностроение 1973, с. 496
6. Демкин Н.Б. Качество поверхности и контакт деталей машин. - М.:Машиностроение, 1981г.
7. Дунин-Барковский И.В., Карташова А.Н. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. -М.: Машиностроение, 1978.
8. Дьяченко П.Е. Влияние качества поверхности на её износ. - В кн. Качество поверхности и контакт деталей машин. - Л.: Машгиз., 1950г., с. 20-31.
9. Ханке Х., Фабиан Х. Технология производства радиоэлектронной аппаратуры.- М.: Энергия. 1980
10. Хусу А.П., Виттенберг Ю.Р., Палыпов В.А. Шероховатость поверхностей. М.: Наука, 1975г., 344с.

В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Кафедра технологии приборостроения была создана как ведущая и обслуживала чтением лекций по курсу “Технология приборостроения” все выпускающие кафедры ВУЗа. На заведование кафедрой был приглашен профессор Знаменский А.П. – главный инженер завода ГОМЗ, автор первого “Справочника Металлиста”, известного во многих странах мира. Преподавателями и сотрудниками кафедры были приглашены высококвалифицированные специалисты, в основном работники промышленности – проф. Соколов - главный инженер инструментального завода им. Васкова, Буталов В.И., Бельфир, Казак и др. Нужно отметить, что до 1961года кафедра была слабо оснащена оборудованием и поэтому большое время уделялось прохождению практики непосредственно на заводах “ГОМЗ”, “Красногвардеец”, “Пишмаш” и др., где давались хорошая подготовка, как по работе на станках, так и по разработке грамотных технологических процессов. В 1951г. в кафедру влились кафедры станков и теории резания. После смерти А.П.Знаменского заведующими кафедрой были сотрудники института проф. Барун В.А., Маталин А.А., Соболев Н.П., научные труды которых использовались в качестве учебников. Учитывая длительный срок эксплуатации, оборудование устарело и было изношено. При кафедре имелись небольшие мастерские (25 токарных станков “ДИП”, 3 фрезерных станка “Красный пролетарий” и другое вспомогательное оборудование). По своей оснащенности она не удовлетворяла качества подготовки инженеров-технологов.

На кафедре ученое звание профессора имел только Н.П.Соболев – заведующий кафедрой. В 1962 году, после смерти профессора Соболева Н.П. заведующим кафедрой был избран лауреат Ленинской премии, д.т.н., профессор С.П.Митрофанов, прошедший школу по всем этапам производства: механика, начальника технологического и конструкторского бюро, главного технолога завода, начальника производства и главного инженера завода “ГОМЗ”. В течение шести лет, с 1954 по 1961 год, он курировал всю промышленность и науку города и Ленинградской области, работая секретарем Ленинградского ОК КПСС.

Кроме учебных лабораторий в 1964 году была создана отраслевая лаборатория по технологии и организации группового производства, ведущая НИР со многими предприятиями не только страны, но и ГДР, ЧССР, Болгарией, Венгрией, Великобританией и др. Кафедра и ее лаборатории стали поставщиком кадров не только для нашего ВУЗа, но и ВУЗов других регионов. За время работы с 1964 года подготовлено более 100 к.т.н. и несколько д.т.н.

В настоящее время на кафедре работают 7 профессоров и 9 доцентов.

С.П.Митрофанов оставил заведование кафедрой в связи с возрастом, оставаясь профессором кафедры. С 1998 года кафедру возглавлял проф. Н.Д.Фролов. В настоящий момент кафедру возглавляет Е.И. Яблочников.

**Вячеслав Алексеевич Валетов
Юрий Петрович Кузьмин
Сергей Дмитриевич Третьяков
Анна Алексеевна Орлова**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Дизайн обложки Н.А. Мальцева

**Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского государственного университета
информационных технологий, механики и оптики**

Заведующая РИО СПбГУИТМО Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Объем 140 стр. Тираж 100 экз. Подписано к печати

Заказ № 1161

Отпечатано на ризографе

