

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АВИАЦИОННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «АВИАСТРОЕНИЕ»

Пояснительная записка

ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

**НА ТЕМУ: «Технология заготовительно – штамповочных работ в
производстве летательных аппаратов»**

ВЫПОЛНИЛ: ст-т гр. 135б-10 АР Гоибов Э.

ПРИНЯЛ: доц. Н.А. Абдужабаров

Ташкент-2013 г.

Содержание.

Введение.....	4
1. Описание материала для изготовления детали «нервюра предкрылка.....	5
2. Свойства дюралюминиевого сплава Д16.....	6
3. Определение длины развертк.	7
4. Определение коэффициента использования материала.....	8
5. Расчёт параметров гибка.....	9
6. Выбор прессы.....	9
7. Выбор конструктивных размеров рабочих деталей гибочного штампа.....	9
8. Применение CAD/CAE/CAM систем в проектировании технологической оснастки.....	13
9. Список литературы.	14

Заготовительно-штамповочные работы

Заготовительно-штамповочные работы представляют собой процессы обработки, основанные на пластической деформации материалов и позволяющие получать разнообразные по форме, размерам и назначению детали, изготавливаемые из металлических и неметаллических листов, лент, профилей и труб. В силу специфичности конструкции летательных аппаратов заготовительно-штамповочные работы являются одним из основных процессов изготовления деталей. Холодной штамповкой перерабатываются 70-80% от веса всех материалов летательного аппарата, стоимость которых составляет около 40% стоимости изготовления летательного аппарата (самолета). В самолетостроении трудоемкость заготовительно-штамповочных работ составляет 10-12% от общей трудоемкости изготовления самолетов.

Возрастающая возможность оборудования, применяемого для заготовительно-штамповочных работ, позволяет изготавливать крупногабаритные детали из листового и профилированного материала, т. е. заменить сварные и клепаные узлы цельноштампованными деталями, что отвечает современным тенденциям сокращения количества расчлененных элементов в конструкции летательных аппаратов, что в конечном счёте, снижает общий вес конструкции и трудоёмкость клепально-сборочных работ.

Заготовительно – штамповочные работы занимают в настоящее время весьма важное место в технологической цепи изготовления деталей самолетов и большинства современных машин и агрегатов. Преимущества ЗШР в технологическом отношении:

1. Возможность получения деталей весьма сложных форм, которые другими методами изготовления либо не возможна, либо затруднительно.
2. Возможность прочных и жестких при малой их массе, что весьма важно в производстве деталей летательных аппаратов.
3. Возможность получения взаимозаменяемых деталей с достаточно высокой точности размеров преимущественно без последующей механической обработки.

Кронштейн крепления стрингера, шпангоута и обшивки

Кронштейны являются ответственными несущими металлоконструкциями, что предъявляет к ним особые требования. Ключевым параметром любого кронштейна является его несущая способность, возможность выдержать определенную нагрузку, что в первую очередь учитывается в ходе процесса изготовления. Данный вид продукции получил самые разнообразные области применения в современных условиях:

- Кронштейны, применяемые при монтаже несущих металлоконструкций;
- Крепление рекламных конструкций, щитов с помощью кронштейнов;
- Установка при помощи кронштейнов радиаторов отопления, другого оборудования;
- Кронштейны, используемые в ходе монтажа систем кондиционирования и вентиляции.

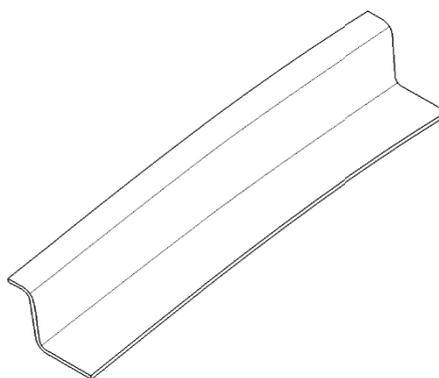


Рис. 1. Обода шпангоута.

Помимо этого, кронштейны широко применяются в различных других областях, охватывающих сферы жизнедеятельности современного общества. Как правило, кронштейны изготавливаются из черной листовой или нержавеющей стали, что обеспечивает изделиям высокую прочность. Готовые изделия отправляются на покраску или оцинковку с целью придания максимальной устойчивости к воздействию разрушающих внешних факторов. Как правило, предел прочности кронштейнов (их максимальной несущей способности) значительно

выше нагрузки, возлагаемой на изделие в процессе эксплуатации. Подобная мера необходимо прежде всего для целей соблюдения безопасности изготовление кронштейнов

Описание материала для изготовления детали обода шпангоута

Из алюминиевых сплавов наибольшее применение находят сплавы Д16, Д19, АМц, АМг, В95, В65, АК6, О1420, АЛ9, АЛ19. Из сплава АК6 (алюминий ковочный) системы Al-Mn изготавливают детали, работающие при температуре до 180 °С.

Из сплавы Д19 изготавливают детали работающие при температуре до 300°С из листов, поставляемых отожженным или закаленном состоянии.

Сплавы АМц и АМг обладают высокой пластичностью, коррозионной стойкостью, хорошей свариваемостью. По этому их применяют для изготовления топливных баков и других деталей бензо и маслопроводов, герметичных кабин.

Сплав В65 называют «заклепочным» т.к. он в основном применяется для изготовления заклёпок 65-70% заклёпок изготавливают из этого сплава. Из высокопрочного алюминиевого сплава В95 изготавливают детали работающие при температуре до 150°с. Из этого сплава изготавливают основные силовые детали самолета лонжероны шпангоуты, стрингеры, монолитные панели, нервюры, обшивки и другие детали. Листы, пресованные профили и монолитные панели из этого сплава поставляются металлургическими заводами как в отожженном, так и в закаленном и искусственно состаренном состоянии. После закалке и искусственного старения по режиму Т1 сплав В95 приобретает следующие механические свойства:

$$\sigma_{\sigma} = 600 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{0,2} = 550 \text{ МПа};$$

$$\delta = 12\%$$

Супердуралюмин Д16АТВ:

$$\sigma_{\sigma} = 420 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{0,2} = 320 \text{ МПа};$$

$$\delta = 17\%$$

Удельный вес алюминия $\gamma_{al} = 2,78 \text{ г/см}^3$

1. Определение длины развертки

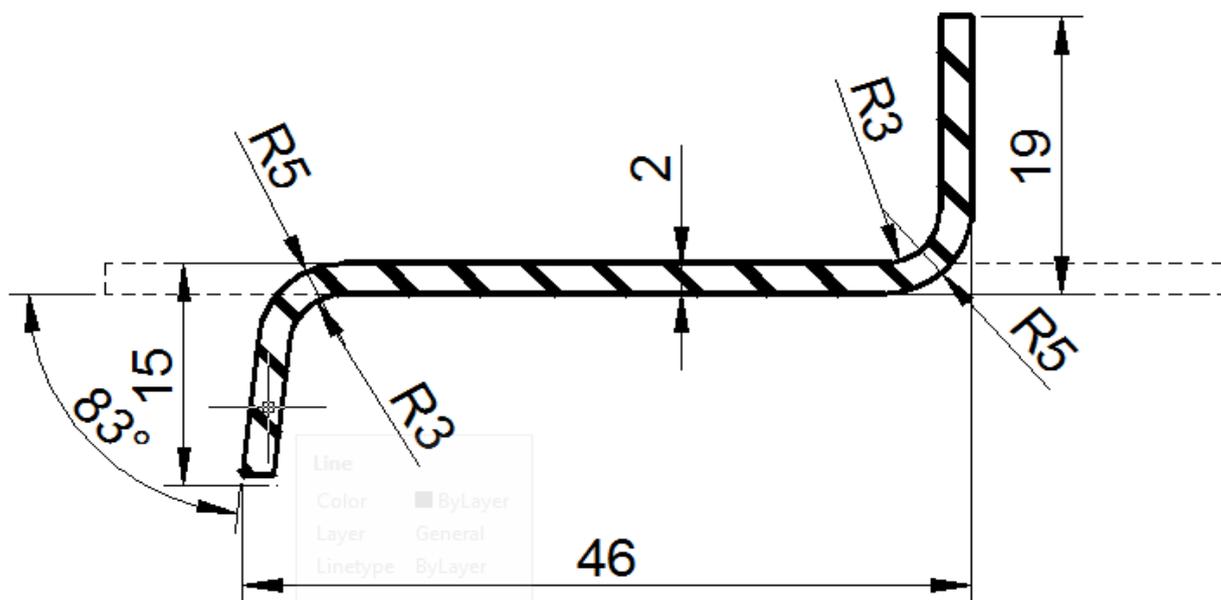


Рис. 2. Схема определения размеров заготовки.

Габаритные размеры заготовки определяется по формуле:

$$L = a + b + c + (R1 + R2) \cdot \pi / 2$$

где: $a = 15 \text{ мм}$; $b = 19 \text{ мм}$; $c = 46 \text{ мм}$; $R1 = 3 \text{ мм}$; $R2 = 5 \text{ мм}$.

$$L = a + b + c + (R1 + R2) \cdot \pi / 2 = 15 + 19 + 46 + (3 + 5) \cdot 3,1416 / 2 \approx 92,56 \text{ мм}.$$

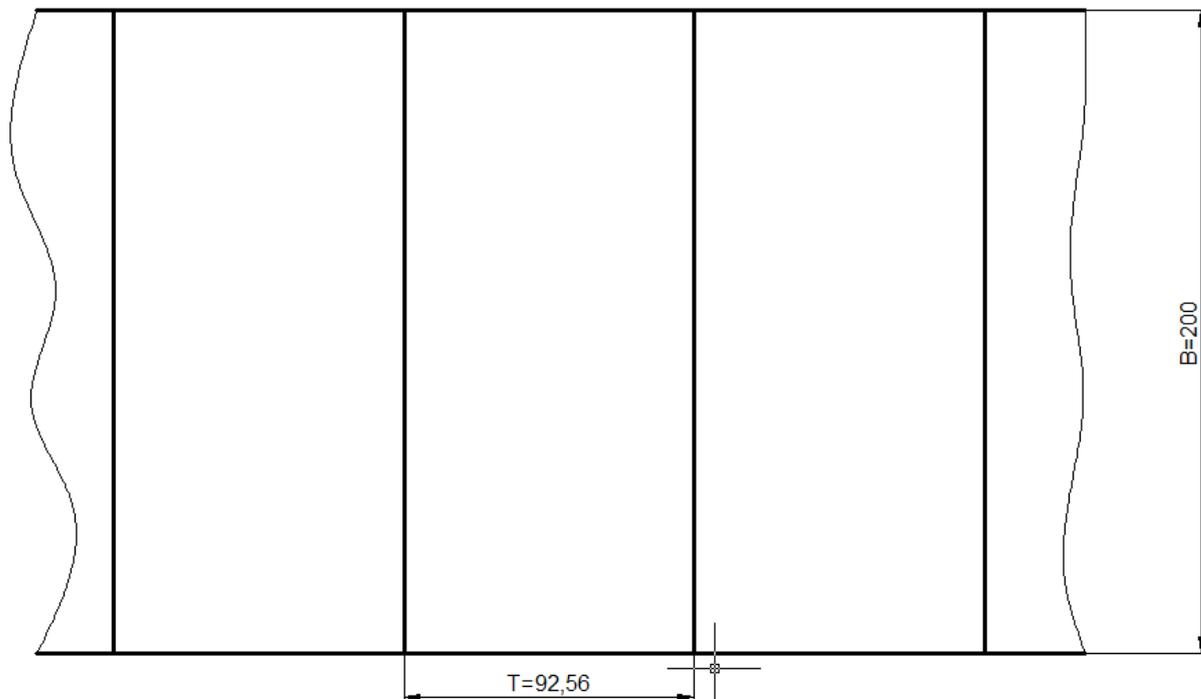


Рис 3. Распределение заготовки на полосе.

1. Определение коэффициента использования материала.

$$\eta = \frac{F_{\partial}}{F_3} \cdot 100\%$$

где: F_{∂} - площадь поверхности детали,

$$F_{\partial} = L \cdot B = 0,925 \cdot 0,2 = 0,1851 \text{ м}^2.$$

F_3 - площадь заготовки,

$$F_3 = T \cdot B = 0,925 \cdot 0,2 = 0,1851 [\text{м}^2].$$

Тогда коэффициента использования материала равна:

$$\eta = \frac{F_{\partial}}{F_3} \cdot 100\% = \frac{0,1851}{0,1851} \cdot 100\% = 100\%$$

2. Расчёт усилия вырубки.

Усилия вырубки определяется по формуле из условия среза:

$$P_b = B \cdot t \cdot \tau_{кр} [\text{Н}]$$

где: B – длина заготовки, $B = 200$ мм;

t - толщина материала, $t = 2$ мм;

$\tau_{кр}$ - критическое напряжение материала из условия среза,

$$\tau_{кр} = 0,7 \cdot \tau_{с}, \tau_{с} = 0,75 \cdot \sigma_{с}$$

$\sigma_{с}$ - временное сопротивление материала листов, для листов из материала Д16АТВ оно приблизительно равно $\sigma_{с} = 420$ Н / мм² ;

$$\tau_{с} = 0,75 \cdot \sigma_{с} = 0,75 \cdot 420 = 315 \text{ Н / мм}^2 \quad \tau_{кр} = 0,7 \cdot \tau_{с} = 0,7 \cdot 315 = 220 \text{ Н / мм}^2$$

Тогда усилия вырубки равна:

$$P_b = B \cdot t \cdot \tau_{кр} = 200 \cdot 2 \cdot 220 = 88000 \text{ Н}$$

3. Расчет усилия снятия и проталкивание детали.

Усилия снятия определяется по формуле:

$$P_{сн} = P_b \cdot K_{сн} \text{ [Н]}$$

где: P_b - расчет усилия вырубки, $P_b = 88000$ Н;

$K_{сн}$ - коэффициент снятия, $K_{сн} = 0,04$ (табл. 9 РТМ 36-65);

Усилия снятия равна:

$$P_{сн} = P_b \cdot K_{сн} = 88000 \cdot 0,04 = 3520 \text{ Н}$$

Усилия проталкивание детали определяется по формуле:

$$P_{пр} = P_b \cdot K_{пр} \cdot n$$

где: P_b - расчет усилия вырубки, $P_b = 88000$ Н;

$K_{пр}$ - коэффициент проталкивания, $K_{пр} = 0,04$ (табл. 9 РТМ 36-65);

$$n = \frac{h}{t} = \frac{6}{2} = 3$$

здесь: h - высота шейки матрицы, $h = 6$ мм (табл. 184 "Справочник по холодной штамповке" В.П. Романовский);

t - толщина материала, $t = 2$ мм;

Усилия проталкивание детали равна:

$$P_{пр} = P_b \cdot K_{пр} \cdot n = 88000 \cdot 0,04 \cdot 3 = 10560 \text{ Н}$$

5. Выбор прессы.

Пресс выбираем по необходимому усилию, которое он должен развивать. Оно равно сумме усилий вырубки, снятия и проталкивание:

$$P_{\text{общ}} = P_b + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 88000 + 3520 + 10560 = 102080 \text{ Н}$$

Выбираем пресс с усилием большим или равным.

Расчёт параметров гибки

7. Определение минимального радиуса гибки

$$r \geq r_{\text{min}} = a \cdot t$$

где: a – 1,5 по табл. 1. по гибке.

t – толщина материала, $t = 2$ мм;

$$r_{\text{min}} = a \cdot t = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ мм}; \quad r_1 = 3 \text{ мм}; \quad r_2 = 5 \text{ мм};$$

Значит гибка возможна.

8. Расчет необходимого усилия гибки

$$P_2 = 1,25 \cdot K \cdot B \cdot t \cdot \sigma_6 [\text{Н}]$$

где: K – коэффициент, $K = 0,2$ (табл. 62 РТМ);

B – суммарная длина линий изгиба, $B = 200$ мм;

t – толщина материала, $t = 2$ мм;

$$\sigma_6 = 420 \text{ Н / мм}^2;$$

Тогда расчет необходимого усилия гибки равна:

$$P_2 = 1,25 \cdot K \cdot B \cdot t \cdot \sigma_6 = 1,25 \cdot 0,2 \cdot 2 \cdot 200 \cdot 420 = 42000 \text{ Н}$$

Выбираем пресс с усилием ≥ 42000 Н

9. Выбор конструктивных размеров рабочих деталей гибочного штампа.

Гибка сопровождается остаточным пружинением на угол $\Delta\alpha$. Для учета $\Delta\alpha$ корректируют радиус и уголгиба.

$$\alpha_o = \left(1 + 3 \cdot \frac{\sigma_\epsilon}{E \cdot \left(\frac{r}{t} + \frac{1}{t} \right)} \right) \cdot 90^\circ [\text{град}]$$

где: α_o - расчётный уголгибки;

$$\sigma_\epsilon = 420 \text{ Н / мм}^2;$$

E – модулуупругости, $E = 72 \text{ КН}$;

r – расчётной радиусгибки, $r = 3 \text{ мм}$;

t – толщина материала, $t = 2 \text{ мм}$;

Тогда расчётный уголгибки равна:

$$\alpha_o = \left(1 + 3 \cdot \frac{\sigma_\epsilon}{E \cdot \left(\frac{r}{t} + \frac{1}{t} \right)} \right) \cdot 90^\circ = \left(1 + 3 \cdot \frac{420}{72000 \cdot \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{2} \right)} \right) \cdot 90^\circ = 90,8^\circ$$



Рис 9. Определение расчётный радиусгибки.

Применение CAD/CAE/CAM систем в проектировании технологической оснастки

Почти все крупные предприятия используют в своей работе возможности компьютерной техники, в частности CAD, CAE, CAM технологии, т.к. они предоставляют ряд преимуществ, таких как:

- Совершенствование методов проектирования, в частности, использование методов многовариантного проектирования и оптимизации для поиска эффективных вариантов и принятия решений.

- Повышение доли творческого труда инженера-проектировщика.
- Повышение качества проектной документации.
- Совершенствование управления процессом разработки проектов.
- Частичная замена натуральных экспериментов и макетирования моделированием на ЭВМ.
- Уменьшение объёма испытаний и доводки опытных образцов в результате повышения уровня достоверности проектных решений и, следовательно, снижение временных затрат.

В настоящее время ситуация в области систем автоматического проектирования (САПр) технических систем сложилась таким образом, что образовался очевидный разрыв между специализированным информационным и программным обеспечением, реализующим проектный расчет изделий на различных этапах проектирования (специализированные САПР), и инструментальными средствами проектирования на ЭВМ. CAD, CAE, CAM системы предназначены для комплексной автоматизации проектирования, конструирования и изготовления продукции. В них фактически объединены три системы разного назначения, разработанные на единой базе, аббревиатуры которых расшифровываются следующим образом:

CAD - ComputerAidedDesign - компьютерная поддержка конструирования;

CAE - ComputerAidedEngineering - компьютерная поддержка инженерного анализа;

CAM - ComputerAidedManufacturing - компьютерная поддержка изготовления;

Этап конструирования (CAD, CAE) предполагает объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерный анализ на расчётных моделях высокого уровня, оценку проектных решений, получение чертежей.

Этап технологической подготовки производства (АСТПП) - на Западе называют CAPP (ComputerAutomatedProcessPlaning) - предполагает разработку технологических процессов, технологической оснастки, управляющих программ (УП) для оборудования с ЧПУ. Сюда

входит задача САПр ТП - разработка технологической документации (маршрутной, операционной), доводимой до рабочих мест и регламентирующей процесс изготовления детали. Конкретное описание обработки на оборудовании с ЧПУ в виде управляющих программ вводится в систему автоматизированного управления производственным оборудованием (АСУПР), которую на Западе называют САМ.

CAE системы, используемые для анализа и оценки функциональных свойств проектируемых узлов и деталей, охватывают широкий круг задач моделирования упругонапряженного, деформированного, теплового состояния, колебаний конструкции, стационарного и нестационарного газодинамического и теплового моделирования с учетом вязкости, турбулентных явлений, пограничного слоя и т.п. Наиболее распространены CAE - системы, использующие решение систем дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов (МКЭ). Они делятся на универсальные системы анализа с использованием МКЭ и специализированные.

В зависимости от функциональных возможностей, набора модулей и структурной организации CAD, CAE, САМ системы можно условно разделить на три группы: легкие, средние и тяжелые системы.

Легкие системы. Это первый в сложившемся историческом развитии класс систем. К этой категории можно отнести такие системы, как AutoCAD, CAD-KEY, PersonalDesigner, ADEM, КОМПАС. Они, как правило, используются на персональных компьютерах отдельными пользователями. Такие системы предназначены в основном для качественного выполнения чертежей. Также они могут использоваться для двухмерного (2D) моделирования и трёхмерных построений. Эти системы достигли в последнее время высокого уровня совершенства. Они просты в использовании, содержат множество библиотек стандартных элементов, поддерживают различные стандарты оформления графической документации.

Системы среднего класса. Сравнительно недавно появившийся класс относительно недорогих трёхмерных CAD систем. К нему относятся системы AMD, SolidEdge, SolidWorks и т.д. Их появление связано с увеличением мощности персональных компьютеров и развитием операционной системы. С их помощью можно решать до 80%

типичных машиностроительных задач, не привлекая мощные и дорогие CAD, CAM системы тяжёлого класса. Большинство систем среднего класса основываются на трёхмерном твёрдотельном моделировании. Они позволяют проектировать большинство деталей, сборочные единицы среднего уровня сложности, выполнять совместную работу группам конструкторов. В этих системах возможно производить анализ пересечений и зазоров в сборках.

Системы тяжёлого класса. Такие системы предоставляют полный набор интегрированных средств проектирования, производства, анализа изделий. В эту категорию систем попадают T – flex CAD, CATIA, Unigraphics, Pro/ENGINEER, CADD5, EUCLID, Cimatron, Ansys, LS - Dyna, Adams, Nastran, ABAQUS, AutoCAD, Inventor Fusion, Compas. Они используют мощные аппаратные средства, как правило, рабочие станции с операционной системой UNIX. Системы тяжёлого класса позволяют решать широкий спектр конструкторско-технологических задач. Кроме функций, доступных системам среднего класса, тяжёлым CAD, CAM системам доступно:

- проектирование деталей самого сложного типа, содержащих очень сложные поверхности;
- выполнение построения поверхностей по результатам обмера реальной детали, выполнения сглаживания поверхностей и сложных сопряжений;
- проектирование массивных сборок, требующих тщательной компоновки и содержащих элементы инфраструктуры (кабельные жгуты, трубопроводы);
- работа со сложными сборками в режиме вариантного анализа для быстрого просмотра и оценки качества компоновки изделия.

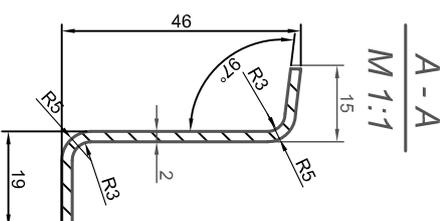
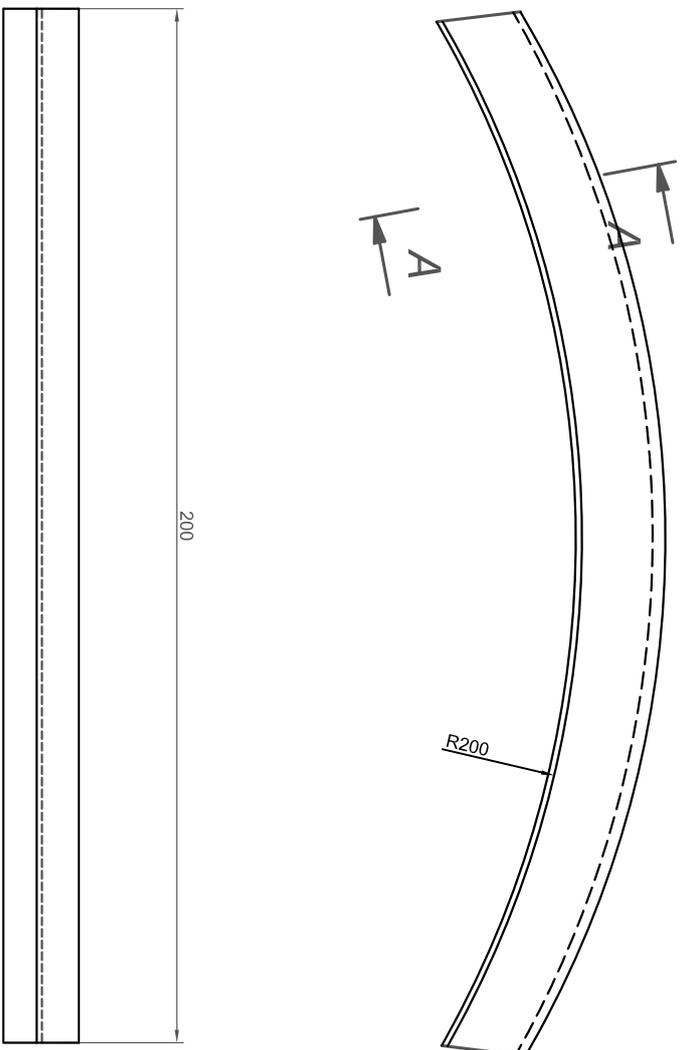
Можно утверждать, что в будущем для автоматизированной разработки двигателей преимущественно будут использоваться тяжёлые системы во взаимодействии со специализированными САПр, поскольку они значительно снижают трудоемкость проектирования и конструирования.

Отдельно можно выделить PDM системы. PDM - ProductDataManagement - системы управления проектными и

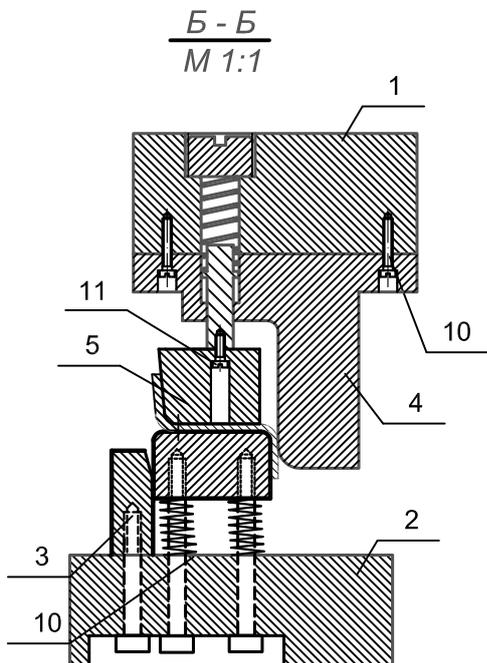
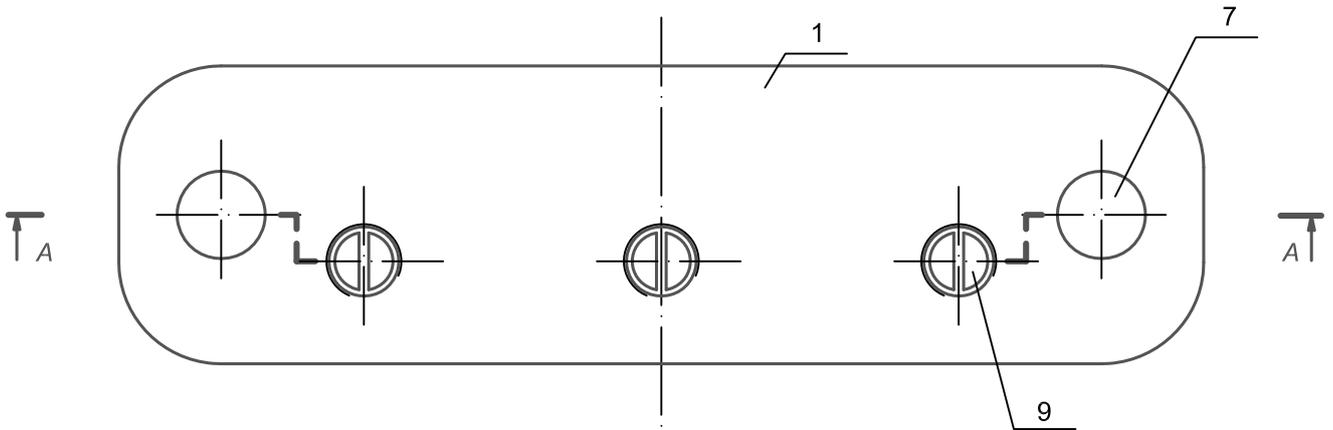
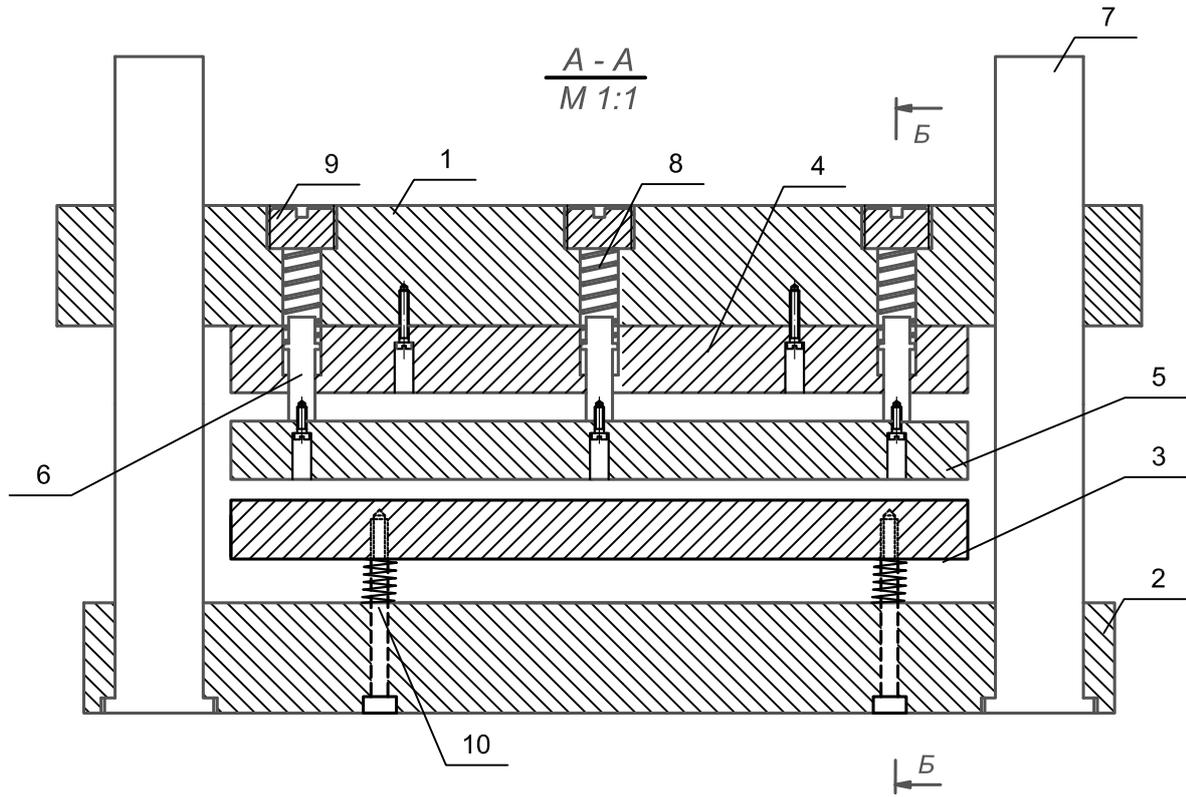
инженерными данными. CAD, CAE, CAM системы и системы класса PDM позволяют организовать параллельное проектирование - коллективный режим работы над проектом, когда одновременно большое количество специалистов работает над различными частями и стадиями проекта изделия как в рамках ОКБ, так и в рамках виртуальной корпорации (с распределёнными смежниками). Все это дает новое качество - проектирование и изготовление превращается в виртуальную технологию изготовления компьютерного макета изделия.

Список использованной литературы

1. РТМ 34-65
2. В.П. Романовский "Справочник по холодной штамповке". 1979 г.
3. Ст. СЭВ 144-75 АО.
4. www.procae.ru

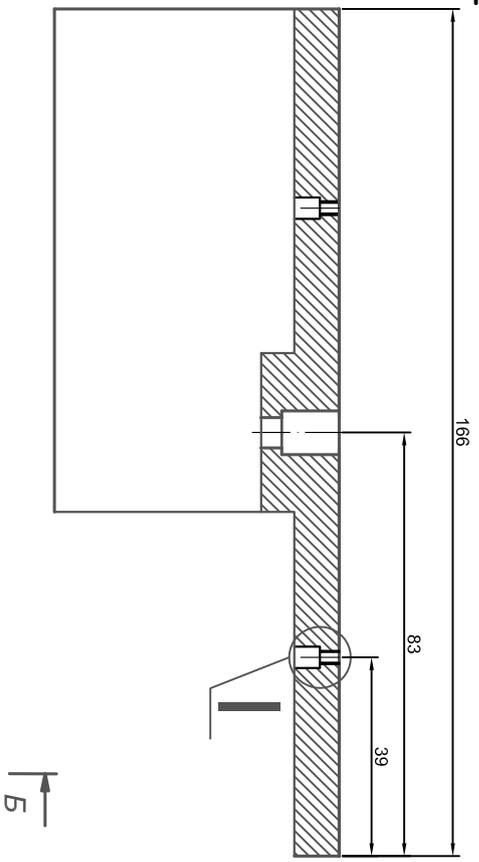


Курсовой проект				Листоват	Масса	Масштаб
Обод шлангоута				У		1:2
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	дата		
Разработ	Гайков Э					
Проверил	Абдулжапаров					
Н. контр.						
Улва.						
Т. контр.						
Зав. кафедр						
АК-6 п.2.0				Лист 2		
				Листов 6		
				ТГТУ 135б-10		

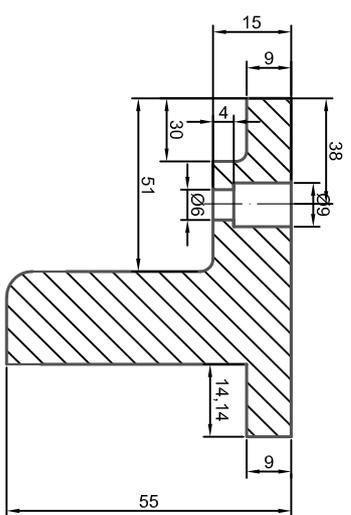


				Курсовой проект				
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Штамп гибочный	Литера	Масса	Масштаб
Разраб	Гонимов Э.					у		1:1
Проверил	Абдужабаров					Лист 3	Листов 6	
Н. контр.								
Утв.								
Т. контр.								
Зав. кафедр								
Сборочный чертёж						ТГТУ 135б-10		

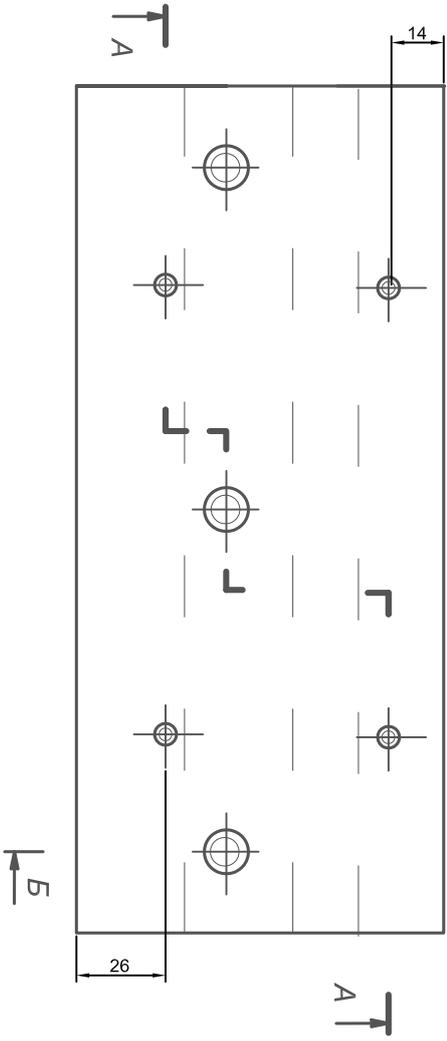
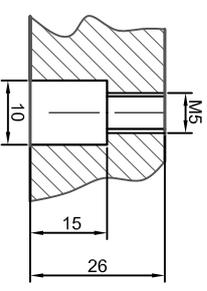
A-A
M 1:1



B-B
M 1:1



I
M 3:1



Технические указания:

1. Термическая обработка: закалка
- нормализация по ТУ
2. Кромки закруглит R0,3.
3. Изготовить по шаблону ШГ.

Курсовой проект		Лит	Масса	Машир.
ПУАНСОН		У	130	
Изм	Лист	№	Подпись	Дата
Разработ	Гондов Э.			
Рисов.	Абдулхабирова Н.А.			
Т. контр.				
спд40		Лист 4 Листов 6		
ТТТУ 135б-10				

