

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА"  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) (СГАУ)

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ТОЧНОСТИ  
УСТАНОВКИ И УСИЛИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ  
ЗАГОТОВКИ НА ОПРАВКЕ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ**

*Методические указания к лабораторной работе*

**САМАРА 2012 г.**

**Составители: Мещеряков А.В., Шулепов А. П.**

УДК 621.9.62

**Исследование конструкции, точности установки и усилия закрепления заготовки на оправке с гидропластмассой:** Метод. указания к лабораторной работе / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. Мещеряков А.В., Шулепов А.П., СГАУ, Самара, 2012 - 16 с.

Методические указания содержат сведения по конструкции приспособлений (оправок и патронов) с гидропластмассой. Дана методика проектирования оправок с гидропластмассой, рассмотрены вопросы точности установки заготовок на оправках и определения усилия закрепления.

Указания предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 160301, 160700, 151900 и выполняющих лабораторные работы, курсовые и дипломные проекты по технологической тематике. Разработаны на кафедре производства двигателей летательных аппаратов.

Рецензент: д.т.н., профессор Скуратов Д.Л.

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Ознакомить студентов с принципом действия и конструкцией приспособления с гидропластмассой.
2. Изучить методику и приобрести практические навыки расчёта приспособлений с гидропластмассой.
3. Экспериментально исследовать влияние технологических факторов на точность установки, и усилие закрепления заготовок на оправке с гидропластмассой.

## **1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

При изготовлении многих деталей авиационных двигателей предъявляются высокие требования к погрешности взаимного расположения цилиндрических поверхностей. Во многих случаях несоосность базовой и обрабатываемой поверхности допускается не более  $0,01...0,05$  мм. Такая точность достигается применением высокоточных центрирующих зажимных устройств, в том числе приспособлений с гидропластмассой.

Приспособления с гидропластмассой используются для точной установки заготовок при обработке на различных станках и для контроля поверхностей деталей. В этих приспособлениях центрирующим элементом являются тонкостенная упругая втулка, которая деформируется по диаметру под действием давления гидропластмассы, находящейся в кольцевой полости, образованной между упругой втулкой и корпусом приспособления. Базирование и закрепление заготовки осуществляется упругими деформациями втулки. При этом силы зажима заготовки невелики, поэтому приспособления применяют для чистовой или окончательной обработки. Учитывая, что деформация упругой втулки по диаметру мала, базовые поверхности заготовки должны быть обработаны с точностью порядка 7...8 квалитета. Среди гидропластмассовых приспособлений наибольшее распространение получили патроны, которые

устанавливают заготовки по базовой наружной цилиндрической поверхности и оправки, которые устанавливают заготовки по базовому отверстию.

Форма и размеры тонкостенной втулки должны обеспечивать достаточную её деформацию для надёжного закрепления заготовки при её обработке на станке.

На рисунке 1 представлены конструкции приспособлений с гидропластмассой. **Концевая оправка** (рисунок 1,а) предназначена для установки втулок по внутренней цилиндрической поверхности при обработке на внутришлифовальном станке. На корпус патрона 1 напрессована упругая втулка 5, между корпусом и втулкой образуется кольцевая полость 4, соединяющаяся каналами с отверстием, в котором перемещается плунжер 3. Полость и каналы заполнены гидропластмассой. Заготовка устанавливается на втулку 5. Её наружный диаметр выполнен по посадке **g6**, поэтому между втулкой и базовым отверстием образуется гарантированный зазор **S**. При этом наибольший диаметральный зазор **S<sub>max</sub>** равен сумме:

$$S_{\max} = S + T_D + T_d,$$

где **T<sub>D</sub>** - допуск на базовое отверстие,

**T<sub>d</sub>** - допуск на наружный диаметр упругой втулки.

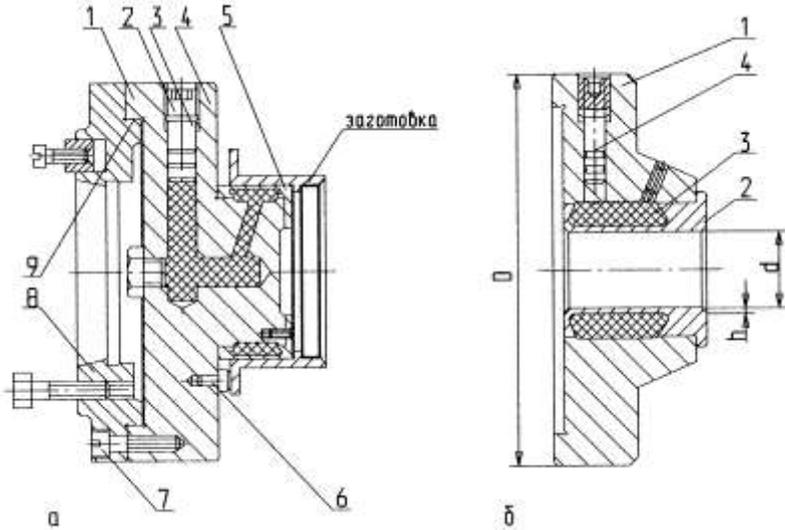


Рисунок 1 - Конструкции приспособлений с гидропластмассой  
а – концевая оправка; б – патрон.

При вращении винта 2 плунжер перемещается поступательно, давит на гидропластмассу 3, которая равномерно деформирует втулку 5, последняя одновременно выцентровывает и закрепляет заготовку. Базирование заготовки в осевом направлении осуществляется по опорным штырям 6. Приспособление к шпинделю станка крепится с помощью переходного фланца 8. Корпус 1 центрируется по буртику фланца 9 и соединяется винтами 7.

**Патрон** представлен на рисунке 1,б. В корпусе 1 запрессована втулка, 2. Между корпусом и тонкостенной частью втулки расточена кольцевая замкнутая полость, заполненная гидропластмассой 3. Через плунжер 4 на гидропластмассу создаётся давление, деформирующее тонкостенную часть втулки, которая центрирует и зажимает заготовку.

Гидропластмасса представляет собой смесь полихлорвиниловой смолы, дибутилфталата и стеарата кальция в различных процентных соотношениях для различных марок гидропластмасс. Температура плавления их колеблется в пределах от 110 до 160°C (см. приложение А).

Расчётная схема оправки с упругой втулкой, разжимаемой изнутри гидропластмассой, показана на рисунке 2.

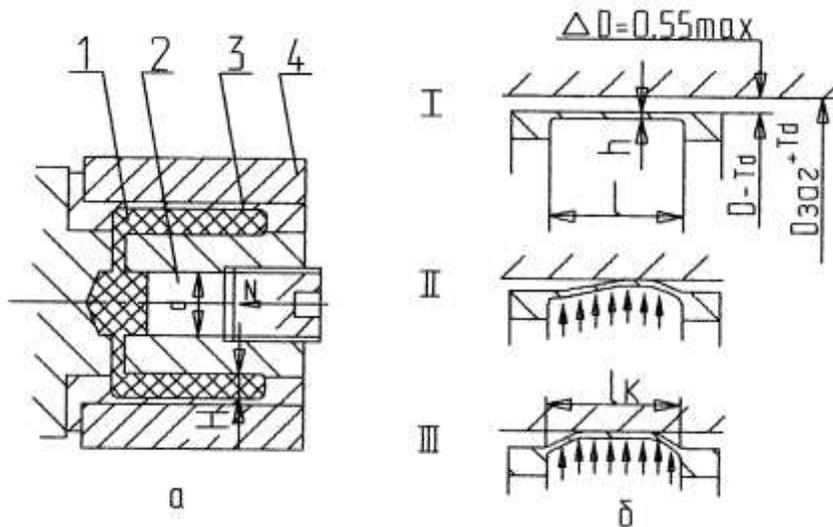


Рисунок 2 - Расчётная схема оправки с гидропластмассой.  
а-конструктивная схема; б – схема действия втулки.

Принцип действия такой оправки заключается в том, что, создавая давление в полости гидропластмассой 1 посредством плунжера 2, тонкостенная втулка 3 разжимается. В начальный момент I между втулкой 3 и базой заготовки 4 возможен наибольший диаметральный зазор  $S_{max}$ .

С повышением давления стенки втулки начинают прогибаться (деформируясь), пока не коснутся базы своим средним участком (момент II).

Если  $S_{max}$  не превышает допустимого, то при дальнейшем повышении давления (момент III) длина  $L_k$  контакта достигает  $0,7L$ . Это положение соответствует нормальной работе устройства, в качестве установочного.

После этого повышение давления уже незначительно изменяет длину контакта, а почти полностью воспринимается базой заготовки. В сопряжении втулки с заготовкой создаётся натяг. За счёт возникающих при этом сил трения заготовка прочно закрепляется. Устройство приобретает качество зажимного.

С целью предотвращения пластической деформации втулки базовая цилиндрическая поверхность заготовки должна быть выполнена не ниже 7...8 кв. точности. Втулка изготавливается из углеродистой стали У7А или легированных сталей 30ХГСА и др. Твёрдость после термообработки HRC, 36...42.

Для надёжного закрепления заготовки гидропластмасса должна быть сжата до определённого давления. Сжатие обеспечивается плунжером от винта, пневмоцилиндра или другого силового механизма. На концах втулка имеет утолщённые бурты, которыми она с натягом (H7/p6, H7/r6) насаживается на корпус (или в корпус) приспособления, обеспечивая герметичность полости с гидропластмассой. Поэтому втулку при расчёте можно рассматривать как жёстко заделанную по краям.

## 2 РАСЧЕТ ВТУЛКИ ОПРАВКИ

1. Определяется длина тонкостенной части втулки:

$$L = (1,0 \dots 1,3) L_{заг.},$$

где  $L_{заг.}$  – длина базовой поверхности заготовки.

2. Определяется толщина  $h$  тонкостенной части втулки в зависимости от величины передаваемого крутящего момента или осевой силы и длины втулки (таблица 1).

Таблица 1 - Толщина **h** деформируемой стенки втулки

Длина тонкостенной части <b>L</b> , мм	Номинальный диаметр втулки, мм	
	<b>D</b> ≤ 50 мм	<b>D</b> ≥ 50 мм
<b>L</b> > 0,5 <b>D</b>	<b>h</b> = 0,15 <b>D</b> + 0,5	<b>h</b> = 0,025 <b>D</b>
<b>L</b> ≤ 0,5 <b>D</b>	<b>h</b> = 0,01 <b>D</b> + 0,25	<b>h</b> = 0,02 <b>D</b>

3. Определяется допускаяемая упругая деформация втулки  $\Delta D$ :

- для втулок из хромистых сталей:  $\Delta D \approx 0,003D$ ;

- для втулок из конструкционных сталей:  $\Delta D \approx 0,002 D$ .

4. Максимальный посадочный зазор между заготовкой и установочной поверхностью втулки до зажима определяется по формуле.

$$S_{\max} = D_{\text{заг}} - D = S + T_D \cdot$$

Обычно величина гарантированного зазора **S** лежит в пределах 0,01...0,03 мм. При этих условиях на оправку можно устанавливать заготовки, базовое отверстие, которых выполнено по посадкам, указанным в таблице 2. В этих случаях напряжения в материале оболочки не превышают допустимые. Для обеспечения высокой точности центрирования толщина оболочки должна быть одинаковой. Допустимая разностенность не должна превышать 0,05 мм.

Таблица 2 - Посадки заготовок на гидропластмассовые оправки

Номинальный диаметр наружной поверхности оправки <b>D</b> , мм	Система вала	Система отверстия
	Посадки заготовки	Квалитет
до 30	<b>h6, g6, h8</b>	<b>H7</b>
30...50	<b>h6, g6, h8</b>	<b>H7, H8</b>
50...80	<b>h6, g6, f7, h8</b>	<b>H7, H8, H9</b>
80...120	<b>h6, g6, f7, e8, h8</b>	<b>H7, H8, H9</b>

5. Натяг при зажиме заготовки определяется по формуле:

$$\delta_{\text{нат}} = \Delta D - S_{\max}$$

- при  $\Delta D > S_{\max}$  втулка зажимает заготовку;

- при  $\Delta D = S_{\max}$  втулка просто центрирует, но не зажимает заготовку;

- при  $\Delta D < S_{\max}$  втулка не центрирует и не зажимает заготовку, т.е. её нельзя применять.

6. Требуемая сила зажима обрабатываемой заготовки на тонкостенной втулке определяется по формуле:

$$Q = 5 \cdot 10^5 \cdot \frac{2h}{D} \cdot \sqrt{\frac{2h}{D}} \cdot \delta_{\text{нат}} \cdot D$$

где  $Q$  - в Н,  $h$ ,  $D$  и  $\delta_{\text{нат}}$  в мм.

7. Определяется сила  $F$ , удерживающая заготовку от осевого перемещения и поворота:

$$F = fQ = 5 \cdot 10^5 \cdot \frac{h}{D} \cdot \sqrt{\frac{2h}{D}} \cdot \delta_{\text{нат}} \cdot Df$$

где  $f$  - коэффициент трения ( $f = 0,15 \dots 0,18$ )

8. Рассчитывается максимальный передаваемый крутящий момент:

$$M_{\text{max}} = F \frac{D}{2} = 2,5 \cdot 10^5 \cdot \frac{2h}{D} \cdot \sqrt{\frac{2h}{D}} \cdot \delta_{\text{нат}} \cdot D^2 f$$

где  $M_{\text{max}}$  - в Нм;  $h$ ,  $D$ ,  $\delta_{\text{нат}}$  - в мм.

9. Определяется высота рабочей полости под заполнение гидропластмассой:

$$H = 2\sqrt{D}$$

10. Диаметр плунжера  $d$  определяется по формуле:

$$d = (1,5 \dots 1,8) \sqrt{D}$$

11. Увеличение объёма рабочей полости за счёт приращения диаметра втулки определяется по формуле  $\Delta V$ :

$$\Delta V = \pi D L \frac{\Delta D}{2}$$

12. Уменьшение объёма гидропластмассы за счёт сжимаемости находящихся в её среде воздушных пузырьков:

$$v = 0,002V$$

где  $V$  - объём гидропластмассы, заключённого в рабочей полости.

13. Величина перемещения плунжера, необходимая для зажима заготовки:

$$m = \frac{\Delta(\Delta V + v)}{\pi d^2}$$

### 3 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Оборудование: лабораторная установка (рисунок 3), включающая в себя оправку с гидропластмассой; центры для её установки; узел для создания нагрузки на оправку; устройство для измерения передаваемого оправкой крутящего момента.
2. Схема установки с размерами элементов оправки.
3. Набор образцов с различными размерами базового диаметра.
4. Мерительный инструмент:
  - а) микрометр 25-50;
  - б) индикаторный нутромер 25-50, цена деления 0,01 мм;
  - в) индикатор часового типа ИЧ10, цена деления 0,01 мм;
  - г) динамометр.

### 4 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка (рисунок 3) выполнена на базе гидропластмассовой оправки 1, установленной 2. Образец 3 (заготовка) посредством пальца 4 находится в контакте с призмой 5, соединённой с динамометром 6. Передаваемое на динамометр усилие фиксируется индикатором 7. На левом конце оправки закреплён рычаг 8, который передаёт на оправку крутящий момент с помощью силы, создаваемой винтом 9, ввёрнутым в кронштейн 10. Кронштейн закреплён на основании 11. На нём также закреплены бабки, основание динамометра и стойка 12 с индикатором 13, который позволяет фиксировать момент смещения (поворота) образца относительно оправки при нагружении последней крутящим моментом.

В экспериментах определяется усилие закрепления заготовки (момент закрепления), создаваемое оправкой с гидропластмассой. Для этого фиксируется усилие  $P$ , возникающее в момент смещения (поворота) образца относительно оправки, когда на оправку действует крутящий момент, создаваемый силой от винта 9. Момент смещения (поворота) определяется по индикатору 13, а величина усилия  $P$  воспринимается динамометром 6 и фиксируется индикатором 7. Численное значение этой силы рассчитывается из тарированного графика для данного динамометра.

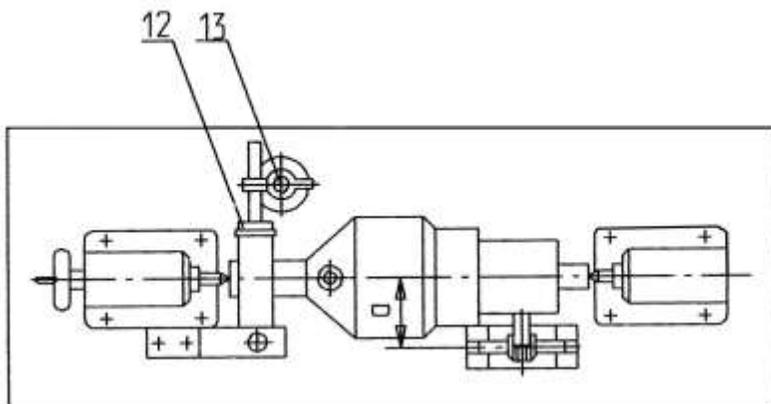
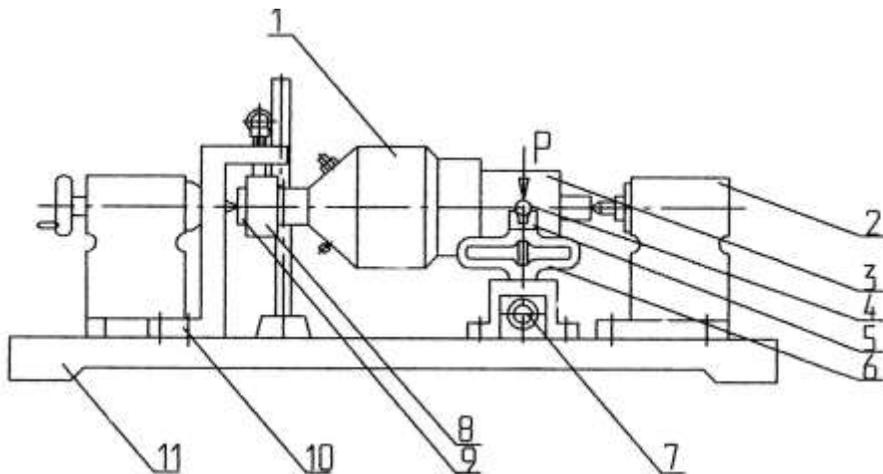


Рисунок 3 - Схема лабораторной установки

Момент закрепления определяется по формуле:

$$M_{\text{зак}} = Pa,$$

где  $a$  - величина вылета пальца относительно оси центров (замеряется на экспериментальной установке).

В лабораторной работе индикатор 13 используется также для замера биения базовой поверхности оправки, устанавливаемой в центрах и биения наружной поверхности образца, закреплённого на оправке.

На рисунке 4 представлена конструкция оправки с гидропластмассой.

На корпус 1 напрессована упругодеформируемая втулка 4, соединённая с ним тремя винтами 5. В корпусе выполнены перекрещивающиеся каналы, в которых установлены плунжер 3, винт 2 и заглушка 6. Между корпусом и втулкой находится кольцевая полость, заполненная гидропластмассой. Давление на гидропластмассу создаётся плунжером 3 посредством винта 2. Заглушка 6 используется при заполнении внутренней полости оправки гидропластмассой. Корпус с обеих сторон имеет цилиндрические хвостовики с центровыми гнёздами. Правый хвостовик оправки имеет резьбу.

## 5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По чертежу оправки (рисунок 4) изучить её конструкцию, записать в протокол основные параметры оправки (**h**, **L**, **H**, **d**). Измерить микрометром диаметр оправки **D** в 2...3 диаметральных плоскостях с повторением 2...3 раза. Подсчитать среднее значение и записать в отчет.

2. Измерить индикаторным нутромером базовое отверстие (рисунок 5,а) каждой заготовки аналогичным образом. Результаты измерений и средние значения **D**<sub>заг</sub> записать в отчёт.

3. По формулам для расчёта втулки оправки определить её параметры и сравнить полученные значения с размерами реальной конструкции.

4. На призме измерить погрешность взаимного расположения базовой (рисунок 5,б) и наружной цилиндрической (биение) поверхностей (рисунок 5,в) каждой заготовки. Результаты занести в протокол.

5. В центрах проверить биение наружной поверхности тонкостенной втулки в ненагруженном состоянии.

6. Закрепить образец на оправке, установить её в центрах и измерить биение наружной цилиндрической поверхности. Повторить процесс переа закрепления и измерения 2...3 раза (рисунок 5,в).

7. По результатам измерений определить точность установки заготовок на оправке и сделать вывод.

8. Для заданных размеров оправки рассчитать величину передаваемого крутящего момента в случае закрепления трёх заготовок, отличающихся размерами базового отверстия по формуле (5).

9. Закрепить поочерёдно на оправке эти заготовки. Закрепив оправку в центрах и установив в образцы палец, экспериментально с помощью динамометра определить момент закрепления, создаваемого оправкой, по величине силы в момент срагивания заготовки в приспособлении. Значение этой силы определяется с тарировочного графика по показаниям индикатора динамометра.

10. Сравнить полученные значения с расчётными и построить график.

11. Сделать общий вывод по работе.

### **6 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Каков принцип работы приспособления с упруго-деформируемой втулкой?
2. Какова должна быть точность изготовления базового отверстия заготовки, устанавливаемой на оправку с гидропластмассой?
3. Какова область применения приспособлений с гидропластмассой?
4. Из какого материала изготавливается упруго-деформируемая втулка?

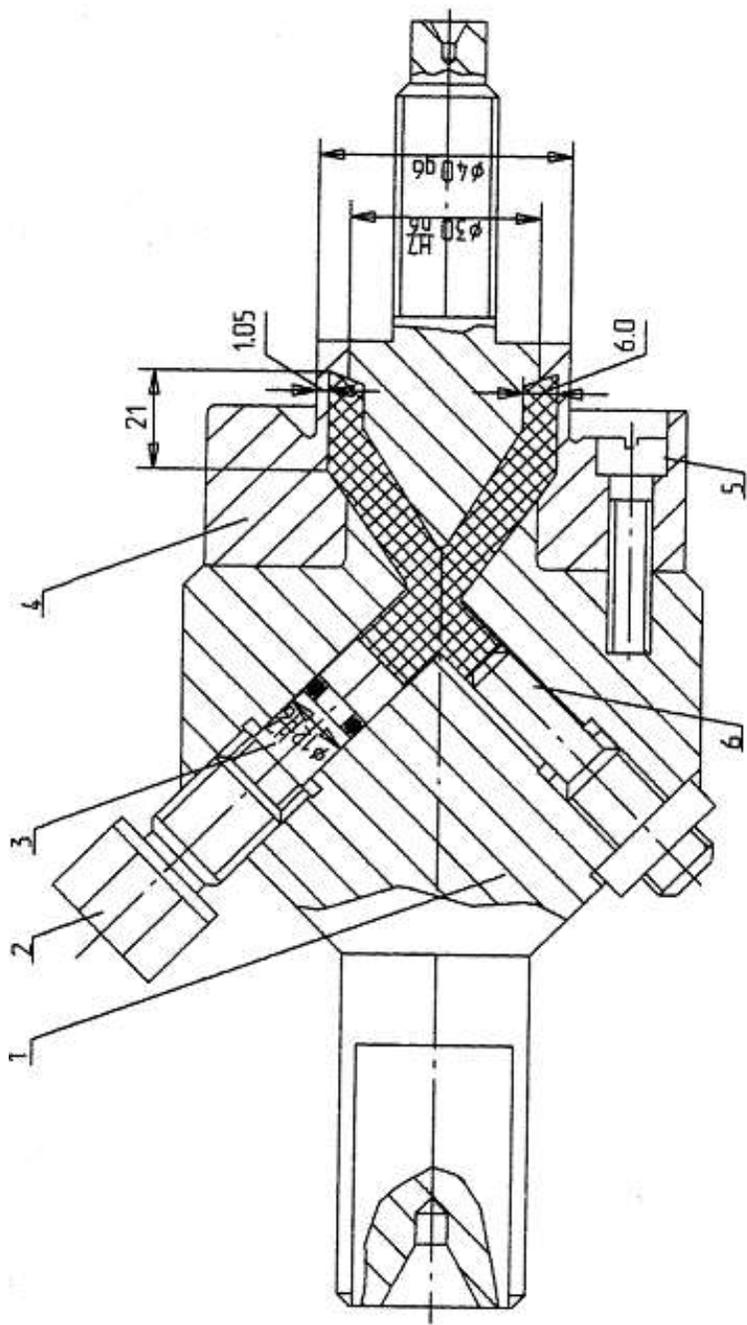


Рисунок 4 - Конструкция оправки с гидропластмассой

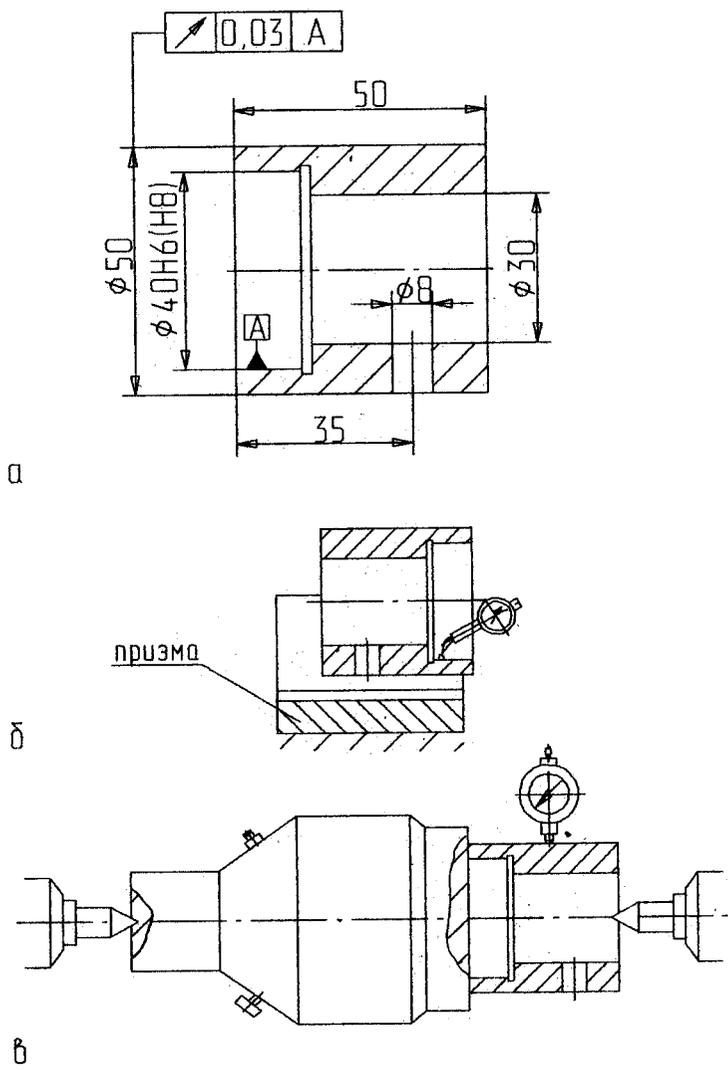


Рисунок 5 - Образец (а) и схемы измерения биения внутренней и наружной поверхности в призме (б) и на оправе (в)

Состав гидропластмасс и их характеристика

Компоненты и параметры	Состав в % и показатели		
	МАТИ-1-4	ДМ	СМ
Полихлорвиниловая смола: М ПБ	-	10	20
Дибутилфталат	20	-	-
Стеарат кальция	59,2	88	78
Вакуумное масло ВМ-4	0,8	2	2
	20	-	-
Температура плавления в °С	150...160	110...160	135
Удельный вес	1,02	1,08	1,05
Усадка объема после остывания до 10 °С в %	10...12	10...12	10...12
Рекомендуемые температурные условия эксплуатации	до +60 °С	от -20 °С	+60 °С
<b>Область применения</b>	<i>При передаче усилий зажима в условиях незначительных потерь на трение</i>	<i>При передаче усилий зажима в условиях повышения потерь на трение (при заполнении рабочих полостей, имеющих сложную конфигурацию и значительную протяженность).</i>	

Учебное издание

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ТОЧНОСТИ  
УСТАНОВКИ И УСИЛИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ  
ЗАГОТОВКИ НА ОПРАВКЕ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ**

*Методические указания к лабораторной работе*

**Составители: Мешеряков Александр Викторович  
Шулепов Александр Павлович**

Самарский государственный аэрокосмический  
университет им. академика С.П. Королева  
443086 Самара, Московское шоссе, 34