

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)

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ПНЕВМОКАМЕРЫ**

*Методические указания к лабораторной работе*

**САМАРА 2012 г.**

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

УДК 621.9.62

**Изучение конструкции и силовых параметров пневмокамеры:** Метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. *А.П. Шулепов, А.В. Мещеряков*. Самара, 2012.- 14 с.

Методические указания содержат сведения о конструкциях поршневых и камерных пневмоприводов, приведены методики расчёта силовых параметров и определения усилия в зависимости от хода штока пневмокамер.

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

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

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

## Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкциями пневмоприводов для зажимных элементов приспособлений.
2. Изучить методику расчёта силовых параметров пневмокамеры.
3. Экспериментально исследовать зависимость развиваемого усилия от хода штока пневмокамеры.

### *1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИЯХ ПНЕВМОПРИВОДОВ*

Основным назначением силового привода в приспособлении является создание исходного усилия, необходимого для закрепления заготовки. Силовые приводы используют также: для механизации и автоматизации загрузки, выгрузки и транспортирования заготовок; поворота приспособлений; включения и выключения станков; удаления стружки и т.п.

Силовой агрегат привода представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в механическую энергию, необходимую для работы зажимных механизмов. Поэтому в зависимости от вида используемой энергии приводы подразделяются на: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические, электромагнитные, магнитные, вакуумные, центробежно-инерционные и др.

Наибольшее распространение в авиадвигателестроении получили **пневмоприводы**, использующие энергию сжатого воздуха. Широкое применение пневмопривода объясняется его быстродействием (скорость срабатывания доли секунды), простотой конструкции, лёгкостью в управлении, надёжностью и стабильностью в работе. Вместе с тем пневмопривод имеет недостатки: неплавное перемещение штока, большие габаритные размеры силовых агрегатов из-за низкого давления воздуха, шум при сбросе давления воздуха.

Пневмопривод включает в себя следующие части: источник сжатого воздуха (обычно цеховая или заводская компрессорная установка); силовой агрегат-пневмодвигатель, преобразующий энергию сжатого воздуха в силу на

штоке; пневмоаппаратура - контролирующие приборы, распределительные, предохранительные устройства, воздухопроводы и т.д.

Пневмодвигатель располагается, как правило, на корпусе приспособления. Пневмоаппаратура размещается вне приспособления и соединяется с пневмодвигателем при помощи воздухопроводов.

Наибольшее распространение получили пневмодвигатели двух типов: поршневые (пневмоцилиндры, рисунок 1, а) и диафрагменные (пневмокамеры, рисунок 1, б).

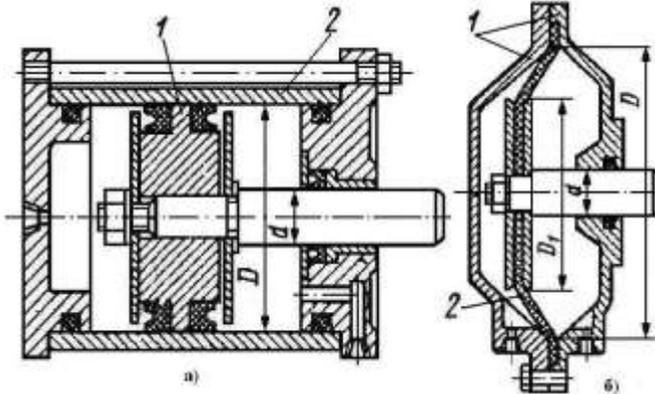


Рисунок 1. Типы пневмодвигателей  
а – поршневой; б – диафрагменный

Основными деталями **поршневого привода** являются поршень 1 и цилиндр 2 (рисунок 1, а). Поршневые приводы могут быть **одностороннего** и **двустороннего** действия. В приводе одностороннего действия рабочий ход производится сжатым воздухом, а холостой - усилием пружины. Они применяются, когда не требуется большой ход штока и когда при обратном ходе не требуется большой силы для отвода зажимных элементов в исходное положение. В приводе двустороннего действия и рабочий и холостой ход производится сжатым воздухом. Эти приводы применяют при больших ходах штока. Для герметизации рабочих полостей в пневмоцилиндре необходимы уплотнения на поршне и штоке, которые довольно быстро изнашиваются (обычно срок их службы не превышает 10 тыс. циклов срабатывания).

**Пневмокамеры** представляют собой конструкцию из двух литых или штампованных корпусов 1, между которыми зажата упругая **диафрагма** 2 из

резины или прорезиненной ткани (рисунок 1, б). В связи с этим рабочий ход штока пневмокамеры ограничен величиной возможной упругой деформации диафрагмы. Диафрагмы могут быть **плоские** и **тарельчатые** (рисунок 2).

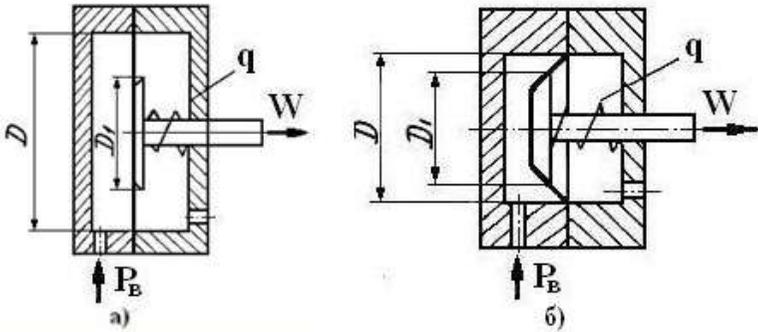
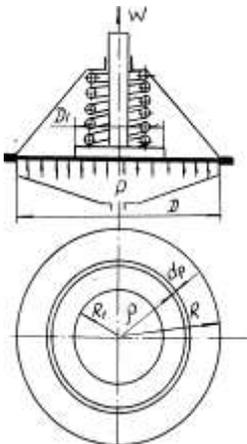


Рисунок 2 - Пневмокамеры с тарельчатой а) и плоской б) диа-

Тарельчатые диафрагмы позволяют увеличить ход штока. Как и пневмоцилиндры, пневмокамеры могут быть **одностороннего** и **двустороннего** действия. Основным достоинством пневмокамеры является высокая долговечность (600 тыс. циклов срабатывания), что объясняется отсутствием трущихся уплотнений.

## 2. РАСЧЁТ СИЛЫ ЗАЖИМА, РАЗВИВАЕМОЙ ПНЕВМОКАМЕРОЙ

Расчётная схема пневмокамеры представлена на рисунок 3. При расчёте



силы на штоке пневмокамеры необходимо учитывать, что в связи с жёстким креплением диафрагмы в корпусе не вся сила сжатого воздуха передаётся на шток. Часть этой силы, приходящейся на кольцевую площадку  $0,5 \cdot (D - D_1)$ , передаётся корпусу. Поэтому полезное усилие  $W$  на штоке пневмокамеры можно представить состоящим из силы  $W_1$ , приходящейся на шайбу радиусом  $R_1 = 0,5 \cdot D_1$ , и силы  $W_2$ , приходящейся на кольцевую площадку, за вычетом силы  $q$ , необходимой для сжатия пружины:  $W = W_1 + W_2 - q$ .

Сила  $W_1$  определяется по формуле:

Рисунок 3 - Расчётная схема

$$W_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} P_B = \pi R_1^2 P_B.$$

Силу  $W_2$  можно определить, пренебрегая упругостью материала диафрагмы. Для этого выделим элементарную кольцевую площадку на текущем радиусе  $\rho$  шириной  $d\rho$  (рисунок 3). На эту площадку воздух действует с силой, равной  $2\pi P_B \rho d\rho$  (величиной  $(d\rho)^2$  можно пренебречь). Допустим, что на шток камеры будет передаваться только часть этой силы, пропорциональная отношению  $(R-\rho) / (R-R_1)$ , характеризующему положение элементарной кольцевой площадки тогда:

$$W_2 = \int_{R_1}^R \frac{R-\rho}{R-R_1} dW_2 = \frac{2\pi P_B}{R-R_1} \int_{R_1}^R (R\rho d\rho - \rho^2 d\rho) = \pi P_B \int_{R_1}^R \left( \frac{R\rho^2}{R-R_1} - \frac{2}{3} \frac{\rho^3}{R-R_1} \right) =$$

$$= \pi P_B \left[ R(R+R_1) - \frac{2}{3}(R^2 + RR_1 + R_1^2) \right] = \frac{\pi P_B}{3} (R^2 + RR_1 - 2R_1^2)$$

Подставив выражения для  $W_1$  и  $W_2$  в формулу для определения силы тяги, получим

$$W = \frac{\pi P_B}{3} (R^2 + RR_1 - 2R_1^2) - q.$$

Величина силы  $W$  зависит от положения диафрагмы в камере, которое непрерывно изменяется при перемещении штока.

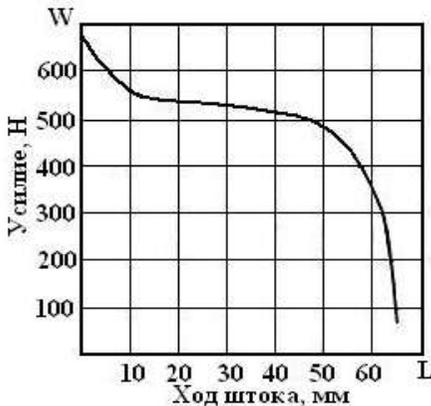


Рисунок 4 - График зависимости усилия от хода штока пневмокамеры

Изменение силы  $W$  объясняется зависимостью величины  $q$  и упругого сопротивления материала мембраны от хода штока. На рисунке 4 приведён график изменения усилия  $W$  в зависимости от хода штока  $L$  для нормализованной камеры диаметром 230 мм при давлении воздуха в сети  $P_B = 0,4$  МПа. Как видно из графика, кривая изменения силы имеет три характерных участка – в начале и конце рабочего хода сила резко уменьшается, в середине - стабилизируется.

Поэтому при конструировании приспособлений с пневмо-

камерами рабочий ход следует выбирать таким образом, чтобы при закреплении заготовки диафрагма занимала примерно среднее положение (обеспечение постоянного усилия зажима).

Расчёт величины усилия, развиваемого пневмокамерами, можно производить по формулам, представленным в таблице 1.

Таблица 1 - Формулы для определения усилия, развиваемого пневмокамерами

<b>Для тарельчатых резиноканевых диафрагм</b>	
	<p><b>В исходном положении штока:</b></p> $W = \frac{\pi}{16} (D + D_1)^2 P_B - q$ <p><b>При перемещении штока на расстояние 0,3D (крайнее положение штока):</b></p> $W = \frac{0,75\pi}{16} (D + D_1)^2 P_B - q$ $D = 4 \sqrt{\frac{W + q}{0,75\pi P_B}} - D_1$
<b>Для плоских резиноканевых диафрагм</b>	
	<p><b>В исходном положении штока:</b></p> $W = \frac{\pi}{16} (D + D_1)^2 P_B - q$ <p><b>При перемещении штока на расстояние 0,07D:</b></p> $W = \frac{0,75\pi}{16} (D + D_1)^2 P_B - q$ $D = 4 \sqrt{\frac{W + q}{0,75\pi P_B}} - D_1$

### **3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

Конструкция лабораторной установки представлена на рисунке 5. На основании 1 закреплена пневмокамера 2, которая через рычаг 3, закреплённый в стойке 4, передаёт усилие на блок образцов 5. Блок образцов располагается на

динамометре 6 марки ДОСМ-3-5. Величина усилия закрепления фиксируется индикатором 7. К основанию 1 снизу прикреплены четыре опорных элемента 8, выполненных из швеллера, с помощью которых установка располагается на рабочем столе. Величина хода штока пневмокамеры контролируется с помощью линейки 10 и жёстко закреплённой на нём стрелки 9.

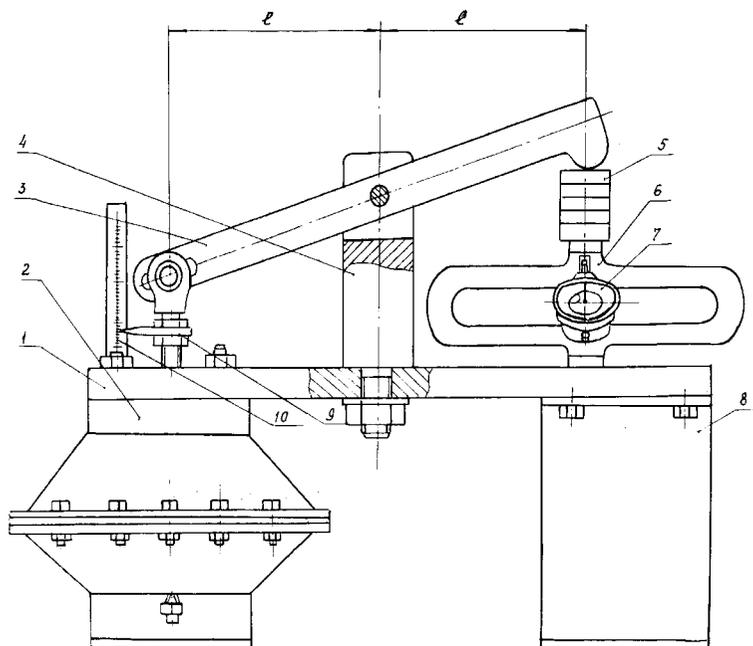


Рисунок 5 - Конструкция лабораторной уста-

При работе усилие, создаваемое пневмокамерой 2 через рычаг 3 передаётся на блок образцов и динамометр. Рычаг является равноплечным, поэтому усилие создаваемое пневмокамерой без трансформации передаётся на динамометр.

На рисунок 6 представлена конструкция пневмокамеры. Между нижней 1 и верхней 2 чашками корпуса камеры закреплена резинотканевая тарельчатая диафрагма 3 с наружным диаметром  $\varnothing 200$  мм, сверху над диафрагмой распо-

ложен шток 4, посредством которого передаётся развиваемое пневмокамерой усилие. Опорная поверхность штока имеет размер  $\varnothing 107$  мм. В эту поверхность упираются пружины 5, которые возвращают шток в исходное положение после стравливания воздуха из нижней полости пневмокамеры. Пружины развивают усилие сжатия 60...100Н.

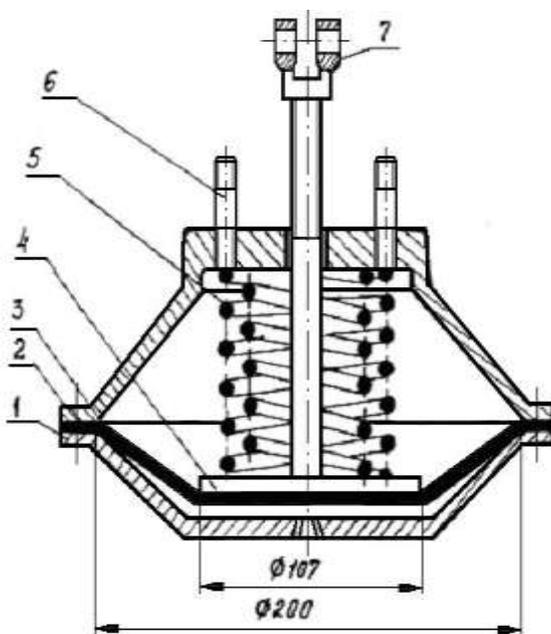


Рисунок 6- Конструкция пневмока-

меры. С помощью шпилек 6 пневмокамера прикрепляется к основанию 1 (рисунок 5). Вилка 7 навинчивается на резьбовой конец штока и служит для его соединения с рычагом.

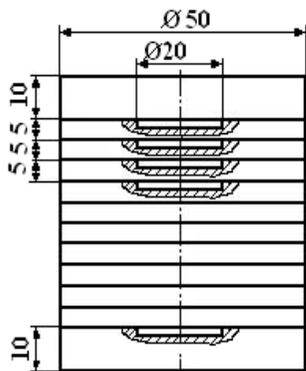


Рисунок 7 - Блок образцов

На рисунке 7 представлена конструкция блока образцов, в состав которого входят два плоских опорных образца (верхний и нижний) толщиной 10 мм и десять образцов толщиной 5 мм. Диаметр образцов  $\varnothing 50$  мм. В комплект также входит один образец (верхний) толщиной 9 мм. Между собой образцы центрируются по цилиндрическим поясам  $\varnothing 20$  мм. Конструкция бло-

ка образцов позволяет изменять его высоту с интервалом в 5 мм и тем самым регулировать величину хода штока пневмокамеры.

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить конструкции пневмоприводов и конструкцию пневмокамеры, приведённую на рисунке 6.

2. Расчётным путём определить величину зажимного усилия, развиваемого пневмокамерой, в исходном положении штока и после его перемещения на расстояние  $0,3 D$  при давлениях воздуха  $P_v = 0,4$  МПа и  $P_v = 0,6$  МПа.

3. Экспериментально определить зависимость усилия закрепления от хода штока, для чего:

- установить блок образцов (высота блока 70 мм) на динамометр, что соответствует исходному положению штока;

- подать сжатый воздух в пневмокамеру последовательно при давлении  $P_v = 0,4$  МПа и  $P_v = 0,6$  МПа, фиксируя при этом в протоколе проведения экспериментальных исследований (таблица 2) показания индикатора динамометра 7 (рисунок 5) в мм;

Таблица 2 - Протокол проведения экспериментальных исследований

Давление воздуха	Усилие		Ход штока L, мм														
			0	1	5	10	15	20	25	30	31	35	40	45			
$P_v = 0,4$ МПа	W	мм															
		Н															
$P_v = 0,6$ МПа	W	мм															
		Н															

- по тарировочному графику динамометра ДОСМ-3-5, представленному на рисунке 8 определить численное значение усилия закрепления в зависимости от показаний индикатора;

- из блока образцов удалить один из средних образцов толщиной 5 мм и повторить замеры усилия закрепления (величина хода штока 5 мм);

- повторить измерения при последовательном удалении средних образцов до хода штока соответствующего величине  $0,3 D$ ; - построить график зависимости усилия закрепления от величины хода штока пневмокамеры (см. рисунок 4);

- провести сравнение экспериментальных данных с теоретическими расчётами;

- сделать выводы по полученным результатам.

4. Определить изменение сил закрепления при зажиме заготовок, имеющих допуск на установочную базовую поверхность в пределах 1,0 мм, для чего:

- в блоке образцов заменить верхний образец толщиной 10 мм на образец толщиной 9 мм, высота блока после этого составит 69 мм;

- установить блок образцов на динамометр и провести замер усилий при давлениях воздуха  $P_в = 0,4$  МПа и  $P_в = 0,6$  МПа;

- удалить шесть средних образцов, что будет соответствовать перемещению штока на 31 мм от исходного положения и повторить измерения;

- определить разброс усилий закрепления и сделать вывод.

5. Оформить отчёт по выполненной работе.

6. Сдать рабочее место учебному мастеру.

### **5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Каково назначение силового привода в приспособлении?

2. Достоинства и недостатки пневматических приводов?

3. Что входит в состав пневмопривода?

4. Какие типы пневмодвигателей используют в приспособлениях?

5. В чём достоинства и недостатки пневмокамеры?

6. Какие типы диафрагм применяют в пневмокамерах?

7. Нарисуйте график зависимости усилия от хода штока пневмокамеры.

8. Каким образом экспериментально определяется усилие, развиваемое пневмокамерой при различных положениях штока?

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Шулёпов А.П., Шманёв В.А., Шитарев И.Л. Проектирование технологической оснастки: Учебник. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1996.-332с.

2. Станочные приспособления для станков с ЧПУ: Уч. Пособие В.Ф. Безъязычный и др. / Под. общ. ред. В.Ф. Безъязычного.- М.: Машиностроение, Рыбинск.- Ч1, 2000.-147с.

3. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Б.Н. Вардашкина. - М.: Машиностроение, 1984.

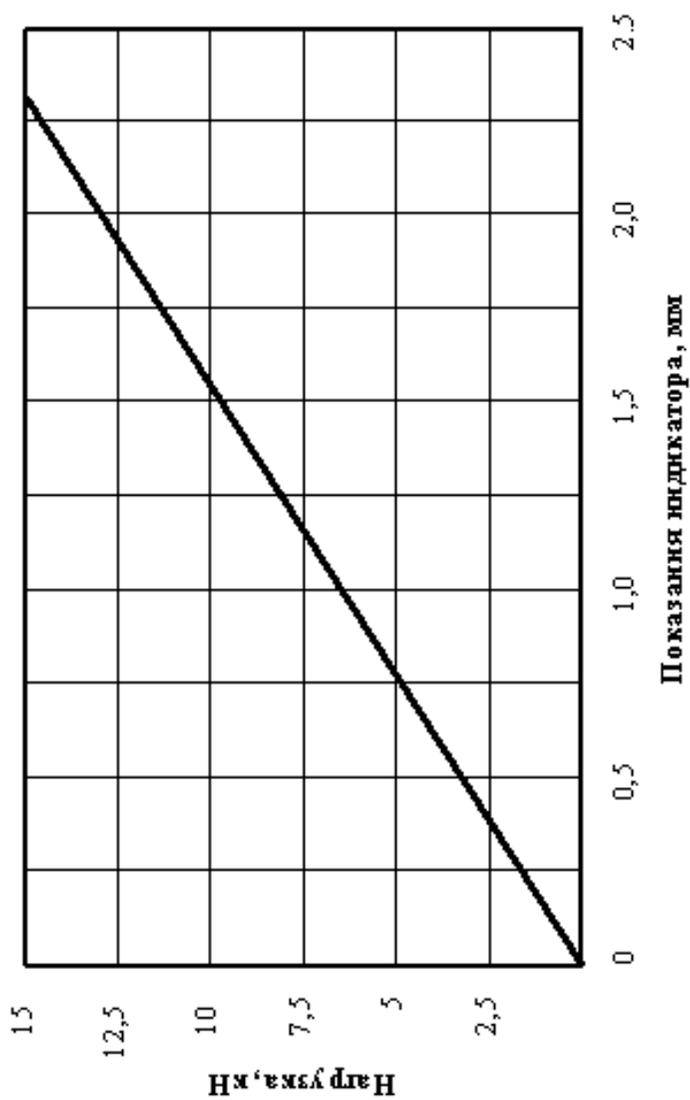


Рис. 8. Табуреточный график динамометра ДОСМ-3-5

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения о конструкциях пневмоприводов.....	3
2. Расчёт силы зажима, развиваемой пневмокамерой.....	5
3. Описание лабораторной установки.....	7
4. Порядок выполнения работы.....	10
5. Вопросы для самоконтроля.....	11
Список используемых источников.....	11

**Учебное издание**

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ПНЕВМОКАМЕРЫ**

*Методические указания к лабораторной работе*

**Составитель: Шулепов Александр Павлович  
Мещеряков Александр Викторович**

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