

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

**КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.  
КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ  
для студентов направления 15.03.05  
«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
(профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение  
кузнечно-штамповочного производства»)  
очной формы обучения

Воронеж 2021

УДК 621.81(07)

ББК 34.42я7

Составитель канд. техн. наук, доц. А. Ю. Бойко

**Кузнечно-штамповочное оборудование. Кузнечно-прессовое оборудование:** методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства») очной формы обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. Ю. Бойко Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 37 с.

Изложены требования, предъявляемые к содержанию и объему отчета по лабораторным работам, основы теории по теме каждой лабораторной работы, последовательность, организация, порядок и рекомендации по их выполнению, приведен список литературы для использования при подготовке отчета по лабораторным работам и вопросы для самоконтроля.

Предназначены для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства») очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ.КШО.pdf.

Ил. 18. Табл. 2. Библиогр.: 8 назв.

УДК 621.81(07)

ББК 34.42я7

**Рецензент** – М. Н. Краснова, канд. техн. наук, доц. кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Основной целью выполнения лабораторных работ по курсу "Кузнечно-штамповочное оборудование" является:

- 1) практическое ознакомление с различными видами кузнечно-штамповочного оборудования;
- 2) приобретение навыков по настройке и испытанию машин;
- 3) ознакомление с методикой и аппаратурой экспериментального исследования различных параметров кузнечно-прессовых машин.

Лабораторные работы в предлагаемом виде составлены на базе многолетнего опыта проведения таких работ на кафедре "Автоматизированное оборудование" ВГТУ.

Тематика и содержание работ составлены с учётом материальной базы лаборатории.

Усвоение материала во многом зависит от отношения студентов к проведению работы, их умения и внимания.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

Занятия в лаборатории проводятся под руководством преподавателя и лаборанта. Для проведения лабораторных занятий группа делится на подгруппы (по 4-6 человек), постоянный состав которых сохраняется до окончания всего лабораторного практикума. Лабораторные работы выполняются студентами самостоятельно, необходимые записи ведутся в рабочих тетрадях. По результатам выполненных работ студент обязан:

- 1) знать целевое назначение работы, уметь объяснить порядок и технику выполнения;
- 2) знать устройство, приемы управления и настройку оборудования и приборов, применяемых в работе;
- 3) понимать физический и практический смысл полученных экспериментальных данных;
- 4) предъявить отчет с необходимыми расчётами, эскизами, графиками и выводами по каждой работе.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Перед началом лабораторных работ студенты знакомятся с содержанием лабораторного практикума, организацией и режимом занятий, правилами техники безопасности.

Распределений обязанностей внутри подгруппы производится студентами с соблюдением принципа равного участия в работе каждого студента.

По окончании работы рабочее место, оборудование, аппаратура и инструменты сдаются лаборанту.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЁТУ**

1. Отчет по работе оформляется на писчей бумаге стандартного формата (формат 11), графики, схемы при необходимости на миллиметровке или кальке.

2. Отчет брошюруется в общую тетрадь. Записи в отчёте необходимо вести аккуратно, чернилами; рисунки, схемы и графики вычерчиваются в соответствии с ЕСКД без помарок и исправлений.

3. Для отчёта по всем работам необходим “титульный лист”, на котором указываются название вуза, кафедра, группа и фамилия студента.

4. Коллективное составление и сдача отчета не допускаются.

5. Отчет по работам оформляется по следующей схеме:

1) назначение работы;

2) цель работы;

3) применяемое оборудование, приборы, датчики (их подробная характеристика, эскизы, схемы);

4) последовательность и описание проводимых работ (со схемами и эскизами);

5) результаты работы (с таблицами, графиками);

6) анализ результатов и выводов.

### **Примечания**

1. К последующим лабораторным работам допускаются студенты, представившие отчёт по предыдущей работе.

2. Контроль усвояемости и допуск к выполнению следующей лабораторной работы может проводиться с использованием машинного контроля.

## **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ В ЛАБОРАТОРИИ**

Для того, чтобы уберечь себя и товарищей от несчастного случая, а государственное имущество от аварии, необходимо хорошо знать и беспрекословно выполнять правила внутреннего распорядка, техники безопасности и пожарной безопасности.

К лабораторным работам допускаются студенты, которые ознакомились с общими конкретными требованиями техники безопасности и прошли соответствующий инструктаж. Проведение инструктажа и проверка знаний правил техники безопасности должны быть зарегистрированы соответствующими записями в лабораторном журнале. Конкретные требования техники безопасности при проведении той или иной работы изложены в соответствующих методических указаниях.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## ПАСПОРТИЗАЦИЯ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА

### Цель работы

Целью данной работы является изучение студентами конструкции основных узлов и механизмов кривошипного пресса. Одновременно студент знакомится с содержанием паспорта кривошипного пресса и приобретает навыки паспортизации кривошипного оборудования.

### Условия проведения работы

Во избежание трудностей демонтажа тяжелых деталей, работа проводится на прессе с номинальным усилием не свыше 160 кН. Студентам выдается необходимый слесарный и измерительный инструмент.

### Методика проведения работы

Работа начинается с установления параметров технической характеристики пресса. Все параметры, указанные в паспорте пресса (образец паспорта выдаётся), которые можно установить без разборки пресса (измерением, расчетом), должны быть занесены в соответствующие разделы паспорта. Затем производится частичная разборка пресса. Разборку следует начинать с демонтажа легко повреждаемых деталей (масленки, электрооборудование и др.). Перед демонтажем основных узлов пресса (муфта включения, тормоз, маховик и др.) ползун должен быть опущен в крайнее нижнее положение, и его рабочая поверхность оперта на деревянную подставку.

Примерная последовательность демонтажа пресса:

- 1) разобрать муфту включения;
- 2) разобрать тормоз;
- 3) снять маховик (с использованием средств механизации);
- 4) разобрать ползун;
- 5) снять кривошипный вал.

Демонтированные узлы подвергаются полной разборке; при демонтаже парных деталей (крышки подшипников, направляющие ползуна и др.) необходимо делать соответствующие пометки, фиксирующие правильное расположение этих деталей. После составления необходимых эскизов деталей и узлов проводится сборка пресса. Правильность сборки пресса проверяется путём поворота кривошипного вала вручную. Для выявления номинального усилия пресса и составления графика допустимой нагрузки на ползуне в зависимости от угла поворота проводится расчет кривошипного вала и шатуна по существующим методикам.

## Последовательность выполнения работы

1. Проводится заполнение тех разделов и граф паспорта, данные по которым могут быть получены без разборки пресса;
2. Вычерчивается эскиз общего вида пресса с габаритными размерами и дается спецификация основных узлов;
3. Производится разборка пресса и ознакомление с конструкцией и принципом действия его основных узлов и механизмов.
4. Вычерчивается кинематическая схема пресса (в соответствии с СТСЭВ 661-77 и СТСЭВ 1187-78) и дается спецификация её основных элементов (тип муфты включения и тормоза, вид механизма регулировки величины хода ползуна и др.).
5. Составляются эскизы кривошипного вала и шатуна с основными размерами, и проводится расчет. Вычерчивается график допустимой нагрузки на ползуне в зависимости от угла поворота кривошипного вала.
6. Составляются эскизы:
  - 1) места крепления верхнего штампа к ползуну с указанием основных размеров;
  - 2) стола пресса с основными размерами;
  - 3) подштамповой плиты с основными размерами.
7. Производится расчет максимальной площади среза по формуле

$$F_{cp\max} = \frac{P_{НОМ}}{k \times \sigma_{\delta}},$$

где  $P_{ном}$  – номинальное усилие пресса;  
 $\sigma_{\delta}$  – предел прочности обрабатываемого материала;  
 $k = 0.6-0.8$  – поправочный коэффициент.

8. Вычисляется величина хода ползуна в зависимости от угла поворота механизма регулировки:

$$S = 2\sqrt{e_{KP}^2 + e_{BT}^2 - 2e_{KP} \times e_{BT} \times \cos \beta},$$

где  $e_{KP}$  – эксцентриситет вала;  
 $e_{BT}$  – эксцентриситет втулки;  
 $\beta$  – угол смещения эксцентриситетов вала и втулки.

9. Проводится заполнение граф технической характеристики, данные для которых получены после разборки пресса.

10. Производится сборка, отладка прессы и сдача его преподавателю или лаборанту.

### **Результаты работы и выводы**

1. Заполняется паспорт прессы по соответствующим графам и разделам.
2. Выявляются номинальное усилие и его технологические возможности.

### **Техника безопасности**

1. Демонтаж тяжелых деталей производить с подстраховкой от возможного падения.
2. Разборку вала и муфты производить только на полу при устойчивом положении последних.

### **Контрольные вопросы**

1. С какой целью в паспорте прессы даются чертежи коленвала и винта шатуна?
2. За счет чего обеспечивается на прессе регулировка хода ползуна?
3. Влияет ли регулировка хода ползуна на закрытую высоту прессы?
4. Возможно ли на данном прессе осуществить режим наладочного "толчкового" хода ползуна?
5. В какой момент хода ползуна срабатывает выталкиватель, расположенный в нем?
6. За счет чего включается муфта, тормоз?

Литература: /1, 2, 5, 6, 8/.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ПРОВЕРКА НОРМ ТОЧНОСТИ КПО**

### **Цель работы**

Каждая кузнечно-прессовая машина, выпускаемая заводом-изготовителем, после сборки должна подвергаться контрольно-приемочным испытаниям.

По ГОСТ 7600-90 "Кузнечно-прессовые машины. Общие технические условия" устанавливается следующий объем приемочных испытаний:

- 1) испытания на холостом ходе;
- 2) испытания под нагрузкой и в работе;
- 3) проверка соответствия норм точности, установленным соответствующими стандартами, а в случае их отсутствия – техническими условиями, утвержденными в установленном порядке;
- 4) проверка соответствия стандартам на основные размеры и параметры,

а в случае отсутствия стандартов – паспортным данным.

В настоящую лабораторную работу включен один этап технической приемки кузнечно-прессового оборудования – проверка норм точности КПО. Целью работы является ознакомление студентов с применяемыми методами проверки норм точности КПО и требованиями государственного стандарта на нормы точности различных видов КПО.

### **Условия проведения работы**

Работа проводится группой студентов не более 4-6 человек, разделенной на две подгруппы. Одна из подгрупп производит проверку норм точности кривошипного пресса, вторая – гидравлического пресса. Каждой группе вручается необходимый набор слесарного и измерительного инструмента.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомление с объемом проверок норм точности прессов в соответствии с требованиями государственного стандарта, которые должны наводиться в лаборатории.

2. Ознакомление с рекомендуемыми методами проверок норм точности в соответствии с требованиями государственного стандарта на нормы точности.

3. Произвести перерасчет допусков на нормы точности прессов, исходя из их фактических параметров (в соответствии с указаниями государственного стандарта).

4. Произвести замеры норм точности пресса.

5. Получаемые результаты оформляются в следующем виде (табл. 1).

Таблица 1

Получаемые результаты

|    | Что проверяется | Метод проверки | Допуск по ГОСТ, мм | Фактические замеры, мм |
|----|-----------------|----------------|--------------------|------------------------|
| 1. |                 |                |                    |                        |
| 2. |                 |                |                    |                        |

### **Выводы**

Анализ полученных результатов, выявление причин отклонения фактических замеров от норм точности и пути их устранения.

### **Техника безопасности**

Замеры биения маховика проводить при вращении его вручную (при отключенном рубильнике).

### **Контрольные вопросы**

1. Как ликвидировать неплоскостность подштамповой плиты пресса?

2. При каком положении ползуна проводится проверка параллельности стола и нижней плоскости ползуна?

3. Для чего служит отверстие в ползуне, параллельность оси которого проверяется?
4. О чем свидетельствует повышенное биение маховика?

Литература: /11/.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИСПЫТАНИЕ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА ПОД НАГРУЗКОЙ**

### **Цель работы**

Испытание пресса под нагрузкой является одним из этапов технической приёмки кузнечно-прессового оборудования (ГОСТ 7600-90 "Кузнечно-прессовые машины. Общие технические условия").

В целях экономии металла испытание прессов под нагрузкой на заводах-изготовителях проводят, используя различные конструкции нагрузжателей, имитирующих ту или иную технологическую операцию (вырубка, вытяжка, осадка, чеканка и др.).

Целью настоящей работы является ознакомление с конструкцией гидравлического нагрузжателя и переносного измерителя, усилия, наладка нагрузжателя для испытания пресса под нагрузкой.

### **Оборудование, оснастка, инструменты, приборы**

1. Пресс кривошипный усилием 100 кН (10 тс).
2. Гидравлический нагрузжатель модели ПБ632А.
3. Переносный измеритель усилия модели ПБ452.
4. Гаечные ключи, штангенциркуль, линейка.
5. Термометр.

### **Конструкция и работа гидравлического нагрузжателя**

Схема гидравлического нагрузжателя представлена на рис.1. Нагрузжатель состоит из корпуса 1, заполненного маслом, крышки 2, гайки 3, плунжера 4, бойка 5, кольцевого клапана 6, пружины 9, ресивера 8 и обратного клапана 7.

Принцип действия гидравлического нагрузжателя состоит в следующем: боёк 5, закрепленный в ползуне пресса, при ходе ползуна вниз нажимает на плунжер 4 и осуществляет сжатие масла в полости "А" корпуса 1. По мере опускания плунжера 4 давление масла растёт, и клапан 6 прижимается вверх к седлу корпуса 1 с все увеличивающимся усилием. Повышение давления масла в полости "А" обуславливает рост нагрузки на ползуне пресса в течение всего рабочего хода  $h_p$  плунжера 4. Величина рабочего хода  $h_p$  зависит от зазора между торцом клапана 6 и буртом плунжера 4, который может регулироваться с помощью гайки 3. В соответствии с изменением величины рабочего хода плунжера уменьшается или увеличивается конечное давление в полости "А", то есть изменяется усилие, создаваемое нагрузжателем. Нагрузка на ползуне про-

должна расти до того момента, когда плунжер 4, выбрав зазор  $h_p$ , нажмет своим буртом на клапан 6. При этом полость "А" высокого давления соединяется с полостью "Б" низкого давления и с ресивером 8, вследствие чего давление в полости "А" мгновенно падает, резко снимается нагрузка о ползуна пресса, имитируя скол материала при разделительной операции.

Возврат клапана 6 в исходное положение осуществляется под действием пружины 9, плунжера 4 – под действием давления масла, поступающего из ресивера 8 через обратный клапан 7. Масло в ресивере 8 находится под давлением воздуха  $P_B$ , подаваемого по трубопроводу. Наладка гидравлического нагружателя на заданное усилие осуществляется с помощью гайки 3, которая позволяет установить необходимую величину зазора  $h_p$  между буртом плунжера 4 и торцом клапана 6. Величина усилия, развиваемого гидронагружателем, контролируется переносным измерителем усилия (рис.2).

Величина хода плунжера устанавливается путем регулировки закрытой высоты пресса. Для этого ползун опускается в нижнюю мертвую точку и вращением регулировочного винта ползуна боек приводится в соприкосновение с плунжером нагружателя. Затем ползун поднимается вращением коленчатого вала в верхнюю мертвую точку и с помощью регулировочного винта опускается на 4-5 мм, что соответствует сумме рабочего хода плунжера  $h_p = 0,3-1,3$  мм, вертикальной деформации пресса  $S = 0,7$  мм и хода ползуна  $h_c = 3$  мм после срыва клапана (рис. 3).

Усилие на ползуне вначале равно  $P_1 = P_B \frac{\pi d_{II}^2}{4}$ , затем в течение рабочего хода плунжера увеличивается до  $P_2 = P_{max} \frac{\pi d_{II}^2}{4}$  и в момент соприкосновения бурта плунжера 4 с клапаном 5 (рис.1) резко возрастает до  $P_3 = P_{max} \frac{\pi d_K^2}{4}$ , ( $P_B$  и  $P_{MAX}$  – начальное наибольшее давление в полости "А").

### **Конструкция и работа переносного измерителя усилий**

Переносной измеритель усилия (рис. 2) состоит из корпуса 1 с расположенным в нем штоком 2, имеющим на конце вилку, через которую проходит упор 4. На нижний торец упора 4 опирается головка индикатора 8, закрепленного винтом 9 в корпусе 1. Фиксирование положения упора осуществляется тормозным устройством, состоящим из планки 5, расположенной в пазу корпуса 1, и пружины 6, поджимающей планку 5 к упору 4.

Для бесступенчатого регулирования базы «L» измерителя усилия служит винт 7.

О величине действующего усилия судят по деформации станины. Предварительно станина совместно с установленным измерителем усилия тарируется с помощью гидравлического домкрата или путем осадки крешеров. Тарировочный график показан на рис.4.

Работа измерителя усилия заключается в следующем: под действием технологического усилия увеличивается база «L» станины и измерителя усилия. При этом шток 2 за счет усилия пружины 3 через вилкообразный выступ перемещает упор 4.

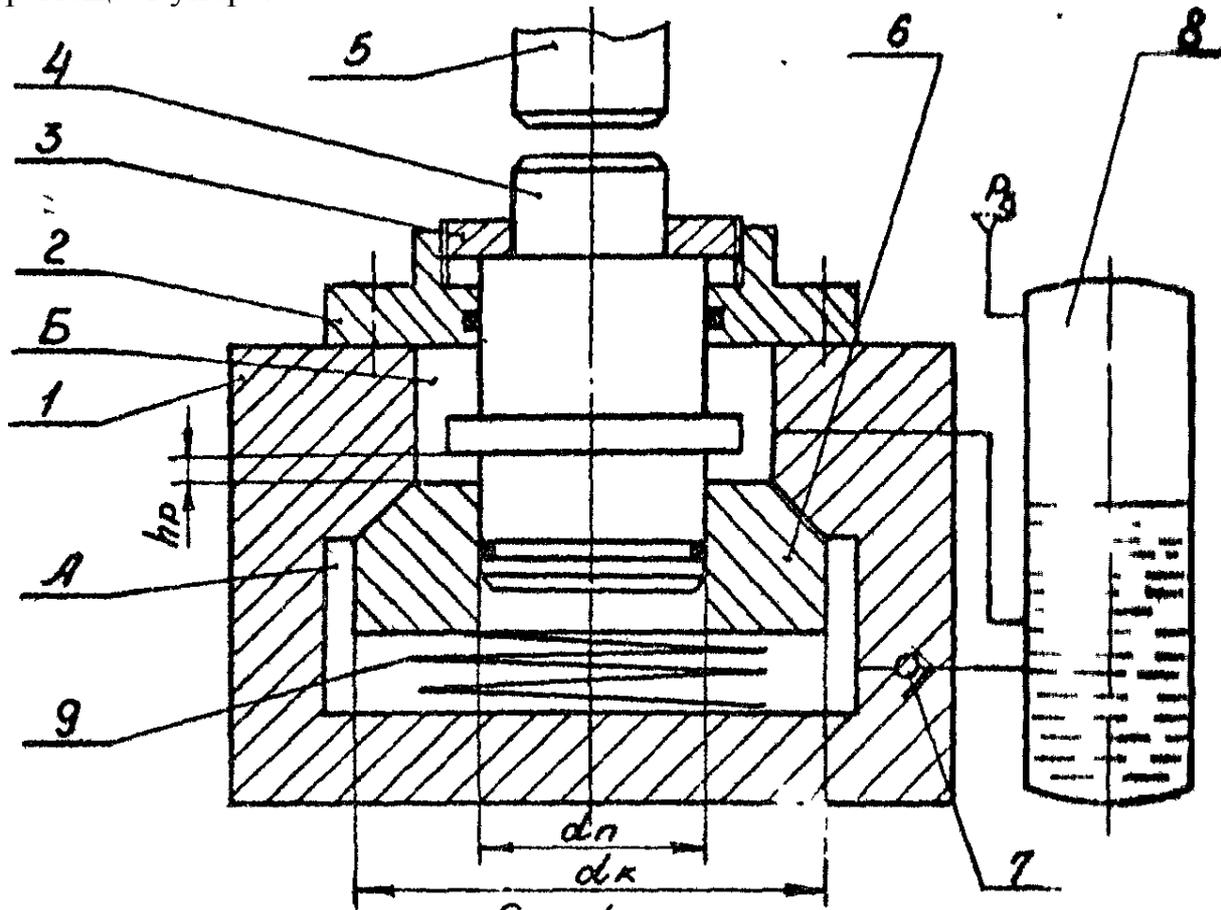


Рис. 1

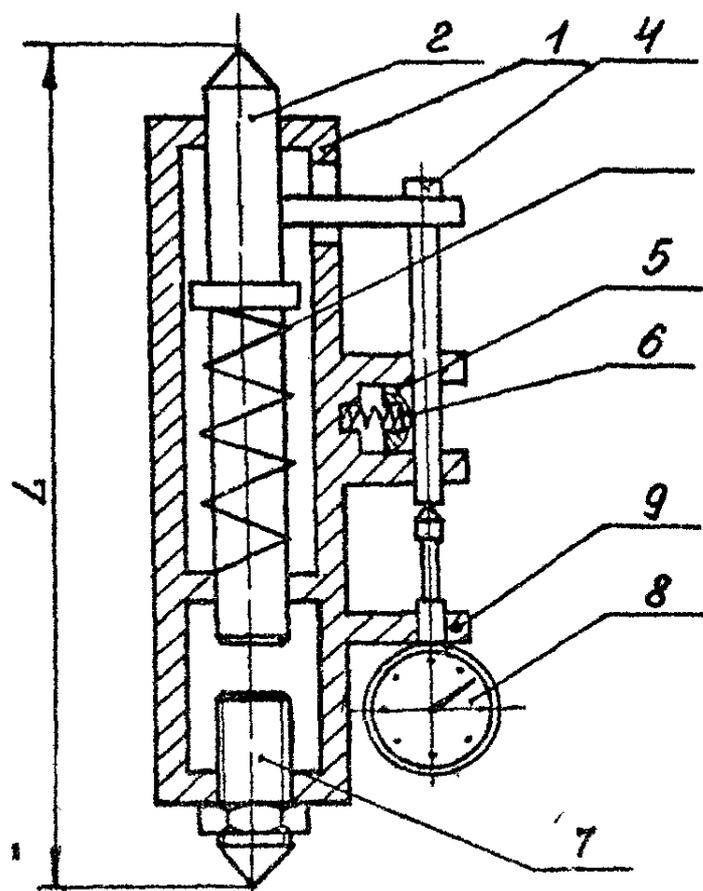


Рис. 2

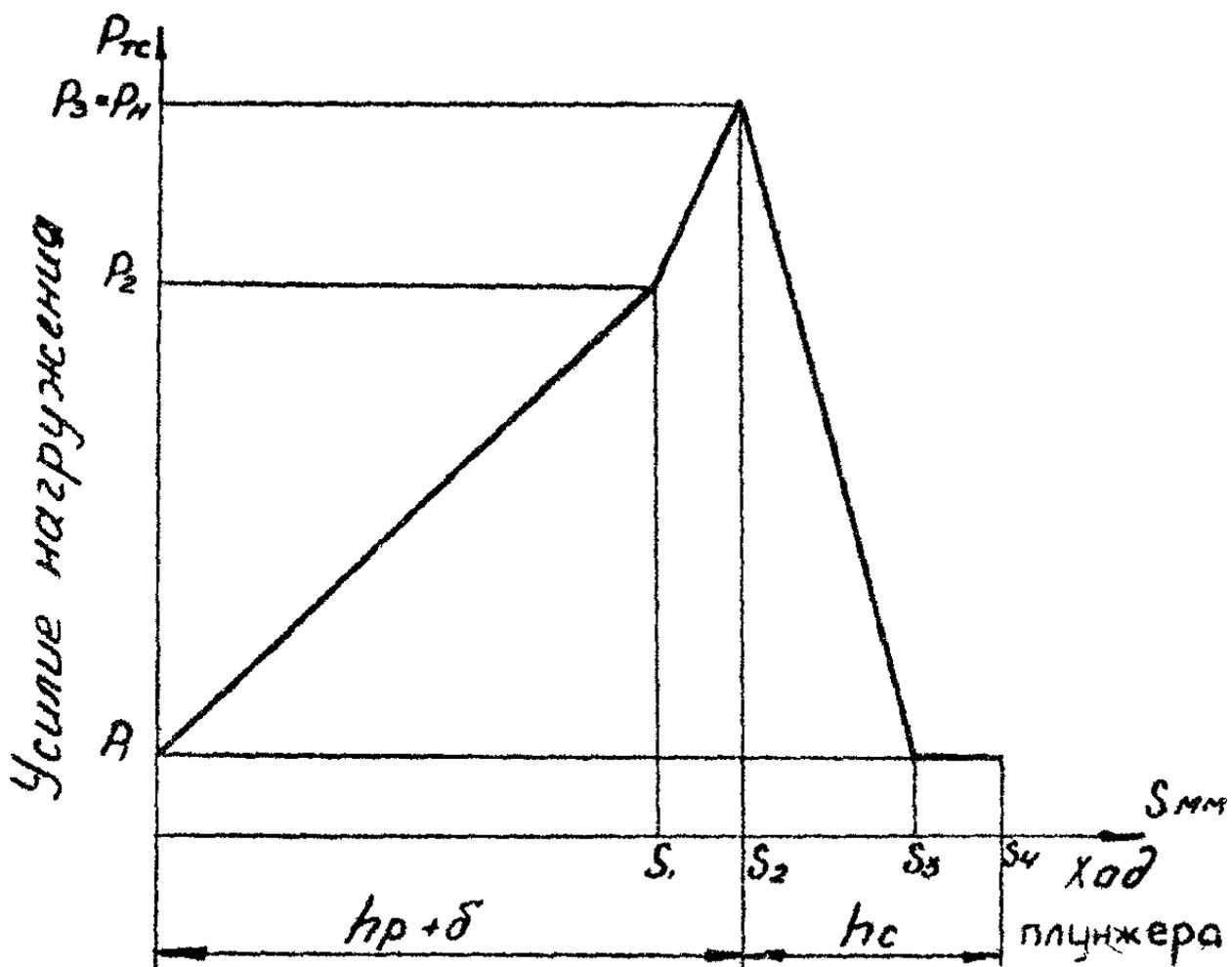


Рис. 3

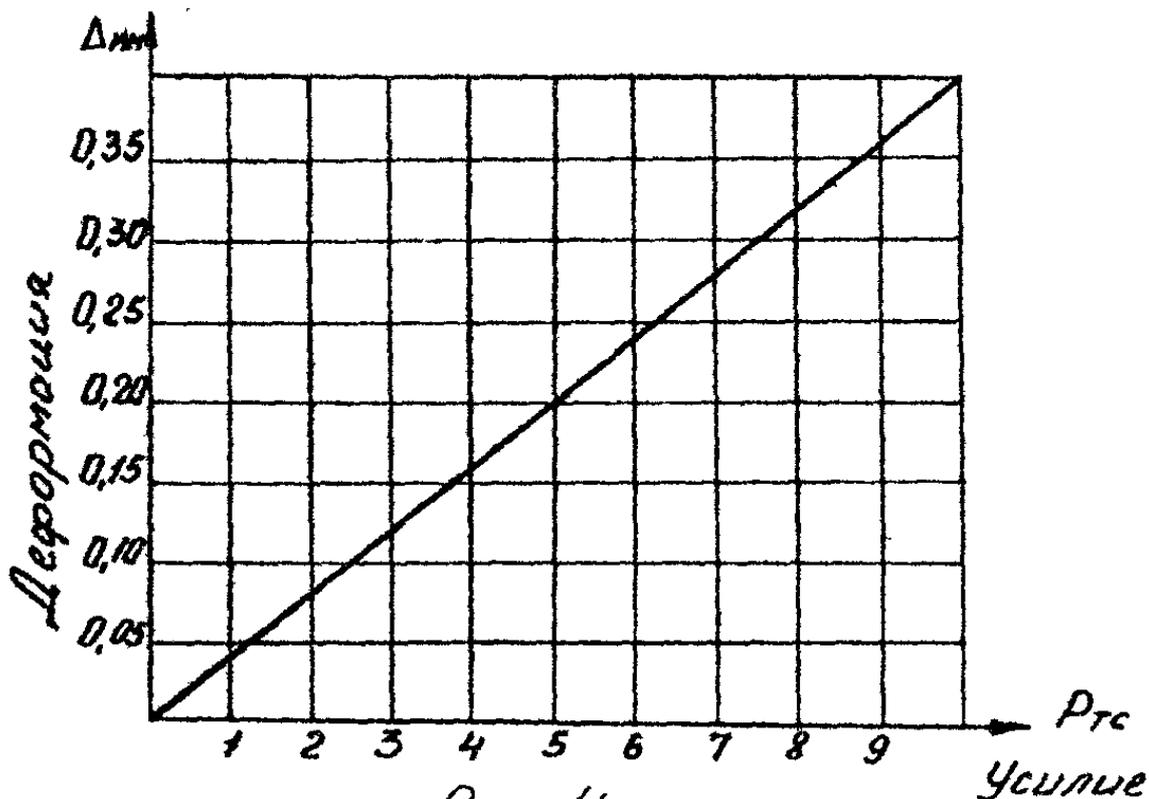


Рис. 4

При сбросе нагрузки упор 4 не возвращается в исходное положение, так как его движение вниз тормозится планкой 6. Величина перемещения упора 4, то есть величина деформации станины, фиксируется индикатором 8.

Отсчет наибольшего показания индикатора производится после 6-10 нагружений пресса, так как пружина не успевает переместить шток 2 и упор 4 в крайнее наибольшее положение в течение кратковременного действия технологической нагрузки, имитируемой гидронагружателем.

Возврат упора 4 в исходное положение осуществляется нажатием на его верхний конец.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом работы гидравлического нагружателя.

2. Ознакомиться с конструкцией и принципом работы переносного измерителя усилия.

3. Произвести наладку гидронагружателя и пресса на заданное усилие, проверить правильность настройки по измерителю усилия.

4. Переключатель рода работы пресса поставить в положение "одиночный ход".

5. Произвести испытание пресса под нагрузкой на одиночных ходах в течение 30 минут. Через каждые 10 минут пресс останавливается и замеряется температура в тормозном шкиве и в верхней головке шатуна.

6. Переключатель рода работы пресса поставить в положение "автоматический ход".

7. Произвести испытание пресса на автоматических ходах в течение 15 минут, замерив в конце работы температуру в тормозном шкиве и верхней головке шатуна.

### **Результаты работ и выводы**

1. Вычерчивается принципиальная схема гидравлического гидронагружателя и переносного измерителя усилий.

2. Строится график изменения температуры при работе на одиночных ходах в зависимости от времени работы.

3. Проанализировать влияние различных режимов работы на нагрев узлов трения.

### **Техника безопасности**

1. Замеры температуры производить при отключенном прессе после полной остановки маховика.

2. Настройку гидравлического нагружателя производить постепенным увеличением нагрузки пресса (контроль по измерению усилия); максимальное

усилие, развиваемое прессом не должно превышать  $(0,85 - 0,9) P_{НОМ}$ .

### Контрольные вопросы

1. Какой вид операции воспроизводится на нагрузателе?
2. Какую роль в работе гидронагрузателя играет подводимый к его конструкции воздух?
3. Чем обеспечивается наладка гидронагрузателя на заданное усилие?
4. Чем контролируется усилие при работе пресса с гидронагрузателем?
5. При каких режимах работы пресса работает тормоз?

Литература: /1, 2, 3/.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА

При работе кривошипных прессов развиваемое технологическое усилие замыкается внутри конструкции пресса. При этом детали и узлы пресса, воспринимающие это усилие, упруго деформируются (станина, кривошипный вал, детали кривошипно-шатунного механизма).

Величиной упругой деформации определенного узла или пресса в целом и определяется жесткость узла или пресса.

По величине упругой деформации пресса при нагрузке в ряде случаев определяется возможность использования пресса для выполнения тех или иных операций (точность получаемых изделий, энергетические затраты и др.). Поэтому вопросы выяснения упругой деформации (жесткости) кривошипных прессов интересуют как изготовителей, так и потребителей прессового оборудования.

Под жесткостью пресса понимается способность системы его деталей сопротивляться деформированию в направлении действия усилия.

Характеристиками жесткости кривошипного пресса являются:

а) график зависимости суммарной деформации пресса от усилия, действующего на ползун пресса (рис.5),  $\Delta = f(P)$ . Видно, что в начальный, период нагружения отсутствует линейная зависимость между усилием и упругой деформацией (криволинейная часть графика). И только при усилии более  $0,3 P_H$  ( $P_H$  – номинальное усилие пресса) наблюдается линейная зависимость между упругой деформацией и нагрузкой;

б) коэффициент жесткости, который принимается количественной характеристикой.

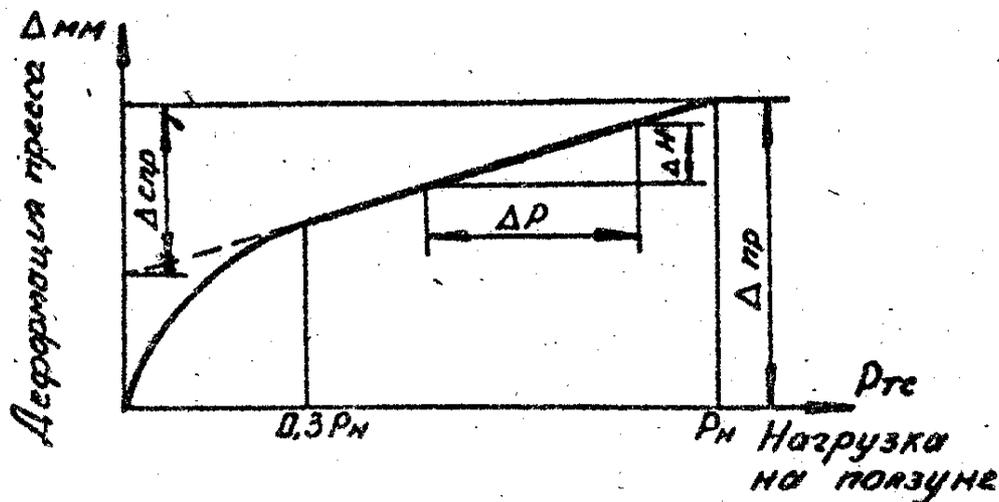


Рис. 5. Типовой график зависимости суммарной деформации прессы от усилия

Исходя из вида графика деформации прессы, различают две количественные характеристики жесткости:

1. Средний коэффициент жесткости, (или средняя жесткость), определяемый как отношение нагрузки прессы  $P_H$  к величине упругой деформации  $\Delta_{ПР}$ ,

$$C_{ПР.СР} = \frac{P_H}{\Delta_{ПР}}$$

Иногда этот коэффициент жесткости (жесткость) называют жесткостью по криволинейному графику.

2. Коэффициент жесткости (жесткость) по спрямленному графику (рис.5), то есть

$$C_{ПР} = \frac{P_H}{\Delta_{СПР}}$$

Для удобства эту характеристику называют коэффициентом жесткости (жесткостью). Исходя из линейной зависимости деформации от нагрузки при  $P > 0,3 P_H$ , иногда этот коэффициент жесткости определяется как отношение приращения нагрузки  $\Delta P$  к приращению деформации  $\Delta H$ , то есть

$$C_{ПР} = \frac{\Delta P}{\Delta H}$$

Для прессов закрытого исполнения определяется только вертикальная жесткость, тогда как для прессов открытого исполнения помимо вертикальной жесткости приходится иметь дело с горизонтальной и угловой деформацией, то есть определять горизонтальную и угловую жесткость.

### Цель работы

Работа преследует цель ознакомления студентов с методикой экспери-

ментального определения характеристик жёсткости кривошипных прессов.

### Условия проведения работы

Определяется вертикальная жёсткость одного из имеющихся в лаборатории прессов.

Ступенчатое нагружение пресса при замере упругой деформации производится гидравлическим нагружателем, давление жидкости в котором фиксируется по манометру. Фиксация упругой деформации пресса производится индикаторами часового типа.

### Порядок выполнения работы

1. Установить нагружатель на стол пресса по оси ползуна. Между ползуном пресса и нагружателем установить необходимую проставку. При этом ползун должен находиться в крайнем верхнем или крайнем нижнем положении.

2. Установить две стойки индикаторов посередине стола пресса как можно ближе к оси пресса. Расстояние обоих индикаторов от оси пресса должно быть одинаковым. Измерительные стержни индикаторов выставить до упора в ползун.

3. Производится ступенчатое нагружение пресса с интервалом в 1 МПа (10 атм.). Ориентировочно (без учета трения) давление масла в нагружателе  $\rho_M$  и нагрузка пресса  $P$  связаны зависимостью

$$P = P_M = \rho_M * F_{II} ,$$

где  $F_{II}$  – площадь плунжера нагружателя.

4. Произвести не менее 2-3 раз ступенчатое нагружение пресса с записью показаний индикаторов. Записать показания индикаторов при нагружении пресса и при ступенчатом сбросе нагрузки по следующей форме (табл. 2):

Таблица 2

Форма для заполнения

| Характер нагрузки | Измерение 1    |                 |   | Измерение 2          |                |                 |   |                      |
|-------------------|----------------|-----------------|---|----------------------|----------------|-----------------|---|----------------------|
|                   | Усилие нагруж. | Показ. индикат. |   | Среднее знач. дефор. | Усилие нагруж. | Показ. индикат. |   | Среднее знач. дефор. |
|                   |                | 1               | 2 |                      |                | 1               | 2 |                      |
| Нагружение        |                |                 |   |                      |                |                 |   |                      |
| Разгрузка         |                |                 |   |                      |                |                 |   |                      |

5. На основании данных таблицы построить графики  $\Delta = f(P_M)$  упругой деформации пресса по средним значениям деформации ( 1+2/2 ) как при нагрузке пресса, так и при разгрузке.

6. Определение силы трения в уплотнениях нагружателя.

При нагружении прессы усилие  $P$  на ползуне, силы трения  $P_T$  и усилие по манометру  $P_M$  связаны зависимостью

$$P = P_M - P_T$$

При разгрузке, то есть сбросе нагрузки

$$P = P'_M + P_T$$

Складывая два эти выражения, получаем

$$2P = P_M + P'_M \quad \text{или} \quad P = \frac{P_M + P'_M}{2}$$

Следовательно, задаваясь какой-то определенной величиной упругой деформации, можно по графику нагрузки и разгрузки определить значения нагрузки по манометру  $P_M$  и  $P'_M$ , соответствующие этой упругой деформации, после чего определить фактическую нагрузку на ползуне прессы и потери на трение.

7. Полученные данные позволяют построить график зависимости деформации от фактической нагрузки на ползуне:  $\Delta = f(P)$ .

### Результаты работы и выводы

1. Построить графики зависимостей  $\Delta = f(P_M)$  и  $\Delta = f(P)$ .
2. По зависимости  $\Delta = f(P)$  определить  $C_{ПР}$  и  $C_{ПР.СР}$ .
3. Сделать вывод о причине нелинейной зависимости  $\Delta = f(P)$  в начале нагружения прессы.

### Техника безопасности

При нагружении прессы не допускать повышения давления жидкости в гидросистеме более 10 МПа (100 атм.).

### Контрольные вопросы

1. Чем объяснить нелинейность характеристики жесткости на начальной стадии нагружения?
2. В каком случае жесткость прессы будет выше: при максимальной или при минимальной закрытой высоте?
3. В каких единицах измеряется жесткость прессы?
4. Каким образом при оценке жесткости удастся исключить нелинейность характеристики жесткости на действие сил трения в уплотнении нагружателя?
5. Для чего на прессе устанавливают стяжные шпильки?

Литература: /1, 2, 6/.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СТАНИНЕ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА**

### **Цель работы**

Определение напряжений в опасном сечении станины (на растянутой и сжатой стороне) в зависимости от усилия технологической операции.

### **Оборудование, оснастка, материалы**

1. Кривошипный пресс.
2. Универсальная испытательная машина УИМЧ-30.
3. Штамп.
4. Тензометрическая аппаратура (усилитель, шлейфовый осциллограф).
5. Заготовки: на операции вырубки – полоса из стали Ст.3 (ГОСТ 380-71), на операции осадки – крешеры.

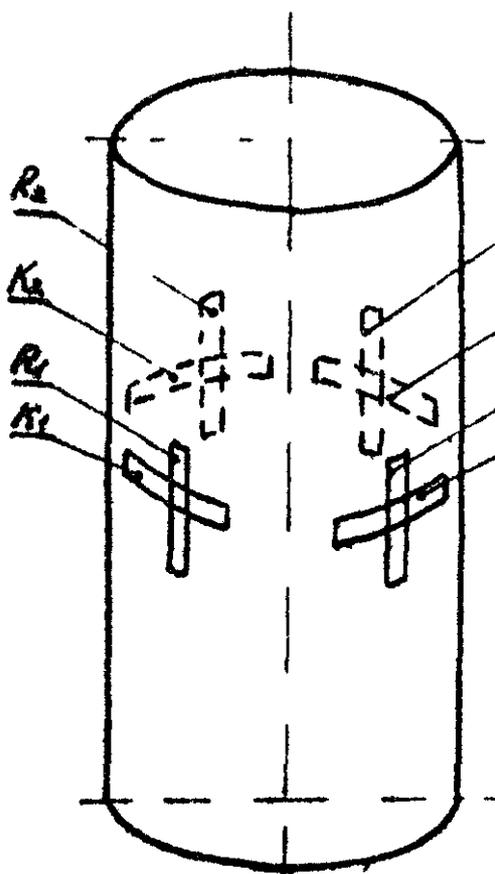
### **Методика проведения экспериментальных исследований**

Для записи напряжений в опасном сечении станины и усилия технологической операции используются проволочные тензорезисторы с базой 10-20 мм, наклеиваемые на пуансон штампа (рис.6) и станину пресса. Тензорезисторы наклеиваются на перечисленные выше детали так, чтобы их оси совпадали с направлениями главных напряжений, если они известны. В противном случае наклейка тензорезисторов осуществляется в виде розетки (три резистора с осями, повернутыми относительно друг друга), что позволяет определить и величину, и направления главных напряжений.

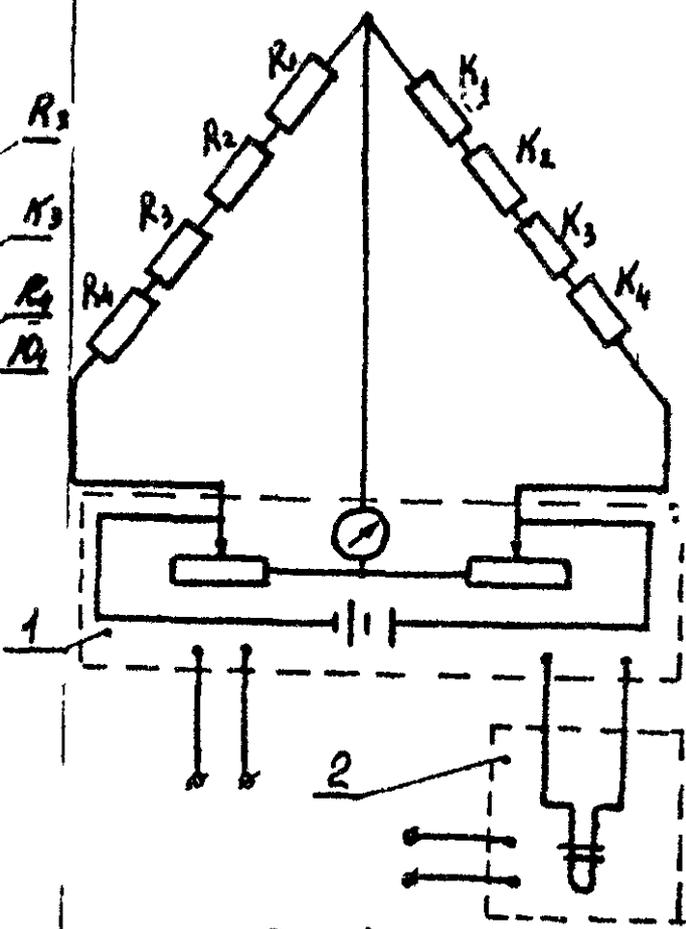
Тензорезисторы соединяются пайкой по схеме полумоста (рис 7). Вторая половина моста находится в усилителе 1, который усиливает сигнал с тензорезисторов до величины, необходимой для записи его на шлейфовом осциллографе 2.

При выполнении технологической операции (вырубки или осадки) проволочные тензорезисторы ( $R_1, R_2, R_3$  и  $R_4$  на рис.6 и 7) деформируются вместе с деталью, на которую они наклеены. Деформация тензорезисторов приводит к изменению их сопротивления и разбалансировке моста. В измерительной диагонали моста появляется ток, величина которого пропорциональна нагрузке, действующей на тензорезистор и, следовательно, на деталь (пуансон или станину). Ток разбаланса моста после усиления записывается на бумагу шлейфового осциллографа.

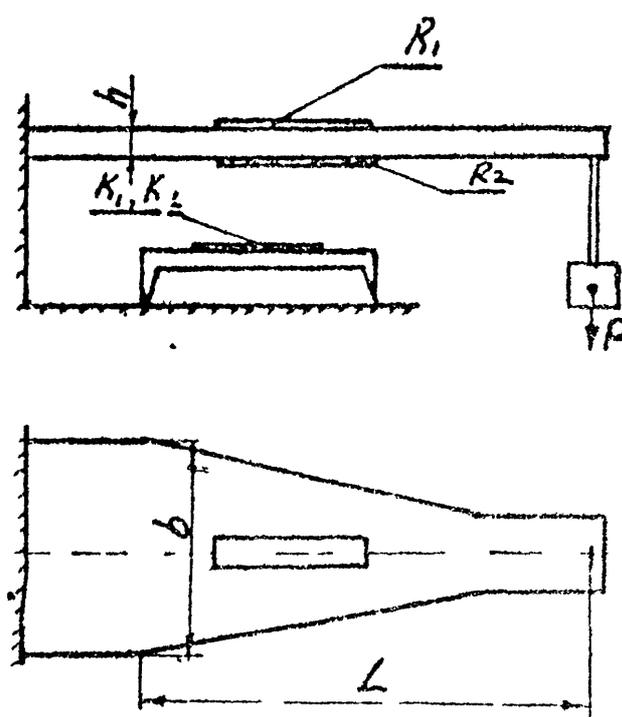
Для устранения влияния колебаний температуры испытываемых деталей, на них наклеиваются компенсационные тензорезисторы, оси которых располагаются перпендикулярно направлению главных напряжений ( $K_1, K_2, K_3$  и  $K_4$  на рис. 6 и 7).



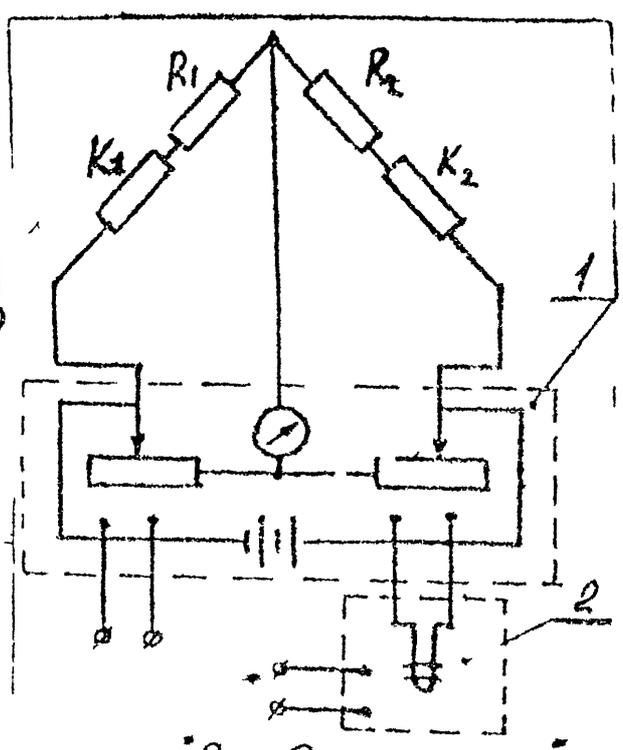
Puc. 6



Puc. 7



Puc. 8



Puc. 9

Для выяснения масштаба записи сигнала с разбалансированного моста и расшифровки записанных осциллограмм необходима предварительная тарировка датчиков (тензорезисторов). Датчик усилия технологической операций тарируется путём установки пуансона на испытательную машину и его ступенчатого нагружения. Датчики напряжений станины тарируются при помощи тарировочной балочки (рис. 8), изготовленной из того же материала что и станина прессы, путём ее ступенчатого нагружения. Схема подключения датчиков для замера напряжений приведена на рис. 9.

Отклонение луча шлейфа при нагружении пуансона или балочки записывается на светочувствительные пленку и бумагу осциллографа, что позволяет построить затем тарировочные графики, дающие зависимости отклонения луча шлейфа от нагрузки на пуансон и напряжений в тарировочной балочке и, следовательно, станины. Величина напряжений оценивается по формуле:

$$\delta = \frac{6PL}{bh^2},$$

где  $P$  – нагрузка на балку;  
 $L$  – плечо;  
 $b$  – ширина сечения;  
 $h$  – высота.

При расчете усилия, прикладываемого к балке, следует учитывать, что напряжение изгиба в балке не должно превышать допускаемого  $[\delta] = 30$  МПа.

Полученные в результате экспериментальных исследований осциллограммы позволяют построить графики зависимости напряжений в опасном сечении станины от усилия технологической операции.

### Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с конструкцией штампа.
2. Ознакомиться со схемой наклейки тензорезисторов (датчиков) на испытываемые детали.
3. Ознакомиться с методикой сборки испытательной схемы, осциллографом и усилителем.
4. Произвести тарировку датчика усилия и напряжения.
5. Произвести запись напряжений в станине и усилия технологической операции при ее выполнении.
6. Проявить осциллограммы.
7. Построить тарировочные графики.
8. Определить величины технологических усилий.
9. Расшифровать осциллограммы и построить графики зависимости напряжений в опасном сечении станины от усилия технологической операции.
10. Составить эскиз опасного сечения и определить теоретические напряжения в крайних волокнах этого сечения в зависимости от нагрузки по

формулам:

$$\sigma_P = \frac{P}{F} + \frac{P(a + h_P)h_P}{J}, \quad \sigma_{СЖ} = \frac{P}{F} - \frac{P(a + h_P)h_{СЖ}}{J},$$

где  $P$  – расчетное усилие;

$F$  – площадь сечения станины;

$J$  – момент инерции сечения станины;

$a$  – вылет станины (расстояние от оси действия силы до станины);

$h_P, h_{СЖ}$  – соответственно расстояние от центра тяжести площади сечения станины до крайних растянутых и сжатых волокон.

11. Построить теоретические графики зависимости напряжений в станине от усилия на ползуне.

### Результаты работы и выводы

Графики экспериментальных и теоретических зависимостей  $\sigma_P = f(P)$  и  $\sigma_{СЖ} = f(P)$ .

Сравнение экспериментальных и теоретических величин напряжений и определение погрешности при расчете по теоретическим зависимостям по отношению к опытным данным.

### Контрольные вопросы

1. Какова роль тензорезисторов при измерении деформаций и напряжений?
2. В чем состоит функция компенсационных датчиков?
3. Какое напряженно-деформированное состояние испытывает станина в сечении, совпадающим с точками наклейки датчиков?
4. В чём особенность нагружения прессы при выполнении операции вырубки?

Литература: /1, 2, 5, 6, 7/.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И РАБОТЫ. ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА

### Цель работы

Научение принципа действия гидросхемы и конструктивных особенностей гидравлического прессы с индивидуальным насосным приводом модели ПВ 474 номинальным усилием 1000 кН (100 тс). Проведение проверочных расчетов.

## Условия проведения работы

Работа проводится на гидравлическом прессе и его гидроприводе. Вся подготовительная часть должна быть выполнена лаборантом кафедры.

### Технологическое назначение пресса и общие сведения о конструкции

Гидравлические прессы являются машинами статического действия, в которых в качестве энергоносителя используется минеральное масло или водная эмульсия.

Гидравлические прессы широко используются при обработке металлов давлением: дляковки, объемной штамповки, выдавливания труб и прутков, листовой штамповки. Они также используются для прессования изделий из неметаллических материалов, для правильных, сборочных работ и обработки металлоотходов.

Гидравлический пресс модели ПВ 474 предназначен для прессования изделий из пластмасс и других штамповочных работ.

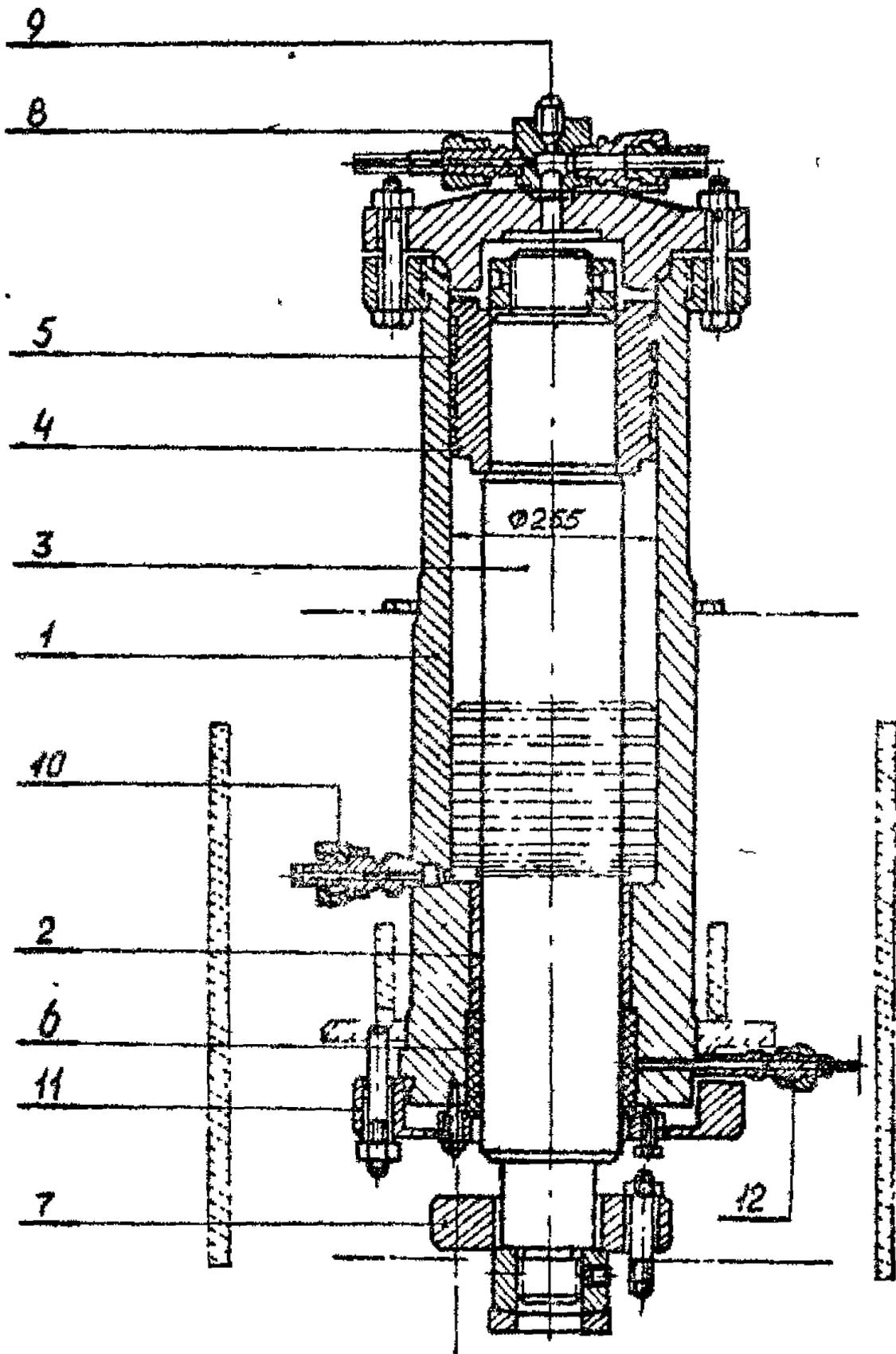
Гидравлическая, и электрическая схемы пресса обеспечивают его работу на следующих режимах:

- 1) наладочный;
- 2) полуавтоматический без выталкивателя;
- 3) полуавтоматический с выталкивателем.

Гидравлический пресс выполнен вертикальным. Станина пресса является замкнутой силовой рамой, сваренной из стальных листов. В стойках станины размещены элементы электроуправления прессом и трубопроводы. На стойках закреплены четыре чугунных регулируемых направляющих подвижной поперечины. Подвижная поперечина (ползун) выполнена из чугуна. Рабочий цилиндр (рис. 10) и цилиндр выталкивателя (рис. 11) поршневого типа.

Главный цилиндр 1 выполнен из стальной поковки. В цилиндре по направляющей втулке 2 движется шток 3 с насаженным на него поршнем 4 и уплотняющими поршневыми кольцами 5. Для предотвращения течи из нижней полости цилиндра предусмотрено манжетное уплотнение 6. Шток 3 через фланец 7 соединён с ползуном. Подвод рабочей жидкости в верхнюю полость цилиндра осуществляется трубопроводом 8 через фланцевое соединение, установленное на крышке цилиндра. Там же расположена воздухопускная пробка 9. В нижней части цилиндра находится штуцерное соединение 10 для подвода жидкости в нижнюю полость цилиндра. Отвод утечек осуществляется через трубопровод 12.

Выталкиватель также поршневого типа расположен в нижней части станины под столом. Конструкция его уплотнений аналогична конструкции главного цилиндра. Величина хода выталкивателя вверх регулируется перестановкой штанги со скосом 7, воздействующей на конечный выключатель электроаппаратуры управления. Величина опускания выталкивателя вниз регулируется посредством кулачка 8. Подвод рабочей жидкости в верхнюю полость цилиндра осуществляется через трубопровод со штуцерным соединением возле направляющей втулки. В нижнюю полость цилиндра рабочая жидкость также подводится через штуцерное соединение, установленное в нижней крышке цилиндра.



*Рис. 10*

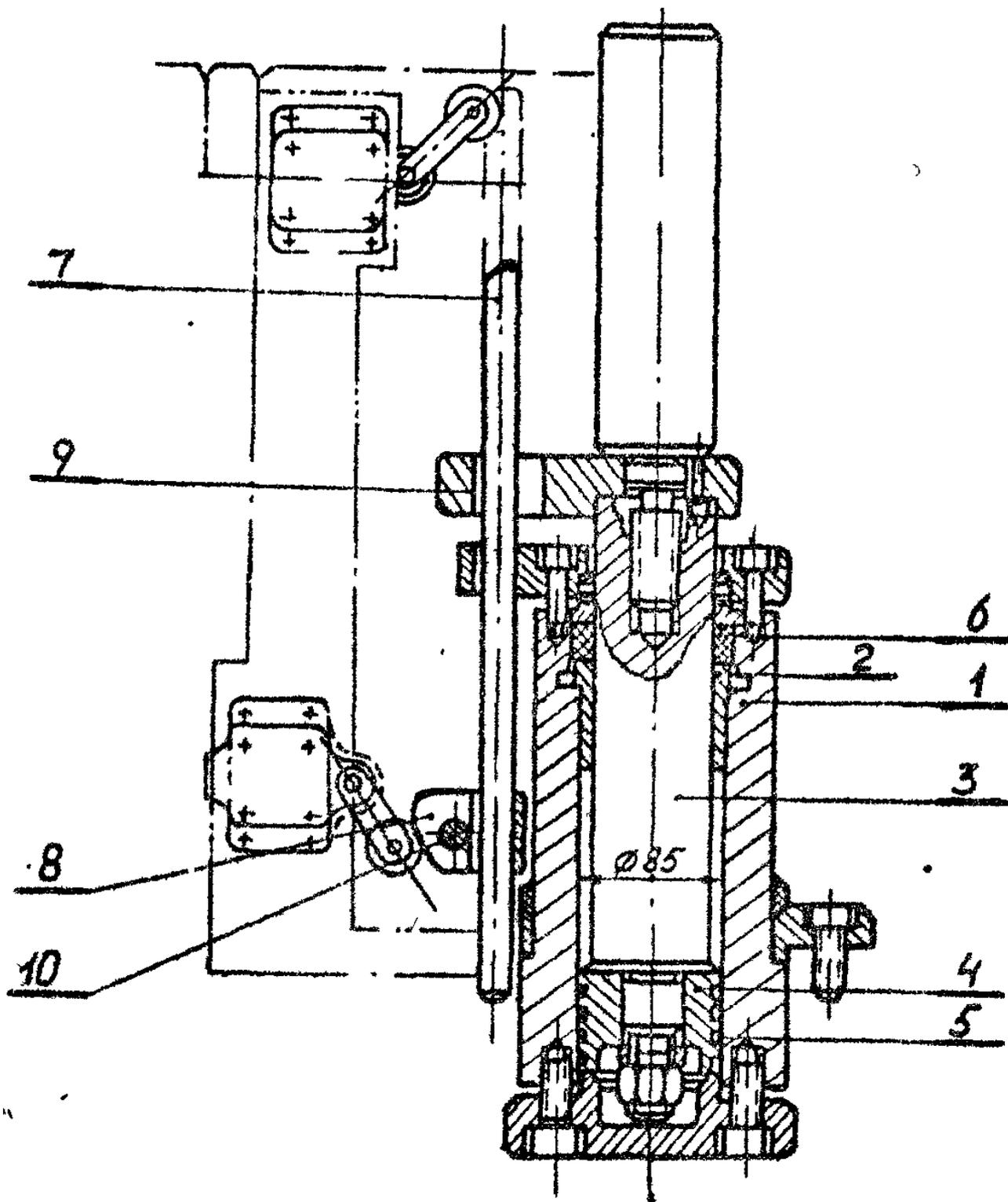


Рис. 11

### Гидрокинематическая схема и принцип действия прессы

Электрогидравлическая схема индивидуального привода (рис.12, 13) обеспечивает осуществление следующих режимов работы:

наладочный, полуавтоматический без выталкивателя, полуавтоматический с выталкивателем.

При установке пресса в лаборатории его электросхема была настроена для работы только в наладочном режиме, необходимом при экспериментальных исследованиях.

Работа гидропривода при наладочном режиме начинается с нажатия кнопки "пуск" на кнопочной станции, после чего включается электродвигатель. Лопастный насос ЛЭФ-70 подают поток масла через разгрузочный золотник с обратным клапаном в каналы 3 позиционного переключателя, откуда масло сливается в маслобак, так как электромагниты переключателя обесточены и его золотник находится в нейтральном положении. Поток масла, подаваемый поршневым насосом Н-400 высокого давления, поступает в разгрузочный золотник и далее в переключатель поршневой 3-х позиционный, откуда в 3-х позиционный переключатель с обратным клапаном и затем сливается в маслобак.

Переключатель 3-х позиционный с обратным клапаном управляет движением ползуна, а переключатель просто 3-х позиционный – движением выталкивателя. Оба переключателя приводятся в действие электромагнитами "а", "в", "с", "d".

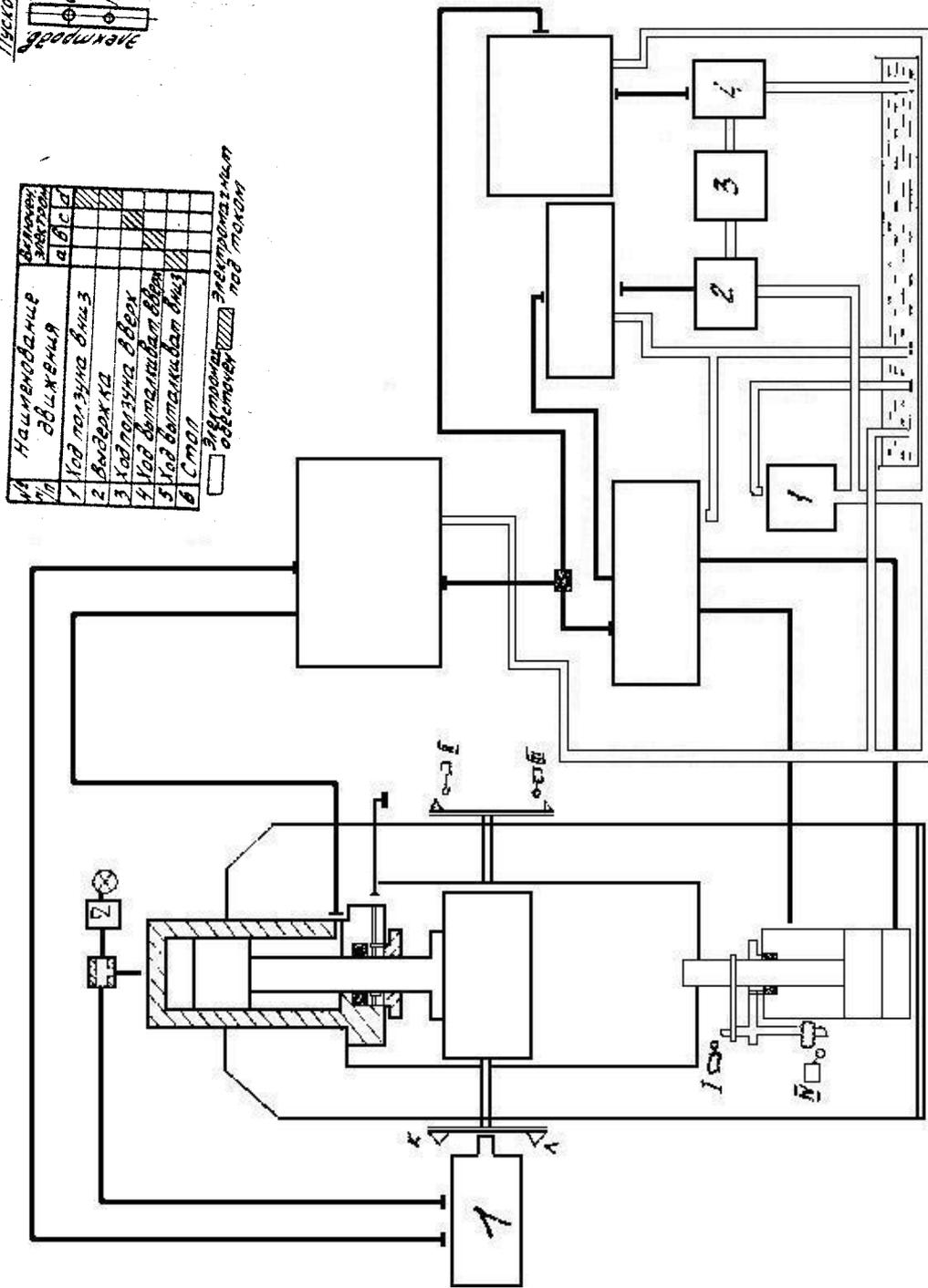
При нажатии кнопки "ползун вверх" включается электромагнит "с", который перемещает золотник переключателя в крайнее правое положение, при этом возвратная полость главного цилиндра соединяется с линией нагнетания насосов, а рабочая полость со сливом в маслобак. Происходит быстрый подъем ползуна.

При отпускании кнопки "ползун вверх" электромагнит "с" обесточивается и золотник переключателя под действием пружины устанавливается в нейтральное положение, что соответствует позиции "стоп".

При нажатии кнопки "ползун вниз" включается электромагнит "d", вследствие чего золотник переключателя устанавливается в крайнее левое положение, подводя масло в рабочую полость гладкого цилиндра через дроссель. Масло, вытесняемое из возвратной полости главного цилиндра, пройдя каналы переключателя и обратный клапан, также поступает в рабочую полость главного цилиндра, соединяясь с маслом от насосов, благодаря чему скорость хода ползуна пресса вниз увеличивается.

На расстоянии 20-30 мм до смыкания матриц регулируемый упор на ползуне воздействует на золотник дросселя, вследствие чего сечение проходного канала уменьшается, скорость опускания ползуна уменьшается, а давление в системе возрастает, что приводит к срабатыванию разгрузочного золотника и отключению потока масла от лопастного насоса, который начинает работать на слив. После этого, скорость движения ползуна (период рабочего хода) определяется производительностью только поршневого насоса. Управление дросселем может не потребоваться. Тогда рычаги механизма управления сдвигаются. Переключение насосов происходит по мере нарастания давления в системе в ходе прессования. Останов ползуна в крайнем нижнем положении произойдет или после отпуска кнопки "ползун вниз", или после срабатывания регулируемого конечного выключателя III. Далее нажимают кнопку "ползун вверх" и поднимают ползун на необходимое расстояние. Останов ползуна в верхнем положении произойдет или после отпускания кнопки "ползун вверх", или после срабатывания регулируемого конечного выключателя II.

1. Поршневой насос  $H = 400$ ,  $Q = 5$  л/мин,  $P = 200$  кг/см<sup>2</sup>.
2. Электродвигатель тип А 52-6,  $N=4,5$  кВт,  $n=1000$  об/мин.
3. Лопастной насос ЛЗФ-70,  $Q = 70$  л/мин,  $P = 65$  кг/см<sup>2</sup>.
4. Бачок для питания насоса  $H = 400$ .



| № | Назначение              |   | Время |   |
|---|-------------------------|---|-------|---|
|   | а                       | б | а     | б |
| 1 | Код ползуна вниз        |   |       |   |
| 2 | Выход на                |   |       |   |
| 3 | Код ползуна вверх       |   |       |   |
| 4 | Код выталкивателя вверх |   |       |   |
| 5 | Код выталкивателя вниз  |   |       |   |
| 6 | Стоп                    |   |       |   |

□ — Электронный элемент  
 ▨ — Электронный элемент по току

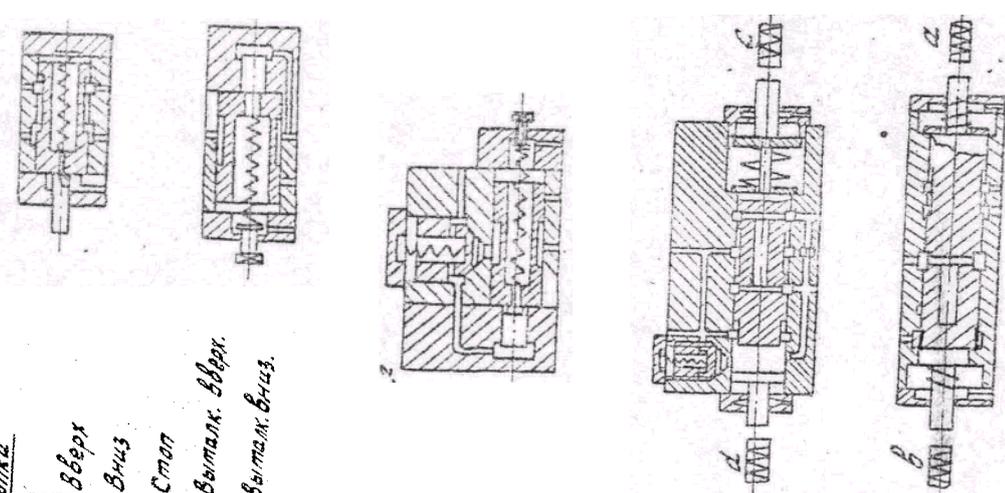
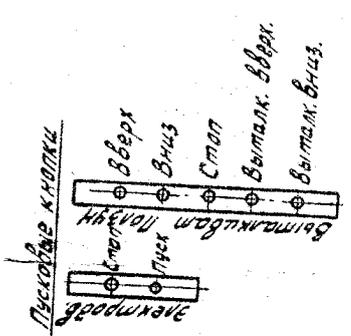


Рис. 12

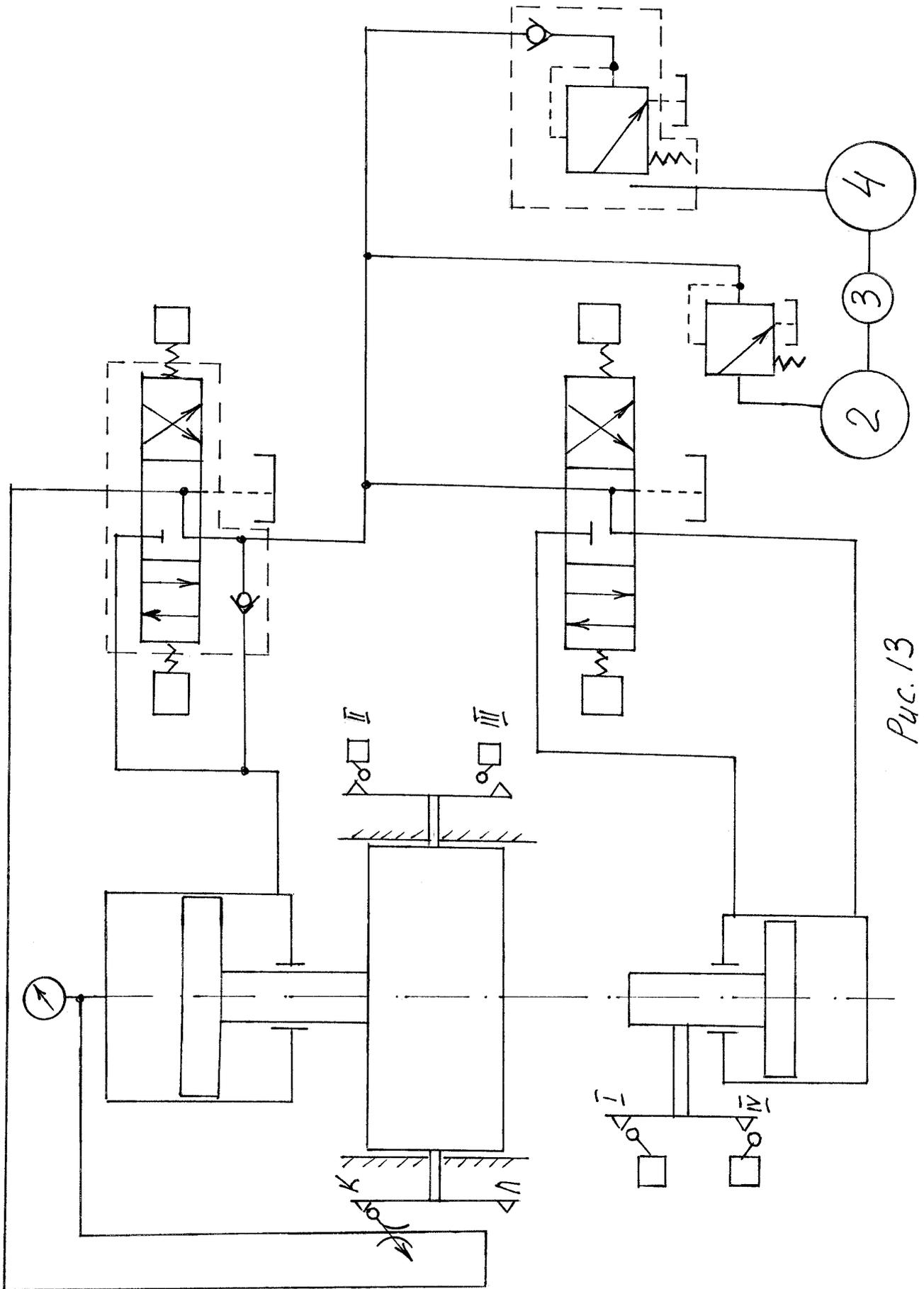


Рис. 13

После подъёма ползуна можно, если требуется, обеспечить срабатывание выталкивателя. Для этого нажимают кнопку "выталкиватель вверх" в результате чего электромагнит "в" переместит золотник переключателя в крайнее правое положение и масло от поршневого насоса поступит в нижнюю полость цилиндра выталкивателя. Масло, вытесняемое из полости возврата цилиндра выталкивателя, поступает в переключатель, где соединяется с маслом, вследствие чего скорость хода вверх увеличивается.

Для опускания выталкивателя необходимо отпустить кнопку "выталкиватель вверх" и нажать кнопку "выталкиватель вниз". При этом включится электромагнит "а", золотник переключателя встанет в левое положение, а полость возврата выталкивателя соединится с линией нагнетания от поршневого насоса, при этом полость рабочего хода выталкивателя соединится со сливом.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией пресса и его гидропривода, технической характеристикой.

2. Сравнить конструктивные особенности гидропривода пресса со схемой, представленной в методических указаниях.

3. Отдельные агрегаты в гидросхеме представлены пустыми прямоугольниками, а на полях показаны схемы этих агрегатов. Необходимо, разобравшись в гидросхеме, указать правильные места расположения агрегатов.

4. Произвести расчет суммарной производительности насосов и мощности электропривода по формуле.

Производительность:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \eta_0, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $D$  – диаметр главного цилиндра;

$V$  – скорость холостого хода;

$\eta_0$  – объемный КПД.

Мощность двигателя:

$$N = \frac{Q * \rho * 1000}{\eta_0 * \eta_M}, \text{ кВт},$$

где  $\rho$  – давление в системе, развиваемое в период рабочего хода;

$\eta^M$  – механический КПД.

### Результаты работы и выводы

1. Привести гидравлическую схему пресса и дать краткое описание ее работы.

2. Произвести расчет производительности и мощности насосной установки.

3. Выводы.

## Техника безопасности

1. Перед началом работы со студентами проводится необходимый инструктаж по технике безопасности работы на гидравлическом прессе.
2. Осмотр гидросистемы и пресса производить при обесточенном состоянии системы пресса.

## Контрольные вопросы

1. Какой вид привода применен на данном гидропрессе?
2. Что даст использование в приводе пресса насосов высокого и низкого давления?
3. За счет чего происходит переключение золотниковых устройств?
4. С какой целью на прессе установлены регулируемые упоры по ходу ползуна?

Литература: /1, 2/.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИКАТОРНОЙ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КОВОЧНОГО МОЛОТА

### Цель работы

Работа преследует цель ознакомить студентов с методикой экспериментального определения индикаторной работы молотов.

### Условия проведения работы

Работа проводится на пневматическом молоте. Вся подготовительная часть работы должна быть выполнена лаборантом кафедры.

### Описание и характеристика датчиков

Индикаторный коэффициент полезного действия пневматического ковочного молота определяется отношением индикаторной работы рабочего цилиндра  $L_{iP}$  к индикаторной работе компрессорного цилиндра  $L_{iK}$ :

$$\eta_{oi} = \frac{L_{iP}}{L_{iK}}$$

В свою очередь, индикаторная работа рабочего и компрессорного, ци-

линдров равна:

$$L_{iP} = L_{iНПРЦ} + L_{iВПРЦ} ,$$

$$L_{iK} = L_{iНПКЦ} + L_{iВПКЦ} ,$$

где  $L_{iНПРЦ}$  и  $L_{iВПРЦ}$  – соответственно индикаторная работа нижней и верхней полостей рабочего цилиндра;

$L_{iНПКЦ}$  и  $L_{iВПКЦ}$  – индикаторная работа нижней и верхней полостей компрессорного цилиндра.

Индикаторные работы полостей рабочего и компрессорного цилиндров находятся по индикаторным диаграммам, показывающим изменение давления воздуха в соответствующих полостях цилиндров от величины перемещения рабочего и компрессорного поршней за цикл работы молота.

Если  $F_1, F_2, F_3$  и  $F_4$  – соответственно площади индикаторных диаграмм нижней и верхней полостей рабочего цилиндра и нижней и верхней полостей компрессорного цилиндра, то

$$L_{iНПРЦ} = F_1 * f_1 * \mu_P * \mu_S ,$$

$$L_{iВПРЦ} = F_2 * f_2 * \mu_P * \mu_S ,$$

$$L_{iНПКЦ} = F_3 * f_3 * \mu_P * \mu_S ,$$

$$L_{iВПКЦ} = F_4 * f_4 * \mu_P * \mu_S ,$$

где  $f_1 = 290 \text{ см}^2$  – площадь рабочего поршня снизу;

$f_2 = 491 \text{ см}^2$  – площадь рабочего поршня сверху;

$f_3 = 418 \text{ см}^2$  – площадь поршня компрессора снизу;

$f_4 = 831 \text{ см}^2$  – площадь поршня компрессора сверху;

$\mu_P$  – масштаб записи давления воздуха по индикаторным диаграммам;

$\mu_S$  – масштаб пути рабочего и компрессорного поршней по индикаторным диаграммам.

Таким образом, для решения поставленной задачи во время экспериментального исследования необходимо записать следующие параметры:

- 1) давление воздуха в нижней полости рабочего цилиндра;
- 2) давление воздуха в верхней полости рабочего цилиндра;
- 3) давление воздуха в нижней полости компрессорного цилиндра;
- 4) давление воздуха в верхней полости компрессорного цилиндра;
- 5) путь бабы;
- 6) угол поворота кривошипного вала, знание которого необходимо для

нахождения величины перемещения поршня компрессора по зависимости:

$$S_K = R \left[ 1 - \cos \alpha_K + \frac{K}{4} (1 - \cos 2\alpha_K) \right] ,$$

где  $R = 10,5 \text{ см}$  – радиус кривошипа;  
 $K = R/L = 0,186$  – коэффициент шатуна.

Давление воздуха в полостях рабочего и компрессорного цилиндров определяется при помощи сильфонных датчиков давления (рис.14).

Датчик состоит из корпуса 1, в котором размещены сильфон 3 и упругое кольцо 2. При помощи штуцера 4 внутренняя полость сильфона соединяется с полостью цилиндра молота. Изменение давления в полости цилиндра приводит к изменению упругой деформации кольца, на котором наклеены тензорезисторы  $R_1$  и  $R_2$ , собранные в систему полумоста (рис. 15), подключённые к усилителю 1 и осциллографу 2.

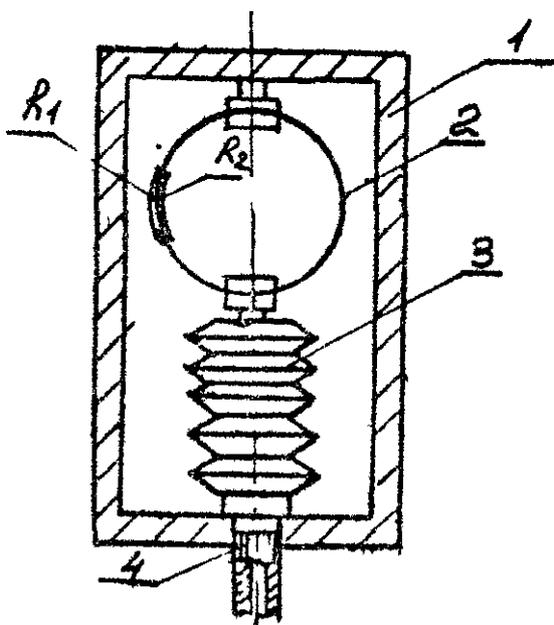


Рис.14

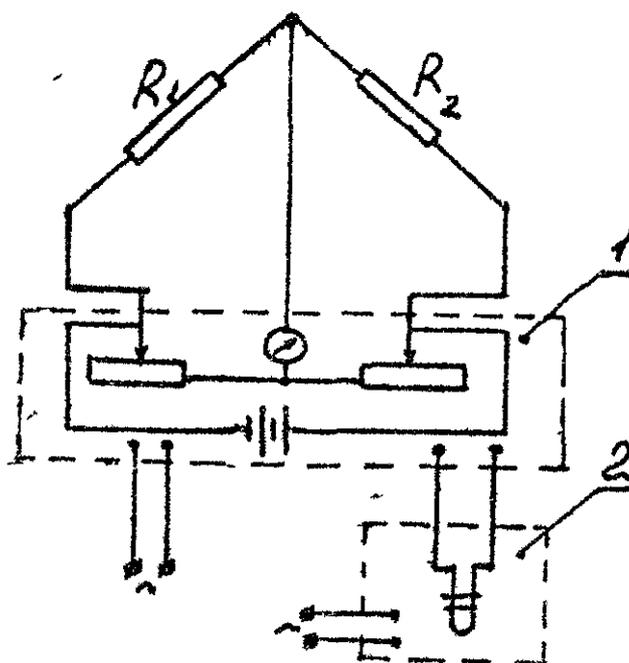


Рис.15

Для выяснения масштаба записи датчика давления проводится его тарировка на специальном тарировочном устройстве. Отклонение шлейфа при ступенчатом нагружении датчика давления записывается осциллографом.

### **Ход бабы**

Для записи хода бабы применяется секционный ходограф (рис. 16). В корпусе ходографа, установленного на станине молота, закреплен цилиндрический стержень 1, на котором намотаны три секции ходографа 1 – 2, 3 – 4, 5 – 6, по которым при перемещении бабы молота 3 скользит подвижный контакт 2. Три секции ходографа включены параллельно в систему моста (рис.17), питаемого от аккумулятора. При перемещении подвижного контакта по секции происходит разбаланс моста и по измерительной диагонали моста начинает протекать ток, величина которого пропорциональна перемещению подвижного контакта.

Для выявления масштаба записи производится тарировка ходографа

непосредственно на молоте. Перемещая бабу на определенную высоту и записывая отклонения шлейфа, получаем тарировочный график, показывавший отклонение шлейфа от хода.

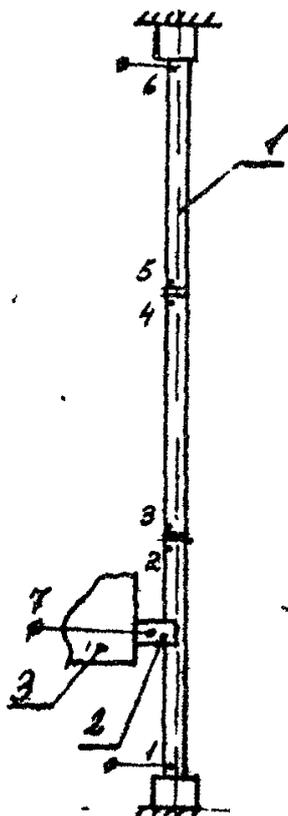


Рис.16

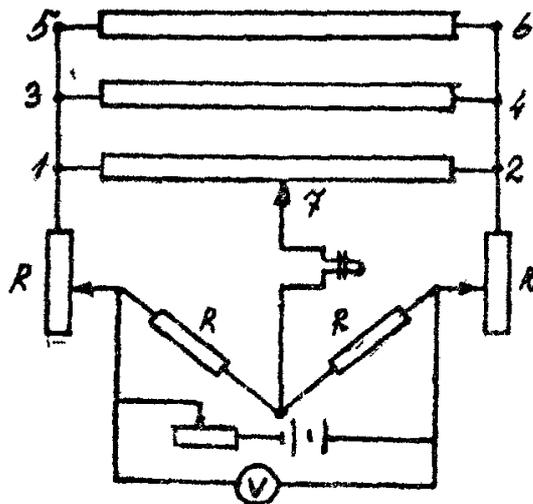


Рис.17

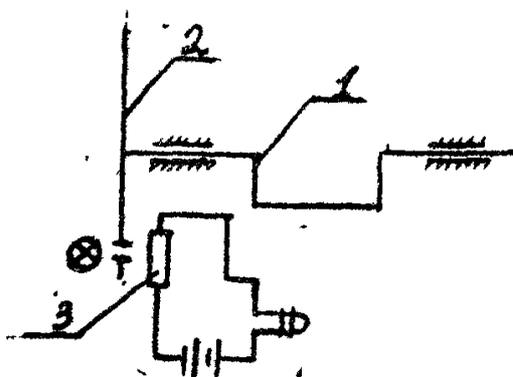


Рис. 18

Угол поворота кривошипного вала записывается при помощи фотоэлектрического датчика (рис.18). Диск-отсекатель луча света 2 крепится к кривошипному валу 1 и при своем вращении прерывает поток света, идущий от лампы к фотосопротивлению 3. При изменении освещенности фотосопротивления изменяется его сопротивление, и через шлейф будет протекать увеличенный ток. Отметчик угла поворота не требует тарировки, так как повороту диска на определенный угол соответствует импульс тока, записываемый осциллографом.

### Порядок проведения работы

1. Собираются измерительные схемы датчиков давления, ходографа и отметчика угла поворота.
2. Проводится тарировка датчиков давления.
3. Проводится тарировка ходографа.
4. Проводится запись работы молота на режиме "Ковка".
5. Расшифровка полученных данных.

## **Последовательность обработки полученных данных**

1. Строится тарировочный график ходографа.
2. Строятся тарировочные графики давления.
3. Проводится расшифровка рабочей осциллограммы с построением графиков зависимости давления в полостях цилиндров и хода бабы от угла поворота криволапного вала.
4. По полученным зависимостям давления в полостях рабочего цилиндра и хода бабы строятся индикаторные диаграммы нижней и верхней полостей рабочего цилиндра.
5. Определяем ход поршня компрессора  $S_K$  в зависимости от угла поворота кривошипного вала.
6. По полученным зависимостям давления в полостях компрессорного цилиндра и хода поршня компрессора строятся индикаторные диаграммы нижней и верхней полостей компрессорного цилиндра.
7. Подсчитывается индикаторная работа рабочего и компрессорного цилиндра и определяется индикаторный КПД.

## **Результаты работы и выводы**

1. Схемы измерительных устройств.
2. Тарировочные графики.
3. Графики расшифровки рабочей осциллограммы.
4. Индикаторные диаграммы рабочего и компрессорного цилиндров.
5. Определение индикаторной работы и индикаторного КПД.
6. Выводы.

## **Техника безопасности**

1. Перед началом работы со студентами приводится необходимый инструктаж по технике безопасности при работе на пневматическом молоте.
2. Электроизмерительная аппаратура должна быть надежно заземлена.

## **Контрольные вопросы**

1. Чему равно число ударов пневматического ковочного молота?
2. Какие режимы работы имеют пневматические ковочные молоты?
3. Для чего в молоте атмосферный кран, рабочие краны?
4. За счет какой энергии работает пневматический молот?
5. Что такое индикаторная работа?
6. Какие исходные данные необходимы для построения индикаторных диаграмм?

Литература: /1, 3, 4, 7/.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнечно-штамповочное оборудование / Под ред. А.Н.Банкетова, Е.Н.Ланского. М.: Машиностроение, 1982. 576 с.
2. Живов Л.И., Овчинников А.Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Прессы. Харьков, 1966. 455 с.
3. Живов Л.И., Овчинников А.Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Киев: Вища школа, 1972. 279 с.
4. Зимин А.И. Машины и автоматы кузнечно-штамповочного производства. Молоты. М.: Машгиз, 1953. 459 с.
5. Залесский В.И. Оборудование кузнечно-прессовых цехов. М.: Высшая школа, 1973. 630 с.
6. Ланской Е.Н., Банкетов А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. М.: Машиностроение, 1966. 380 с.
7. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии. Минск: Высшая школа, 1975. 352 с.
8. Иванов А.В., Вяткин В.П. Методические указания к проведению практических занятий по курсу "Кузнечно-штамповочное оборудование". Воронеж: ВПИ, 1983. 32 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 3  |
| Лабораторная работа № 1   |    |
| ПАСПОРТИЗАЦИЯ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА .....                                   | 5  |
| Лабораторная работа № 2   |    |
| ПРОВЕРКА НОРМ ТОЧНОСТИ КПО .....  | 7  |
| Лабораторная работа № 3   |    |
| ИСПЫТАНИЕ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА ПОД НАГРУЗКОЙ.....                          | 9  |
| Лабораторная работа № 4   |    |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА .....                           | 15 |
| Лабораторная работа № 5   |    |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СТАНИНЕ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА.....                 | 19 |
| Лабораторная работа № 6   |    |
| ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И РАБОТЫ. ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА.....                | 22 |
| Лабораторная работа № 7   |    |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИКАТОРНОЙ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО<br>КОВОЧНОГО МОЛОТА ..... | 30 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....   | 35 |

**КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.  
КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ  
для студентов направления 15.03.05  
«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
(профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение  
кузнечно-штамповочного производства»)  
очной формы обучения

**Составитель:**

**Бойко Александр Юрьевич**

Компьютерный набор А. Ю. Бойко

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 24.11.2021.

Уч.-изд. л. 2,4.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14