МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных и практических 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 А. Ю. Бойко

Методы испытаний: методические указания к выполнению лабораторных и практических 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. 31 с.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями программы изучения дисциплины «Методы испытаний». В них изложены требования, предъявленные 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 также для самостоятельной работы студентов с целью их подготовки к выполнению лабораторного практикума.

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

Ил. 21. Табл. 8. Библиогр.: 9 назв.

УДК 621.81(07)
ББК 34.42я7

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

Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета

ВВЕДЕНИЕ

Завершающим этапом в модернизации, создании новых видов кузнечно-прессовых машин и технологических процессов являются испытания, проводимые в лабораторных или промышленных условиях. Большое количество видов кузнечно-прессовых машин, различающихся по назначению, мощности, принципу действия и конструкторскому исполнению, и разнообразие технологических процессов кузнечно-штамповочного производства требует измерений различных параметров и характеристик.

Основной целью выполнения лабораторных работ по курсу «Методы испытаний в кузнечно-прессовом машиностроении и производстве» является изучение методик, измерительных устройств и систем, используемых для оценки различных данных, необходимых при выполнении испытаний машин и технологических процессов в ОМД, а также отдельных видов испытаний КПМ, выполняемых в соответствии с действующими ГОСТ и техническими требованиями.

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 технический смысл полученных экспериментальных данных;

4) предъявить отчет с необходимыми расчетами, 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 ОТЧЕТУ

1. Отчет по работе оформляется на писчей бумаге стандартного формата (формат А4), графики, схемы при необходимости на миллиметровке или кальке.

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

3. Для отчета 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.

ПРИМЕЧАНИЕ

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

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, техника 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
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ, УСИЛИТЕЛЬНОЙ И РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРУТУРЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить виды и типы тензорезисторов, методы их подбора, принцип действия и параметры усилительной и регистрирующей аппаратуры, приобрести навыки сборки, подключения тензометрической установки.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится с различными видами тензорезисторов. С помощью приборов - моста постоянного тока ЭМО-62 определяется сопротивление тензорезисторов. К работе придается тензометрический усилитель 8АН4 и шлейфовый осциллограф Н117.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучаются типы и виды тензорезисторов. Определяются их геометрические параметры. С помощью справочных и паспортных данных определяется их маркировка. Используя мост постоянного тока, выбирают два тензорезистора одного типа с точностью до 0,01 Ом.

2. Выбранные тензорезисторы монтируются на стендовой панели и электрически соединяются по схеме полумоста.

3. Изучается тензометрический усилитель 8АН4. С помощью справочных и паспортных данных определяются его технические характеристики. Изучается панель управления, отдельные его блоки на базе запасных частей. Собранный полумост подключается к усилителю калибруется и тарируется.

4. Изучается шлейфовый осциллограф Н117. С помощью справочных и паспортных данных определяются его технические характеристики. Изучается панель управления, места и порядок установки гальванометров, определяется порядок выбора гальванометров. Устанавливается схема подключения осциллографа к усилителю.

5. Восстанавливается блок-схема тензометрической установки и описывается ее работа.

6. На собранной тензометрической установке проводиться пробная запись из тензориесторов, смонтированных на стендовой панели.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Приводится описание, параметры и маркировка рассмотренных тензорезисторов.

2. Приводится описание, параметры усилителя. Дается эскиз панели управления с маркировкой элементов управления.

3. Приводится описание, параметры шлейфового осциллографа дается эскиз панели управления с маркировкой элементов управления.

4. Приводятся параметры гальванометров. Дается схема конструкции гальванометра.

5. Приводится блок-схема тензометрической установки и дается ее описание.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Все блоки тензометрической аппаратуры должны быть надежно заземлены.

2. Подключение блоков питания к тензометрической аппаратуре производится и проверяется учебным мастером.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой физический эффект положен в основу работы шлейфового гальванометра?

2. Перечислите основные критерии, определяющие выбор тензоаппаратуры.

3. Перечислите основные элементы тензометрической установки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить методику записи, построения и обработки индикаторных диаграмм, как основных данных к характеристике рабочей операции в обработке давлением.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится на экспериментальном штампе, оснащенном месдозой и балочным ходографом содержащим тензорезисторы. Рабочая операция выполняется на гидравлической испытательной машине ИМЧ-30. Регистрация запись и тарировка усилий и перемещений производиться с помощью усилителя 8АА4 и шлейфового осциллографа Н117.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучается конструкция экспериментального штампа.

2. Расчетным путем определяется максимальное усилие, которое будет иметь место при выполнении штамповочной операции - осадки свинцового цилиндрического образца со степенью деформации ε = 30 %.

Удельное усилие при осадке цилиндра:

$$P = \sigma_{\cdot 02}\left(1 + \frac{Д}{4h} + \frac{h}{3Д}\right),$$

где Д - диаметр заготовки к моменту конца осадки;

h - высота образца после осадка;

$\sigma_{.02}$ - 18мПа (1,8 кг/мм^2) - предел текучести материала образца к моменту конца операции.

Определяем конечную высоту образца:

$$h = \text{Н} - \frac{\varepsilon \text{Н}}{100},$$

где Н - начальная высота.

Исходя из условия постоянства объема при пластической деформации и с целью упрощения, считая ее однородной, определяем конечный диаметр заготовки.

3. Изучается конструкция месдозы и оценивается ее силовые возможности (материал месдозы - сталь 40Х, $\sigma_{.02}$ = 750 МПа). Рабочие напряжения не должны превышать:

$$\sigma_{.02} = (0{,}2 \div 0{,}3)\sigma_{.02} = \frac{P_{\max}}{F},$$

где $P_{\max}$ - максимальное усилие при операции;

F - площадь месдозы в поперечном сечении.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Приводится эскиз экспериментального штампа.

2. Приводится эскиз месдозы, схемы расположения и распайки тензорезисторов.

3. Приводится эскиз ходографа. Схема расположения и распайки тензорезисторов.

4. Приводится расчет максимального усилия операции и рабочих напряжений на месдозе.

5. Приводятся результаты записи осциллограммы операции и тарировки.

6. Приводится полученная индикаторная диаграмма и результаты ее обработки.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Установка экспериментального штампа на испытательную машину проводится двумя студентами с подстраховкой от возможного падения штампа.

2. Управление испытательной машиной производится учебным материалом.

3. При работе испытательной машины запрещено находиться в зоне перемещения маятникового рычага с грузом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В связи с чем рабочие напряжения на месдозы не должны превышать $0{,}3\sigma_{.02}$?

2. Какие виды ходографов известны?

3. В чем смысл проведения тарировки месдозы и ходографа?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ В ПНЕВМО И ГИДРОСИСТЕМАХ КПМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение практических навыков в постановке и проведении экспериментальных работ при испытаниях пневмо и гидросистемах, в ходе которых производится регистрация давлений газов и жидкостей.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится в два этапа. Вначале выполняется постановка эксперимента по измерению давления воздуха в системе воздухораспределения пневматического ковочного молота. М4127 с массой пада.щих частей 50 кг. Далее проводится измеренре давления масла в системе гидравлического нагружателя, развивающего усилие 400 кН. Регистрация и запись давлений производится через усилитель 8АН4 и шлейфовый осциллограф Н117.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. В системе воздухораспределения пневматического ковочного молота, возникают периоды разрежения и сжатия воздуха в пределах от минус 0,05 мПа до плюс 0,15 мПа. Для таких относительно низких давлений применяются либо мембранные датчики либо датчики с тонким кольцевым упругим элементом (рис. 1).

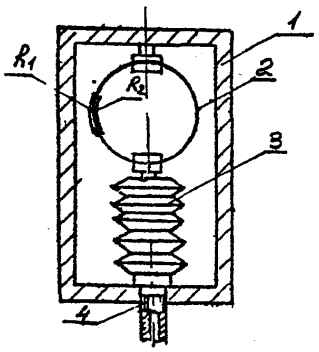

Рис. 1. Датчик низкого давления

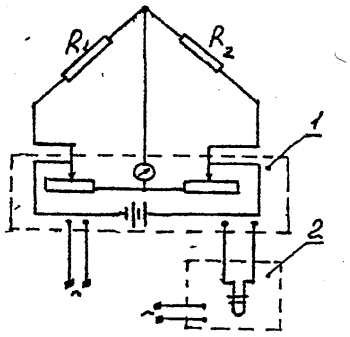

Рис. 2. Схема оединения тензорезисторв датчика низкого давления с усилителем

Датчик состоит из корпуса 1, в котором размещены сильфон 3 и упругий элемент 2 в виде кольца. При помощи штуцера 4 внутренняя полость сильфона соединяется с пневмосистемой молота. Изменение давления в системе приводит к удлинению (повышение давления) или укорочению (разрежение) сильфона, что ведет к упругой деформации кольца, на котором наклеены тензорезисторы R_1 и R_2, собранные в систему полумоста (рис. 2), подключенного к усилителю 1 и осциллографу 2. С целью тарировки датчик подсоединяют к устройству, снабженному манометром и позволяющим нагружать датчик, контролируемым давлением. Тарировку проводят с шагом 0,05 МПа, начиная с точки разрежения. Предельная величина избыточного давления 0,15 МПа.

После тарировки подсоединяют датчик к системе воздухораспределения молота и производят запись в процессе работы пресса.

Полученная осциллограмма с помощью тарировочного графика расшифровывается с построением кривой в координатах «давление - время».

2. Измерение давления жидкости проводится на гидронагружателе, оснащенном манометром и штуцером для подсоединения датчика давления жидкости. Данный датчик (рис. 3) состоит толстостенного цилиндра с утолщенным дном с одного конца и штуцером с другого.

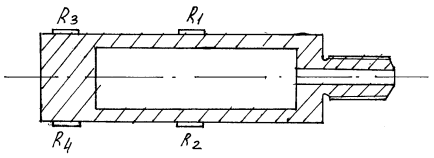

Рис. 3. Датчик давления жидкости

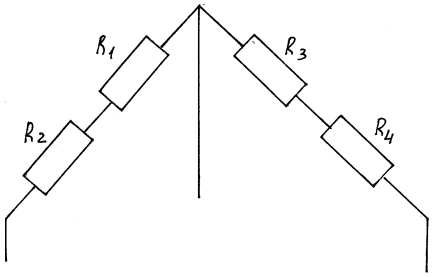

Рис. 4. Схема соединения датчика давления жидкости

При нагнетании давления цилиндр упруго увеличивается в диаметре, что фиксируется тензорезисторами R_1 и R_2, наклееными в радиальной плоскости. Данная часть цилиндране воспринимает деформации от нагнетания жидкости и там также наклеены компенсационные тензорезисторы R_3 и R_4. Все тензорезисторы соединены в полумост по схеме аналогичной (рис. 2).

Датчик присоединяется к штуцеру гидронагружателя, а его электрическая часть подключается к каналу усилителя, на котором заранее выставлена необходимая степень усиления. Пр нагнетании давления жидкости в гидронагружатель производится контроль давления по манометру и отслеживается положение световой точки на экране шлейфового осциллографа. Таким образом процесс регистрации совмещен с тарировкой. По итогам эксперимента фиксиркется масимальное отклонение луча и расчитывается чувствительность измерительной установки.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Дать описание установок для измерения давлений.

2. Привести индикаторную диаграмму изменения давления воздуха в пневмосистеме молота.

3. Привести расчет коэффициента чувствительности измерительной установки при определении давления жидкости в гидронагружателе.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Включение и управление молотом производится непосредственно учебным мастером.

2. При нагнетании давления жидкости в гидронагружатель исключается какие-либо утечки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему в системе тензорезисторов датчика давления воздуха отсутствуют компенсационные тензорезисторы.
2. Какова роль сильфона в датчике давления воздуха?
3. От чего зависит коэффициент чувствительности при тензометрии давления жидкости?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И СКОРОСТЕЙ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение конструкции, принципа действия и приобретение навыков работы с измерительными устройствами различных видов, применяемых для определения линейных и угловых перемещений.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

В начале работы студенты знакомятся с ходографами - датчиками линейных перемещений различных конструкций:

1. Ходограф на основе балки равного сопротивления;
2. Ходограф реостатного типа односекционный;
3. Ходограф реостатного типа трехсекционный.

Далее студенты изучают работу датчиков углов поворота:

1. Датчик индукционного типа;
2. Фотоэлектрического датчика.

1. Для малых перемещений (10 - 20 мм) с высокой точностью используются балочные ходографы, где в качестве чувствительного упругого элемента используется консольная балка равного сопротивления с наклеенными на ней тензорезисторами (рис. 5).

При изгибе балки равного сопротивления деформация и напряжения в ее любом поперечном сечении одинаковы и равны:

$$\varepsilon = \frac{hf}{L^2}$$

где h - толщина;

f - прогиб;

L - длина.

В этой связи точность наклейки тензорезисторов по длине балки не имеет решающего значения. Тензорезисторы наклеиваются обычно на балку с каждой стороны на расстоянии одной трети от места заделки и собираются в полумостовую схему.

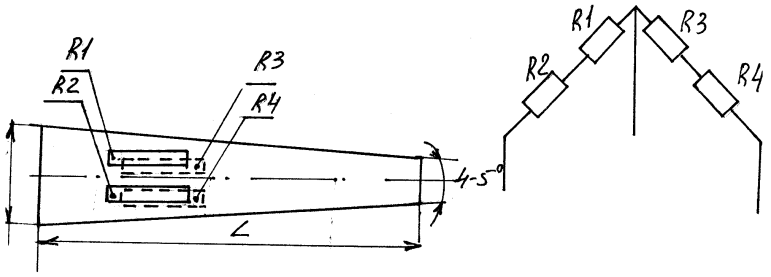

Рис. 5. Балки равного сопротивления и схема соединения тензорезисторов

Для измерения перемещений от 20 до 100 мм используются балочные ходографы, содержащие специальные механические устройства в виде клина или конуса, соотносящие измеряемое перемещение и изгиб балки в необходимой пропорции (рис. 6).

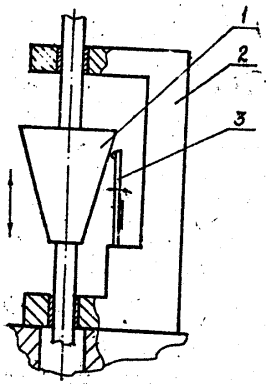

Рис. 6. Балочный ходограф с конусом (клином):
1 - конус; 2 - кронштейн-направляющая;
3 - балка с тензорезистором

Для больших перемещений (от 200 до 500 мм) используются ходографы, выполненные в виде стержневого реостата с наметанной проволокой (рис. 7).

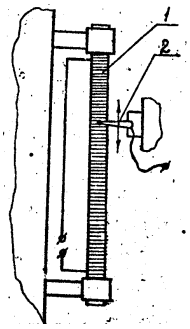

Рис. 7. Реостатный ходограф:
1 - реостат; 2 - подвижный контакт

С целью повышения точности записи реостатные ходографы для больших измерений делаются многосекционными, например, трехсекционными (рис. 8). Три секции ходографа включены параллельно в систему моста (рис. 9) питаемого от аккумулятора. Регулировка и согласование записи со шлейфовыми

осциллографом производится таким образом, что при перемещении движка по любой из секций световой луч шлейфа пересекает экран по всей его ширине.

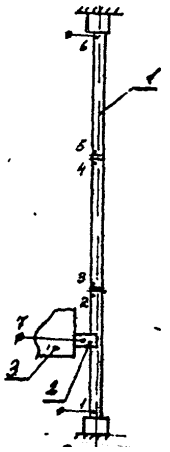

Рис. 8 Трехсекционный ходограф

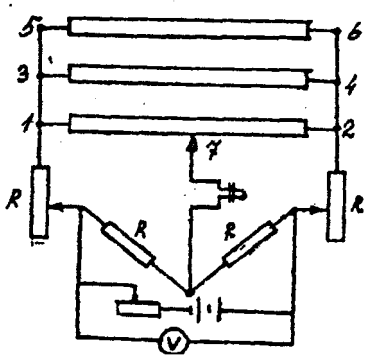

Рис. 9. Схема соединений секций ходографа

На бумаге осциллографа также записывается отметка времени в виде периодически повторяющихся линий, пересекающих записи по ширине. Периодичность отметки устанавливается на пульте управления осциллографа в пределах от 0,02 с до 2 с. Скорость перемещения на любом участке оценивается по величине перемещения за установленный отметчиком промежуток времени.

2. Измерение углов поворота может производиться бесконтактными индукционными датчиками (рис. 10). Их принцип действия на наведении ЭДС в электрическом контуре, в котором меняется магнитный поток. В данном случае изменение магнитного потока происходит в момент прохождения зубца стального диска 1, находящегося на валу 2 оси симметрии индуктивной катушки 3 с магнитопроводом 4. ЭДС, возникающие при вращении вала, воспроизводится на экране электронного осциллографа в виде пилообразной линии. Расстояние между зубцами кривой с учетом установленной частоты развертки на осциллографе позволяет вычислить угловую скорость вращения вала, а высота «пилы» с учетом коэффициента усиления осциллографа, позволяет определить величину ЭДС, наводимой в датчике, т.е. чувствительность измерительной установки.

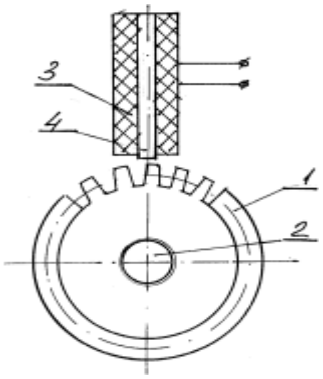

Рис. 10. Индуктивный датчик углов поворота и угловой скорости

Другим распространенным метолом регистрации углов поворота является использование фотоэлектрического датчика. Подобный датчик установлен на хвостовике кривошипного вала пневматического ковочного молота (рис. 11).

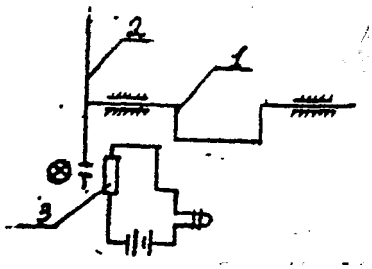

Рис. 11. Фотодатчик углов поворота

Диск - отсекатель луча света 2, имеющий отверстия, крепится к кривошипному валу 1 и при своем вращении прерывает поток света, идущий от лампочки к фотодиоду 3. При изменении освещенности фотодиода его сопротивление уменьшается и через шлейф осциллографа будет протекать увеличенный ток. На бумаге осциллографа будет записана пилообразная линия. Расстояние между вершинами “пилы” будет соответствовать углу поворота диска на величину от центра одного отверстия до центра другого.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Дать описание конструкции, схему, принцип работы и результаты измерения перемещений с помощью балочного ходографа.

2. Дать схему и описание работы многосекционного ходографа реостатного типа. Привести тарировочный график и расшифрованную запись перемещения бабы молота в функции от угла поворота кривошипного вала. Расчитать скорость перемещения бабы молота в средней части ее хода.

3. Дать описание конструкции и принцип работы индукционного датчика угла поворота и фотоэлектрического датчика.

4.. Привести результаты измерения угловой скорости и чувствительности измерительной установки на основе индукционного датчика.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Включение и управление пневматическим ковочным молотом производится непосредственно учебным мастером.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем отличие индукционных датчиков от индуктивных?
2. Чем ограничены пределы измерения с помощью балочных ходографов?
3. В чем смысл применения многосекционных ходографов реостатного типа?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЙ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ КПМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение методов, измерительных устройств и аппаратуры для определения динамических характеристик, в точности, ускорения при движении узлов и деталей.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится с различными типами акселерометров - датчиков для определения ускорения. Один из датчиков установлен на ползуне однокривошипного открытого пресса усилием 100кН, оснащенного гидронагружателем, другой закреплен на бабе пневматического ковочного молота.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Простейший акселерометр состоит из массы закрепленной на конце консольной балки, играющей роль пружины (рис. 12).

Тензорезисторы наклеены на верхнюю и нижнюю поверхность балки и соединены в полумостовую схему (см. рис. 5). Акселерометр закреплен на ползуне кривошипного пресса. Масса груза на акселерометре составляет 0,14 кг. В соответствии со вторым законом динамики сила, возникающая при ускорении массы:

$$F = ma$$

Таким образом, ускорение пропорционально силе, действующей по центру груза, закрепленного на балке, что вызывает упругий изгиб балки, и что, в свою очередь фиксируется тензометрами, сигнал от которых регистрируется на бумаге шлейфового осциллографа.

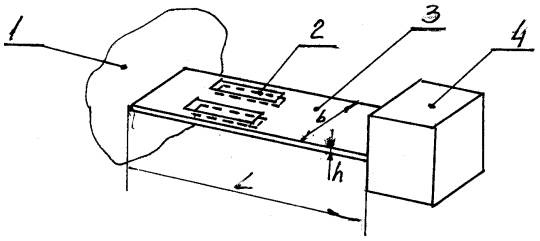

Рис .12. Балочный акселерометр

2. Производят запись ускорения ползуна кривошипного пресса при его работе на автоматических ходах.

3. Для расшифровки полученной записи следует нагрузить балку акселерометра по центру установленной массы грузами, обеспечивающими отклонение шлейфа осциллографа в пределах полученной записи и, пользуясь тарировочным графиком, оценить силу, действующую в момент резким толчком проходит крайне нижнее положение, преодолевая при этом сопротивление клапана гидронагружателя.

С другой стороны движение ползуна, связанного с кривошипно-шатунным механизмом определяется уравнением:

$$j = \omega^2 R(\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha)$$

где $\omega = \frac{\pi h}{30}$ - угловая скорость вращения кривошипного вала;

R - радиус кривошипа;

α - угол поворота кривошипного вала;

$\lambda = \frac{R}{L}$ - коэффициент шатуна;

L - длина шатуна.

В момент выхода ползуна в крайнее верхнее положение ($\alpha = 0$)

$$j_{КВП} = \omega^2 R(1+\lambda)$$

Таким образом, зная параметры пресса и его кривошипно-шатунного механизма можно аналитически определить ускорение в одной из характерных точек полученной записи.

4. Для измерения больших ускоренй в том числе и ударных наиболее пригодными являются пьезодатчики - преобразователи генераторного типа, в которых используется пьезокерамический чувствительный элемент генерирующий электрический заряд, когда он подвергается усилию сжатия или растяжения. Усилие создается инерционной массой груза закрепленного на элементе. на (рис. 13) представлена схема пьезоэлектрического датчика ускорения, состоящего из корпуса 1, пьезоэлемента 2, инерционной массы 3 и токоподводов 4,5. Стрелкой на корпусе датчика указано направление, в котором следует измерять ускорение. Датчик закреплен на бабе ковочного пнавматического молота. Для регистрации ускорений при движении бабы используется электроннолучевой осциллограф. Чувствительность данного датчика 0,15мв/мс$^{-2}$. таким образом, зная чувствительность датчика и определив величину отклонения луча на экране осциллографа в миливольтах оцнивается величина максимального ускорения при движении или ударе бабы молота.

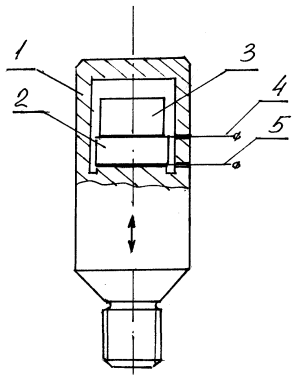

Рис. 13. Пьезоакселерометр

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Дать описание измерительной установки для определения ускорений ползуна кривошипного пресса.

2. Привести копию записи ускорения при работе кривошипного пресса и расширить ее.

3. Определить величину ускорений ползуна в КВП и КНП.

4. Дать описание измерительной установки для определения ускорений бабы молота.

5. Опредлить величину ускорения при движении бабы молота.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. При работе пресса на автоматических ходах один из студентов находится на стуле перед пультом управления и, в случае необходимости останавливает пресс нажатием на кнопку “стоп”. Осительные, участвующие в работе, нахордятся сзади работающего на прессе.

2. Управление пневматическим ковочным молотом осуществляется только учебным мастером.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью необходимо проводить измерения ускорений в узлах и деталях КПМ?

2. Назовите другие возможные способы измерений ускорений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА СЛОИСТЫХ МОДЕЛЕЙ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение навыков качественной оценки характера пластической деформации при различных операциях обработки металлов давлением.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется на образцах, собранных из пластилина. Деформация образцов осуществляется в экспериментальном штампе на испытательной машине ИМЧ-30.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Из пластилина двух разных цветов раскатываются пластины одинаковой толщины равной 1 мм.

2. С помощью шаблона из раскатанных пластин вырезаются 20 кружков каждого цвета.

3. Из вырезанных кружков чередующихся по цвету собираются два цилиндрических образца высотой 20 мм.

4. В экспериментальном штампе на испытательной машине проводят пластическое деформирование образцов.

5. Деформированные образцы вынимают из штампов и разрезают по оси симметрии в меридиональной плоскости.

6. Полученная картина зарисовывается и анализируется, являясь исходной информацией для качественной оценки напряженно-деформированного состояния.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Дать описание метода слоистых моделей.
2. дать схему деформирования образцов.
3. Привести эскиз сечений слоистых моделей после деформирования.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Управление испытательной машиной производиться учебным мастером.

2. При работе испытательной машины запрещено находится в зоне перемещения маятника с грузами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем преимущества и недостатки метода слоистых моделей в сравнении с другими методами?

2. Возможно, ли использование в методе слоистых моделей металлических образцов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ИСПЫТАНИЕ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА ПОД НАГРУЗКОЙ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Испытание прессы под нагрузкой является одним из этапов приемо-сдаточных испытаний по ГОСТ 7600-900. В задачу работы входит изучение конструкции устройств, обеспечивающих имитацию рабочей нагрузки на ползуне кривошипного пресса при проведении испытаний, ознакомление с методикой проведения самих испытаний, оценка работоспособности узлов пресса, в частности, по температурным показателям.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Работа проводиться на однокривошипном открытом прессе простого действия усилием 100кН.

2. Один из этапов приемо-сдаточных испытаний для нового пресса - испытания с нормальной технологической нагрузкой на одиночных ходах в течение 3-4

часов с частотой включения, составляющей 40-50 % от режима автоматических ходов. Выполнение при этом конкретной операции штамповки для завода - изготовителя прессового оборудования часто связано с трудностяяями использования оптимального металла в производительном технологическом цикле. В связи с этим специально для проведения испытаний под нагрузкой были разработаны нагружатели, имитирующие операцию штамповки того или иного вида.

3. В данной работе при проведении испытаний открытого пресса - пресса относящегося к классу прессов общего назначения используется гидравлический нагружатель ПБ632А имитирующий операцию вырубки, т.е. типовую опреацию для данного класса прессов. Схема гидравлического нагружателя представлена на (рис. 14).

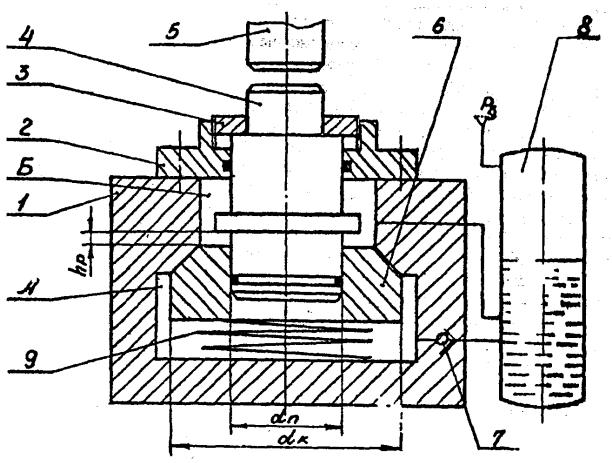

Рис. 14. Схема гидронагружателя

Нагружатель 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 нагружателя состоит в следующем: боек 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 растет, и клапан 6 прижимается в верх 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 $h_р$ плунжера 4. Величина рабочего хода $h_р$ 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 нагружателем. Нагрузка на ползуне продолжает расти до того момента, когда плунжер 4, выбрав зазор $h_р$ 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 ползуне 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 ресиве-

ра 8 через обратный клапан 7. Масло в ресивере 8 находится под давлением воздуха $P_в$, подаваемого по трубопроводу. Наладка гидравлического нагружателя на заданное усилие осуществляется с помощью гайки 3, которая позволяет установить необходимую величину зазора $h_р$ между буртом плунжера 4 и торцом клапана 6. Величина усилия, развиваемого гидронагружателем, контролируется переносным измерителем усилия (рис. 15).

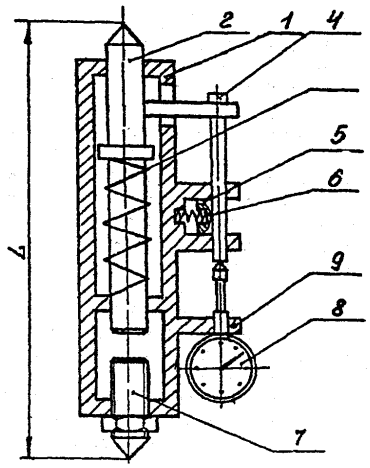

Рис. 15. Схема измерителя усилия

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 $h_р$ = 0,3 -1,3 мм, вертикальной деформации пресса S = 0,7 мм и хода ползуна $h_с$ = 3 мм после срыва клапана (рис. 16).

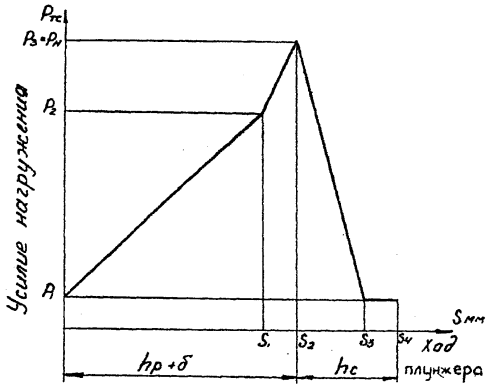

Рис. 16. Зависимоть изменения усилия

Усилие на ползуне вначале равно $P_1 = P_В \dfrac{\pi d_П^2}{4}$, затем в течение рабочего плунжера увеличивается до $P_2 = P_{max} \dfrac{\pi d_П^2}{4}$ и в момент соприкосновения бурта плунжера 4 с клапаном 5 (рис.14) резко возрастает до $P_3 = P_{max} \dfrac{\pi d_К^2}{4}$, где P_{max} - начальное наибольшее давление.

4. Величина усилия, на которое настроен нагружатель, контролируется переносным измерителем усилия ПБ452. Переносной измеритель усилия (рис. 15) 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. 17).

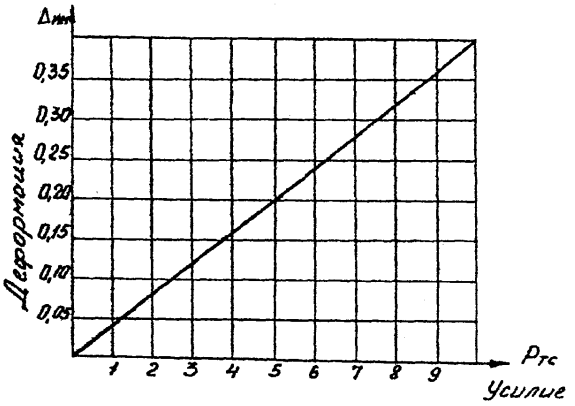

Рис. 17. Тарировочный график

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.

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 не его верхний конец.

5. При проведении испытаний оценивается четкость включения и остановки главного исполнительного механизма отсутствие стуков, нехарактерных шумов и вибраций.

6. После проведения испытаний оценивается монтаж креплений узлов и соединений и температура подшипников, дисков муфты и барабана тормоза. Максимально допустимая температура подшипников скольжения - 60÷70 °С, подшипников качения 70÷80 °С, дисков муфты и тормоза 150 °С.

7. Температура оценивается термопарой «хромель-копель» при погружении горячего спая в отверстие заполненное маслом, выполненное на проверяемом узле. Регистрация температуры производится по показаниям потенциометра постоянного тока ПП63.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Приводится схема и описание работы гидронагружателя и измерителя усилия.
2. Дается порядок и описание проведения испытаний.
3. Определяется усилие, на которое настроен гидронагружатель.
4. Приводятся результаты и выводы по выполненным испытаниям.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОТИ

1. Работа пресса контролируется учебным мастером.
2. Осмотр пресса и измерение температуры производится на отключенном от электропитания прессе и пневмокомпрессоре.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью к гидронагружателю подводится сжатый воздух?
2. За счет чего регулируется усилие гидронагружателя?
3. За счет чего в гидронагружателе происходит резкий сброс нагрузки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ТОЧНОСТИ КРИВОШИПНЫХ КПМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Каждая кузнечно-прессовая машина, выпускаемая заводом-изготавителем, после сборки должна подвергаться контрольно-приемочным испытаниям. По ГОСТ 7600-90 «Кузнечно-прессовые машины. Общетехнические условия» устанавливается следующий объем приемочных испытаний:

1. Испытания на холостом ходу;
2. Испытания под нагрузкой и в работе;
3. Проверка соответствия нормам точности;
4. Проверка соответствия стандартам на основные размеры и параметры.

В данную работу включен этап технической приемки кузнечно-прессового оборудования - проверка норм точности КПМ и в задачу работы входит изучение методики этого этапа приемо-сдаточных испытаний в соответствии с существующими стандартами.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится на открытом однокривошипном прессе простого действия 400 кН. Испытания на нормы точности данного вида КПМ проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 15474-79.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для проведения работы выдаются средства измерения: линейка поверочная, линейка мерная (1000 мм), щупы, индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм, стойки индикаторные, оправка, монтажный инструмент.

2. Базовой поверхностью для основных проверок пресса является поверхность стола. При измерении отклонений полученный результат приводится к длине, указанной в ГОСТе. Например, неплоскостность сотола составила 0,04 мм на длине стола 800 мм. Предельное отклонение по ГОСТу 0,06 мм на длине 1000 мм, следовательно, фактическое отклонение будет:

$$N = \frac{0{,}04 \cdot 1000}{800} = 0{,}05\,\text{мм}$$

Полученные при пересчете предельные отклонения менее 0,01 мм принимаются равными 0,01 мм.

3. Устанавливаются следующие проверки и нормы точности.

Таблица 1

Проверка 1

Что проверяется	Метод проверки	Предельное отклонение на длине 1000 мм	Фактическое отклонение
1	2	3	4
Плоскостность поверхности стола	К поверхности стола на его длине и ширине прикладывается линейка. Щупом проверяют просвет между рабочей поверхностью линейки и поверхностью стола.	0,06 (выпуклость не допускается)	

Таблица 2

Проверка 2

Что проверяется	Метод проверки	Предельное отклонение на длине 1000 мм	Фактическое отклонение
1	2	3	4
Плоскость нижней поверхности ползуна	К нижней поверхности ползуна по длине и ширине прикладывают линейку. Щупом проверяют просвет между рабочей поверхностью линейки и нижней поверхностью ползуна.	0,06 (выпуклость не допускается)	

Таблица 3

Проверка 3

Что проверяется	Метод проверки	Предельное отклонение на длине 1000 мм	
1	2	3	
Параллельность нижней поверхности к поверхности стола	На стол кладут поверочную линейку 1, на которую устанавливают индикатор 2, так чтобы его измерительный наконечник касался нижней поверхности ползуна 3.	Напрвление А-А	Направление В-В
		0,1	0,16
		Фактическое отклонение	

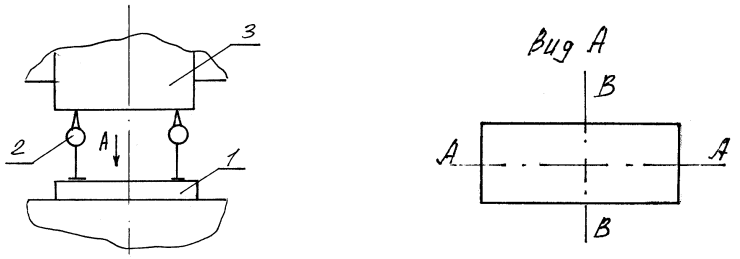

Рис. 18. Схема проверки 3

Таблица 4

Проверка 4

Что проверяется	Метод проверки	Предельное отклонение на длине 1000 мм
1	2	3
Перпендикулярность хода ползуна к поверхности стола	На поверхность стола кладут поверочную линейку 4, на которую устанавливают угольник 3. Индикатор 1 крепят к ползуну 2 так, чтобы его наконечник касался поверхности угольника. Отклонение определяется разностью показателей индикатора в верхнем и нижнем положении ползуна.	А-А - 0,02 В-В - 0,02
		Фактическое отклонение А-А - В-В -
Примечание: проверка производится при предварительно отрегулированных направляющих, имеющих зазор в пределах 0,06-0,12 мм.		

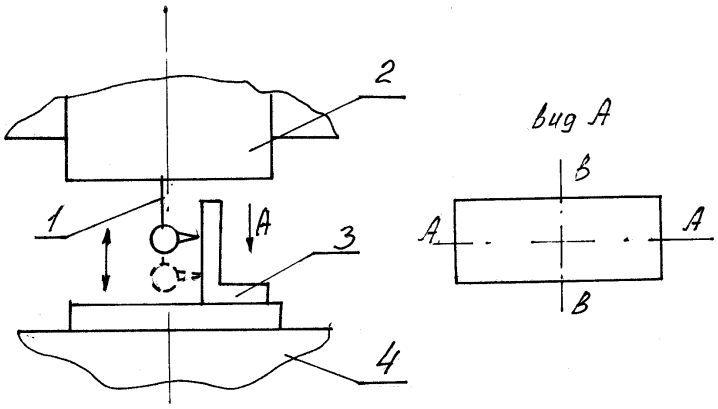

Рис. 19. Схема проверки 4

Таблица 5

Проверка 5

Что проверяется	Метод проверки	Предельное отклонение на длине 1000 мм
1	2	3
Параллельность отверстия в ползуне линии перемещения ползуна	В отверстие для крепления хвостовика штампа плотно устанавливается оправка 1. На стол пресса устанавливается стойка 2 с индикатором, так чтобы его наконечник касался оправки. Отсчет показаний производится при верхнем и нижнем положениях ползуна.	А-А - 0,02 В-В - 0,02
		Фактическое отклонение А-А - В-В -

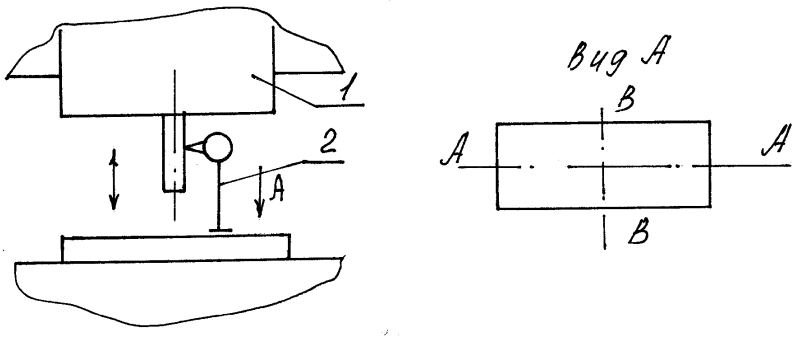

Рис. 20. Схема проверки 5

Таблица 6

Проверка 6

Что проверяется	Метод проверки	Предельное отклонение в мм
1	2	3
Радиальное и торцевое биение маховика	Индикатор 1 устанавливается так чтобы, его измерительный наконечник касался поверхности обода маховика 2 или его торцевой поверхности на расстоянии 10 мм от образующей поверхности обода.	Радиальное - 0,1 Торцевое - 0,2
		Фактическое отклонение Радиальное - Торцевое -

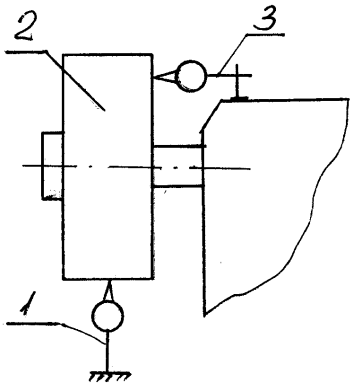

Рис. 21. Схема проверки

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Привести таблицы проверок, в которых указать предельные и фактические отклонения.

2. В случае превышения предельных отклонений указать причины и способы их устранения.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Проверка норм точности проводится на прессе, отклоненном от электропитания.

2. При ручном провороте маховика обеспечивать отсутствие препятствий движению ползуна и исключить наличие на столе пресса посторонних предметов.

3. Установка индикатора стоек на столе пресса производится за пределами ползуна.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ НА СООТВЕТСТВИЕ КПМ ОСНОВНЫМ ПАРАМЕТРОМ И РАЗМЕРАМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение одного из этапов приемочных испытаний для кузнечно-прессовых машин - испытания на соответсвие основным параметрам и размерам.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится на действующей закрытого 2-х кривошипного простого действия К4548 изготавливаемого на ЗАО “Воронежтяжмехпресс” и предназначенного для изготовления лонжеронов рамы автомобиля “КАМАЗ”. Модель пресса по отношению к натуре имеет масштаб 1:10.

Таблица 7

Техническая характеристика пресса К4548

Номинальное усилие, кН	63000
Наибольшее расстояние между подштамповочной плитой и ползуном в его нижнем полодении при верхней регулировке, мм	1400
Величина регулировки расстояния между подштамповой плитой и ползуном, мм	300
Расстояние между стойками слева - направо, мм спереди - сзади, мм	
Размеры стола слева - направо, мм спереди - сзади, мм	 1150 2040
Поверхность ползуна, мм	11000 × 1900
Ход ползуна, мм	500
Жесткость, кн/мм	4650
Мощность главного электродвигателя, кВт	320
Габарит в плане, мм	1200 × 5500
Высота на уровне пола, мм	9500
Масса, т	1350

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Приемочные испытания производят при приемке каждой КПМ, выпускаемой заводом изготовителем. Основным исходным материалом, которым руководствуется приемщик в своей работе является ГОС 7600-90 «Кузнечно-прессовые машины. Технические требования». Устанавливается следующий объем испытаний: на холостом ходу; под нагрузкой и в работе; на соответствие нормам точности после каждого из предыдущих испытаний; на соответствие основным параметрам и размерам; на соответствие другим показателям качества; если они регламентированы.

2. При испытании на соответствие основным параметрам, размерам и качество сборки заполняется следующая таблица формуляра испытаний:

Таблица 8

Что проверяется	Метод контроля	Результат	Условия приемки
1. Ход ползуна S	Ползун устанавливается в КВП и КНП. Контролируется с помощью указателя угла поворота кривошипа и индикаторного штатива. Измеряется расстояние между столом и ползуном в указанных пределах микрометрическим нутрометром.	S' =	S' + 0,6 мм
2. Число непрерывных ходов ползуна, в мин - n	Число ходов - непосредственным отсчетом. Время испытаний - с помощью секундомера.	n =	n + 0,5 х/мин
3. Расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении H	Ползун опусакается толчковым ходом в нижнее положение. На стол устанавливаеися индикаторный штатив. При отключеннрм главном электродвигателе и включенной муфте поворотом маховика вручную точно устанавливается крайнее нижнее положение ползуна. С помощью нутромера микрометрического измеряется закрытая высота.	H =	H ± 1,15 мм
4. Размеры стола слева- направо, мм L спереди - назад, мм - B	Прямым измерением с помощью штангециркуля.	L = B =	L + 2,6 мм B - 2,6 мм
5. Размеры ползуна слева-направо, мм - l спереди - назад, мм b	Прямым измерением с помощью штангециркуля	l = b =	l + 2,3 мм b - 2,3 мм
6. Толщина подштамповой плиты, мм - $h_п$	-«-	$h_п$ =	$h_п$ - 1,15 мм
7. Расстояние между стойками слева - направо, мм - $L_с$ спереди - назад, мм $B_с$	-«-	$L_с$ = $B_с$ =	$L_с$ + 5 мм $B_с$ + 5 мм

Окончание табл. 8

8. Габаритные размеры пресса слева - назад, мм $L_Г$ спереди-назад, мм $B_Г$ Высота, мм $H_Г$	-«-	$L_Г =$ $B_Г =$ $H_Г =$	$L_Г \pm 12$ мм $B_Г \pm 10$ мм $H_Г \pm 18$ мм
9. Проверка «выбега» маховика N	При разогнанном маховике отключается главный электродвигатель и визуально подсчитывается число совершенных прессом непрерывных ходов до полной остановки ползуна.	N	Не менее 30 ходов

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Приводится краткое содержание конструкции пресса, его технологическое назначение, кинематическая схема.
2. Приводится таблица испытаний.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Все измерения проводятся на отключенном от электропитания прессе.
2. Переключения работы пресса на различные режимы производится учебным мастером.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем отличие испытаний опытного и серийного образца КПМ
2. Какова последовательность проведения приемочных испытаний?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ, УСИЛИТЕЛЬНОЙ И РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

Изучаются виды и типы тензорезисторов, методы их подбора, принцип действия и параметры усилительной и регистрирующей аппаратуры, приобретаются навыки сборки и подключения тензоизмерительной установки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА СЛОИСТЫХ МОДЕЛЕЙ

При помощи пластилина имитируется процесс измерения характера пластической деформации при различных операциях обработки металлов давлением. Ра-

бота выполняется на образцах, собранных из пластилина. Деформация образцов осуществляется в экспериментальном штампе на испытательной машине ИМЧ-30.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ТОЧНОСТИ КРИВОШИПНЫХ КУЗНЕЧНОПРЕССОВЫХ МАШИН

Каждая КПМ, выпускаемая заводом, после сборки должна подвергаться контрольно-приемочным испытаниям. По ГОСТ 7600-90 « Кузнечнопрессовые машины. Общетехнические условия». Устанавливается следующий объем приемочных испытаний:

1. Испытание на холостом ходу.
2. Испытание под нагрузкой и в работе.
3. Проверка соответствия нормам точности.
4. Проверка соответствия стандартам на основные размеры и параметры. В данную работу входит третий этап приемки кузнечнопрессового оборудования - проверка норм точности. Работа проводится на открытом однокривошипном прессе простого действия 400 кН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миропольский Ю.А., Коноплин А.Н. Приемка кузнечно-прессовых машин. - М.: Станкоимпорт, 1973. - 887 с.
2. Методы исследования процессов обработки металлов давлением /Н.А. Чиченов, А.Б. Кудрин, П.И. Полухин. -М.: Металлургия, 1977. - 311 с.
3. Электрические измерения неэлектрических величин /Под ред. П.В. Новицкого и др.. - М.: Машиностроение, 1985. - 538 с.
4. Электрические измерения электрических и неэлектрических величин /Под ред. Е.С. Полищук и др. - М.: Машиностроение, 1984. - 410 с.
5. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии. - Минск: Высшая школа, 1975. - 352 с.
6. Рушинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента: Справочное руководство. - М.: Наука, 1971. - 417 с.
7. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. - Киев: Наука, 1976. - 308 с.
9. Иванов А.В., Бойко А.Ю. Методические указания к выполнению практической работы «Экспериментальное исследование процесса штамповки методом электротензометрии» 2-99. Воронеж 1999.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ, УСИЛИТЕЛЬНОЙ И РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРУТУРЫ 5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ 6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ В ПНЕВМО И ГИДРОСИСТЕМАХ КПМ....8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И СКОРОСТЕЙ 10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЙ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ КПМ....14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА СЛОИСТЫХ МОДЕЛЕЙ 16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ИСПЫТАНИЕ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА ПОД НАГРУЗКОЙ 17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ТОЧНОСТИ КРИВОШИПНЫХ КПМ 21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ НА СООТВЕТСТВИЕ КПМ ОСНОВНЫМ ПАРАМЕТРОМ И РАЗМЕРАМ....26
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ, УСИЛИТЕЛЬНОЙ И РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ. 28
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА СЛОИСТЫХ МОДЕЛЕЙ 28
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ТОЧНОСТИ КРИВОШИПНЫХ КУЗНЕЧНОПРЕССОВЫХ МАШИН 29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 29

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных и практических 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

В авторской редакции

Подписано к изданию 21.12.2021.
Уч.-изд. л. 1,9.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летие Октября, 84