

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ
ТАРИРОВКА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И УСИЛИЙ

Методические указания к лабораторным работам по курсу
"Автоматизированные системы научных исследований"

Составитель к.т.н. С.И.ТКАЧЕНКО

УДК 621.317.083.92:620.178.4

Автоматизированная тарировка тензосметрических преобразователей перемещений и усилий: Метод. указания к лабораторным работам по курсу «Автоматизированные системы научных исследований» / Куйбышевск. авиац. ин-т; Сост. С.И.Ткаченко. Куйбышев, 1990.



Методические указания содержат описания двух лабораторных установок для проведения тарировки тензосметрических преобразователей перемещений и усилий. Приводится методика расчета тарировочных коэффициентов методом наименьших квадратов.

Предназначены для студентов дневного отделения, изучающих методику испытаний конструкций на прочность.

Методические указания подготовлены кафедрой прочности летательных аппаратов.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института.

Рецензенты: д.т.н. А.В.Соллогуб

доцент, к.т.н. А.В.Соловов

1. ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЭВМ И СИЛОНАГРУЖАЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Проведение нижеописанных лабораторных работ требует обязательного соблюдения следующих правил техники безопасности:

1. Запрещается без разрешения преподавателя включать все устройства, входящие в состав лабораторных установок.

2. Во избежание поражения электрическим током подсоединение и отключение штепсельных разъемов необходимо производить только при отключенных от сети электроприборах.

3. Во время работы с ЭВМ ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

3.1. Класть на устройства карандаши, тетради, книги и другие предметы.

4. Перед тарировкой тензодинамометров необходимо проверить надежность соединений в системе нагружения.

5. Запрещается находиться в непосредственной близости от тарировочного стенда тензодинамометров, находящегося под нагрузкой.

6. Запрещается превышать заданный уровень нагрузки и оставлять по окончании тарировки силовую цепь под нагрузкой.

7. Запрещаются работы с гидравлической системой нагружения лицам, не аттестованным на знание «Правил безопасной эксплуатации стендов, работающих под давлением».

8. В случае сбоев в функционировании любого элемента стенда необходимо немедленно прекратить работу и сообщить о неисправности преподавателю.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТАРИРОВКИ

Автоматизированные системы измерения параметров статических испытаний требуют использования электромеханических измерений усилий и перемещений. Наиболее распространены в практике испытаний тензомергические преобразователи.

Тарировка преобразователей перемещений и усилий производится с целью получения зависимостей между электрической величиной — сопротивлением и механическими величинами — перемещением или усилием.

Передаточным звеном системы измерений в этом случае является

чувствительный элемент (балка, стержень, трубка и т.д.), на который наклеивается тензорезистор (ТР).

Чувствительный элемент деформируется от воздействия усилия или от изменения геометрии совместно с тензорезистором, сопротивление которого с высокой точностью измеряется электрическим путем. Поиск вида названной зависимости и определяющих ее тарировочных коэффициентов является задачей настоящих лабораторных работ.

3. ОБЪЕКТЫ ТАРИРОВКИ

Наиболее распространенными измерителями перемещений при статических испытаниях являются тензометрические преобразователи типа ДД. Они изготавливаются в следующих диапазонах измерений: 2, 10, 25, 50, 100 мм. Чувствительным элементом преобразователей перемещений (датчиков перемещений) служит закрепленная различным образом упругая балка. Типовые конструктивные схемы преобразователей (ДД-2, ДД-50) приведены на рис.1.

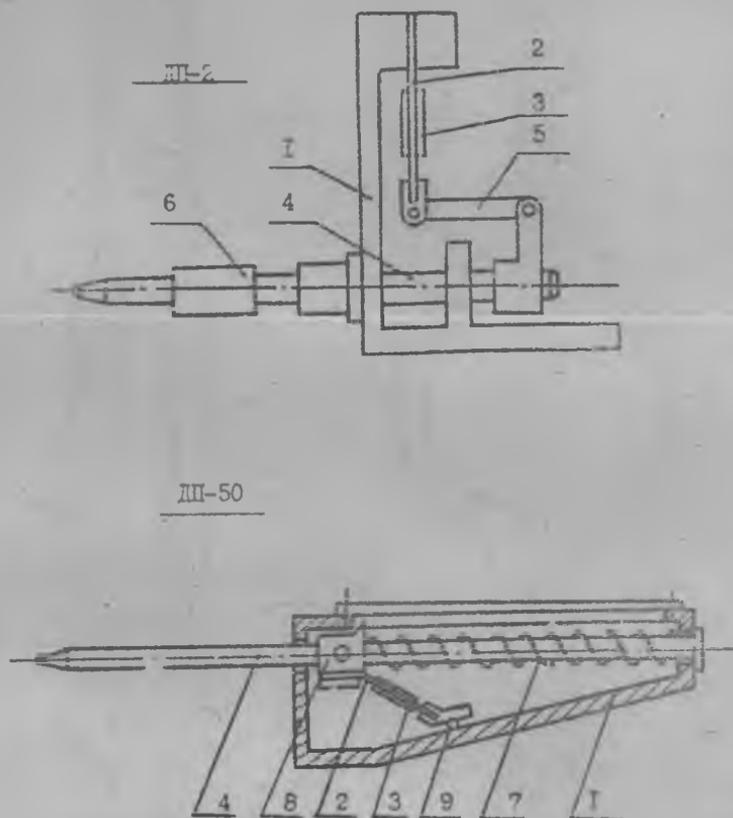
Тензоизмерители усилий (тензодинамометры) изготавливаются для замеров как растягивающих, так и сжимающих усилий, изменяющихся в диапазонах от 0-5 Н до 0-4000 кН. Они используют как кольцевые, так и трубчатые чувствительные элементы. Широкое распространение получили электродинамометры типа ТД. На рис.2 приведены конструктивные схемы тензодинамометров типа ТД-2 и ТД-5.

С целью получения среднего значения приращения сопротивления тензорезистора, наиболее достоверно отражающего приращение действующего на чувствительный элемент усилия, ТР наклеиваются и подключаются к измерительной системе в соответствии со схемой, приведенной на рис.3.

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТАРИРОВОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Для нахождения зависимости между сопротивлением тензорезистора и перемещением (усилием) проводится m замеров перемещений высокоточными измерительными средствами, например, индикаторами часового типа, микрометрами во всем диапазоне измерений датчика и m соответствующих им замеров сопротивления ТР с помощью информационно-измерительной системы ИИС.

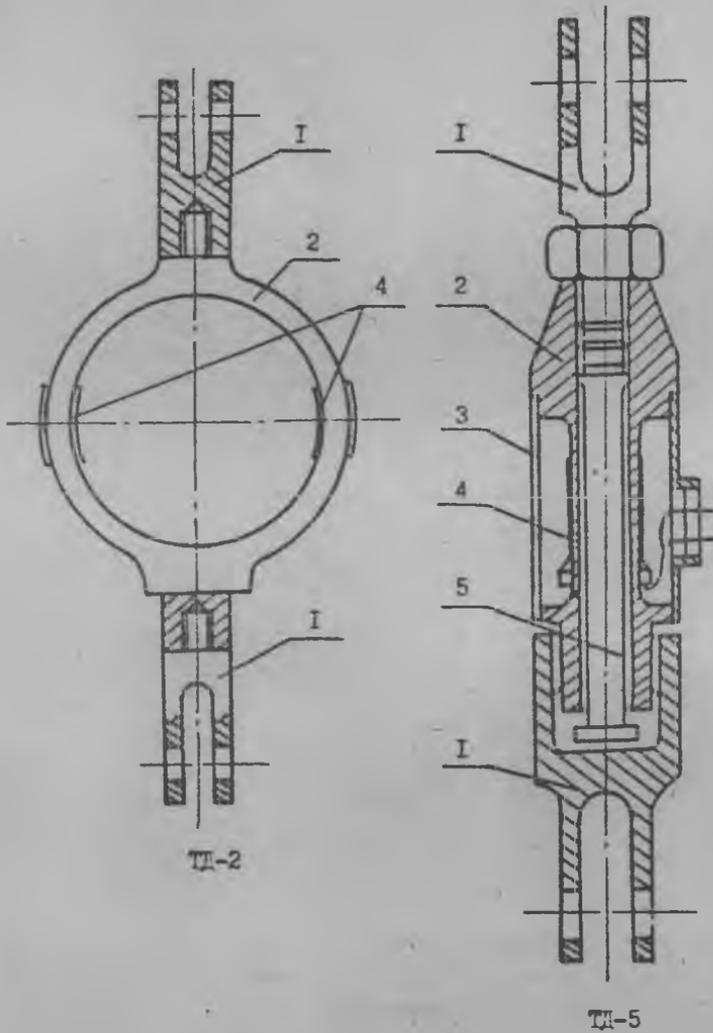
Конструктивные схемы тензометрических преобразователей перемещений типа ДП



- I - корпус, 2 - упругая балка, 3 - тензорезистор, 4 - шток,
5 - тяга, 6 - ограничитель, 7 - пружина, 8 - опорная втулка,
9 - шаровая опора

Рис. I

Конструктивные схемы тензодинамометров



I - стыковочные узлы, 2 - чувствительный элемент, 3 - корпус,
4 - тензорезисторы, 5 - страховочные стержни

Рис. 2

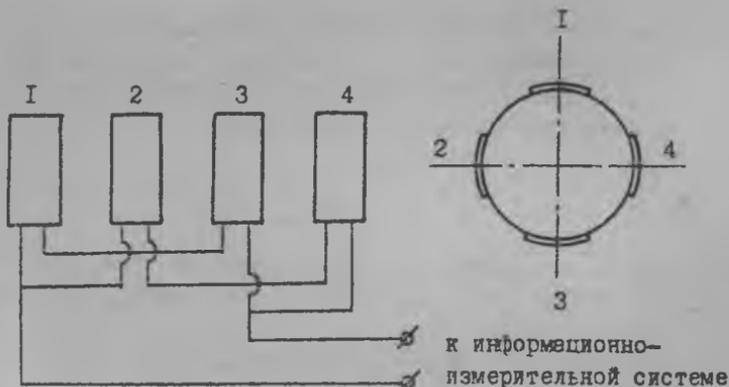


Рис. 3.

Замеры, как правило, проводятся в $M = 10$ точках диапазона 4 раза на прямом и обратном ходах. Их результаты обрабатываются методом наименьших квадратов с использованием аппроксимирующего полинома первой степени:

$$y = K_0 + K_1 x. \quad (1)$$

Неизвестные коэффициенты определяются по формулам:

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^m y_i x_i \sum_{i=1}^m x_i - \sum_{i=1}^m x_i^2 \sum_{i=1}^m y_i}{m \sum_{i=1}^m y_i x_i - \sum_{i=1}^m x_i \sum_{i=1}^m y_i}; \quad (2)$$

$$K_1 = \frac{m \sum_{i=1}^m x_i^2 - (\sum_{i=1}^m x_i)^2}{m \sum_{i=1}^m y_i x_i - \sum_{i=1}^m y_i \sum_{i=1}^m x_i}, \quad (3)$$

где y_i - значение силы, N (кгс), или значение перемещения, мм;

x_i - сопротивление тензорезистора, соответствующее y_i , Ом.

После получения тарировочных коэффициентов K_0 , K_1 производится проверка преобразователей на линейность. Рассчитывается относительная погрешность отклонения характеристики от линейной зависимости (1) по формуле

$$\Delta_{i_0} = \frac{y_i - y_i'}{y_i'} \cdot 100\%,$$

где Y_i - значение параметра, рассчитанного в i -ой точке диапазона по формуле (I); Y'_i - значение параметра, замеренное в точке образцовым прибором. Выводы о годности преобразователя дается по величине приведенной погрешности:

$$\Delta_{i\pi} = \frac{Y_i - Y'_i}{D} \cdot 100\%,$$

где D - величина диапазона измерений. Если $\Delta_{i\pi} < 2\%$, то преобразователь может быть допущен к испытаниям. Большинство преобразователей перемещений и усилий из-за нелинейности характеристик упругих элементов и тензорезисторов имеют повышенную (до 5 - 10 %) относительную погрешность в начале и конце диапазонов измерений.

Для проведения тарировки повышенной точности в программах обработки результатов предусмотрена возможность повышения степени аппроксимирующего полинома до 5, однако в этих случаях повышаются требования к применению измерительных кабелей при тарировке и измерениях.

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ТАРИРОВКА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Цель работы - экспериментальное определение тарировочных коэффициентов тензометрических преобразователей перемещений, приобретение навыков работы с автоматизированными системами.

5.1. Объект исследования

Тарировке подвергаются преобразователи перемещений типа ДП-50.

Перед началом работы с преобразователем необходимо проверить целостность его корпуса, исправность соединительных разъемов, ход штока. Производится осмотр на предмет отсутствия грязи, забоин, следов коррозии и других дефектов.

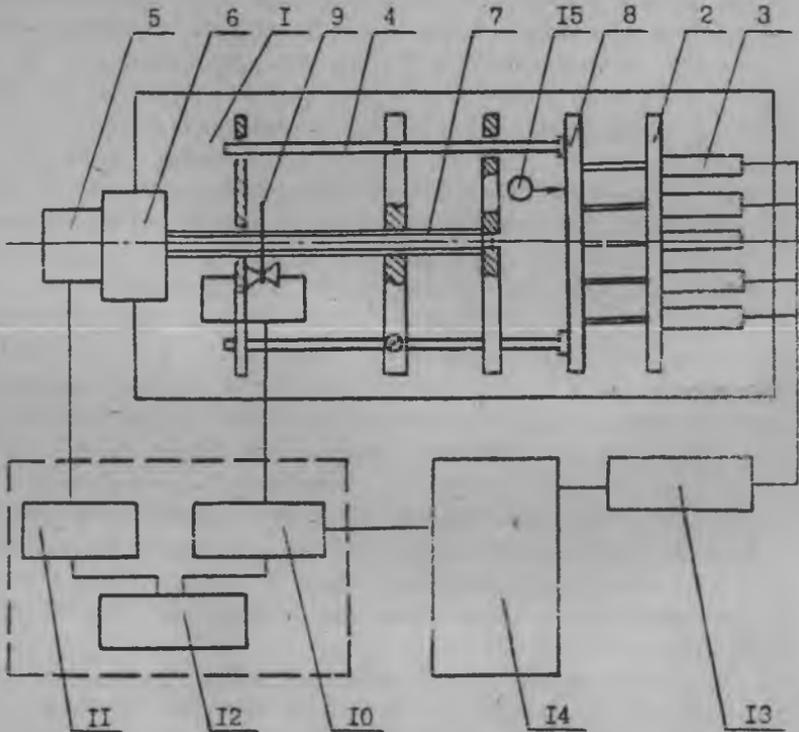
5.2. Средства исследования

Для проведения тарировки преобразователей перемещений служит автоматизированный стенд тарировочный СТДП-2М.

Принципиальная схема стенда представлена на рис.4.

Тарировочное устройство имеет основание I, на котором в узле фиксации 2 закреплены преобразователи перемещений 3. Реверсивный

Принципиальная схема автоматизированного
тарировочного стенда СТДП-2М



1 - основание, 2 - узлы фиксации, 3 - преобразователь
перемещений, 4 - направляющие, 5 - реверсивный двигатель
с динамическим торможением, 6 - редуктор, 7 - микрометри-
ческий винт, 8 - каретка, 9 - фотосчитыватель, 10 - триг-
герный формирователь импульсов, 11 - блок управления
двигателя, 12 - блок питания, 13 - ИИС К732/1, 14 - микро-ЭМФ,
15 - часовой индикатор

Рис. 4

двигатель с динамическим торможением 5 через редуктор 6 вращает микрометрический винт 7, приводящий в движение по направляющим 4 каретку 8. Угол поворота, а следовательно и ход винта, регистрируется фотосчитывателем 9, представляющим собой закрепленный на микрометрическом винте 7 диск с расположенными равномерно по окружности отверстиями (100 шт), по обе стороны которого на основании установлены осветитель и фотоприемник. Формирование четкого импульса производится триггерным формирователем импульсов И0. Запуск и остановка двигателя производится блоком управления И1. Питание тарировочного устройства обеспечивается блоком И2. Измерения сопротивлений тензорезисторов производятся информационно-измерительной системой И3 типа ИИС К732/1, сигнал с которой передается вычислительной системе И4 (микро-ЭВМ И5 ВУМС 28-025) через стандартное устройство параллельного обмена И2 (на схеме не показано). Режимы работы стенда задаются программно.

Аттестация и поверки стенда проводятся с помощью индикатора часового типа И5, фиксируемого на основании посредством кронштейна.

Стенд работает следующим образом. Преобразователи перемещений 3 закрепляют в узлах фиксации 2, подключают выводы преобразователей на вход ИИС, ЭВМ, блок питания И2, устанавливают путем ручного управления двигателем 5 каретку 8 в крайнее правое положение, фиксируемое по шкале преобразователя. После тестировки вычислительной системы совместно с фотосчитывателем и формирователем импульсов И0 стенд готов к тарировке.

Программа работы стенда выполнена таким образом, что по команде оператора ЭВМ выбирает на диапазоне измерений И0 равноотстоящих друг от друга узловых точек, причем первая и последняя отстоит от границ диапазона на расстоянии, составляющем 5 % от его величины. Подсчитывается число импульсов, определяющих необходимый поворот микрометрического винта и подается команда на включение электродвигателя для выполнения заданного поворота. После остановки двигателя и подсчета фактического числа импульсов фотосчетчика величина заданного перемещения уточняется и выдается команда ИИС на замер сопротивлений тензорезисторов. По окончании замеров производится их обработка в соответствии с методикой, наложенной выше.

Стенд обеспечивает несколько режимов работы, в том числе и ручное тарирование, при котором величина задаваемого перемещения, измеренная индикатором часового типа, вводится в память ЭВМ с клавиатуры дисплея.

5.3. Подготовка преобразователей и стенда СТП-2М к тарированию. Порядок выполнения работ

1. Тензометрические преобразователи типа ДП-50 в количестве 3...5 штук закрепляются в узле фиксации стенда. Кабели измерительных каналов ИИС К732/1 № 1...5 подстыковываются к разъемам преобразователей (контакты № 1,3).

2. Поворотом ключа в положение «ВКЛ» включается питание ЭЕМ; тумблерами «СЕТЬ» включаются: стабилизированный источник питания ВС-27-6, входной коммутатор Ф7017 и цифровой мост Ф7018 ИИС К732/1. На коммутаторе Ф7017 должна быть нажата кнопка «ОДНОКРАТНО», цифровой мост Ф7018 должен находиться в состоянии 1/4 моста с диапазоном измерения 200 ом, кнопка «АВТ» должна быть нажата.

3. На дисковод ДХ0: устанавливается гибкий магнитный диск (ГМД) с операционной системой ОС ДВК и задачей «ТАРИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ», на дисковод ДХ1: устанавливается ГМД для формирования массивов тарировочных характеристик ТН6.ДАТ. Операции по п.3 производятся инженером-математиком, обслуживающим СТП-2М.

4. Под дисководом включается тумблер питания, при этом должна загореться индикаторная лампа «ПИТАНИЕ». После включения под дисководом тумблера «ПРОГРАММА ПУЛЬТА» на экране дисплея (терминале) должен появиться знак «D».

5. С клавиатуры дисплея набирается код ~~173000 G~~ <BK> (возврат каретки) вызова операционной системы.

6. После вызова операционной системы и появления в верхнем левом углу экрана дисплея точки «.» набирается команда R ~~BA000~~ <B вызывающая рабочую программу, и выдается сообщение ПРОГРАММА «ТАРИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ» НАЧАЛА РАБОТУ. Далее оператор работает с ЭЕМ в режиме диалога.

5.4. Диалог оператора с ЭЕМ при тарировке преобразователей перемещений

Диалог начинается с запроса ЭЕМ:

1. ВВЕДИТЕ ТЕКУЩУЮ ДАТУ (99 99 99)

(Далее везде запрос ЭЕМ выделяется прописными буквами и подчеркиванием, в скобках указывается размерность вводимого числа для количества букв сообщений).

Ввести дату <BK> .

2. БУДЕТЕ ВЕСТИ ПРОТОКОЛ ДИАЛОГА ? DA/NE

Ввести **NE** <BK> (В случае необходимости контроля процесса тарировки на терминале ввести **DA** <BK>)

3. НУЖНА ОТЛАДОЧНАЯ ПЕЧАТЬ ? DA/NE

Ввести **NE** <BK> (В случае необходимости печати некоторых фрагментов работы программы вводится **DA** <BK>)

4. ВВЕДИТЕ ФАМИЛИЮ ИСПОЛНИТЕЛЯ (9999999999)

Ввести фамилию до 10 символов на английском языке <BK>

5. ВВЕДИТЕ РЕЖИМ РАБОТЫ (9)

- 0 - КОНЕЦ ТАРИРОВАНИЯ
- 1 - АВТОМАТИЧЕСКОЕ ТАРИРОВАНИЕ
- 2 - РУЧНОЕ ТАРИРОВАНИЕ
- 3 - ВЫДАЧА КАТАЛОГА ТАРИРОВАНИЯ
- 4 - ВВОД ХАРАКТЕРИСТИК С ТЕРМИНАЛА
- 5 - АТТЕСТАЦИЯ СТЕНДА
- 6 - СОЗДАНИЕ МАССИВА ТАРИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В настоящей лабораторной работе используются режимы 1,2.

При автоматическом тарировании:

Ввести **1** <BK>

6. ВВЕДИТЕ БАЗУ ДАТЧИКОВ (999) (в миллиметрах)

Ввести **50** <BK>

7. ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ОДНОВРЕМЕННО ТАРИРУЕМЫХ ДАТЧИКОВ (99)

Ввести **03** <BK>

8. ВВЕДИТЕ ЗАВОДСКОЙ НОМЕР ДАТЧИКА (99999999)

Ввести 7 символов номера датчика <BK>

9. ВВЕДИТЕ НОМЕР КАНАЛА ДЛЯ ДАТЧИКА С ЗАВОДСКИМ НОМЕРОМ (999)

Ввести 3 номера канала ИИС K732/I через <BK>

(Количество команд 9 равно количеству датчиков).

Далее автоматически проводится тарировка датчика и ЭВМ выдает протокол на терминале.

10. Протокол тарировки имеет следующий вид:

ПРОТОКОЛ ТАРИРОВКИ ДАТЧИКА ПЕРЕЧИСЛЕНИЯ

ДАТА: 99.99.99

ИСПОЛНИТЕЛЬ: 9999999999

ЗАВОДСКОЙ НОМЕР ДАТЧИКА: 999 9999

БАЗА ДАТЧИКА: 50 мм

ТАРИРОВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ:

$K_0 = 9999. 99999$

$K_1 = 9999.999999$

ПРОВЕРКА ДАТЧИКА

НОМЕР ОТСЧЕТА	ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПРОГРАММНОЕ, ММ	ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ИЗМЕРЕННОЕ, ММ	ПОГРЕШНОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ, %	ПОГРЕШНОСТЬ ПРИВЛЕДЕННАЯ, %
I	999.9999	999.9999	99.99	99.99
...
10	999.9999	999.9999	99.99	99.99

ОТДЕЛ _____ ОТДЕЛ _____ ОТДЕЛ _____

11. БУДЕТЕ ЗАПОМИНАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ АППРОКСИМАЦИИ ? DA/NE

Ввести DA < BK >

12. ПЕЧАТАТЬ ПРОТОКОЛ ТАРИРОВАНИЯ ? DA/NE

ЭМ выдает на печать протокол тарирования с использованием аппроксимирующего полинома I-ой степени.

13. В случае относительной погрешности $\Delta_{i0} > 5\%$ принимается решение об увеличении степени аппроксимирующего полинома. В этом случае по п. 11, 12 вводятся команды "NE", ЭМ выдает сообщение ВВЕДИТЕ СТЕПЕНЬ ПОЛИНОМА. Оператор последовательно вводит цифры 2...5, и ЭМ возвращается к сообщению 11. Операции по п. 13 проводятся до получения удовлетворительной погрешности либо до принятия решения о годности датчика.

При ручном тарировании при выполнении команды по п. 4

Ввести 2 < BK >

6. ВВЕДИТЕ ТИП ТАРИРОВАНИЯ (9)

1 - РУЧНОЕ ТАРИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

2 - РУЧНОЕ ТАРИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМЕТРОВ

Ввести 1 < BK >

7. ВВЕДИТЕ БАЗУ ДАТЧИКОВ (999) (в миллиметрах)

Ввести 50 < BK >

8. ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ОДНОВРЕМЕННО ТАРИРУЕМЫХ ДАТЧИКОВ (99)

Ввести 3 < BK >

9. ВВЕДИТЕ ЗАВОДСКОЙ НОМЕР ДАТЧИКА (99999999)

Ввести 7 символов номера датчика < BK >

10. ВВЕДИТЕ НОМЕР КАНАЛА ДЛЯ ДАТЧИКА С ЗАВОДСКИМ НОМЕРОМ (999)

Ввести 3 цифры номера канала ИИС 732/1 < BK >

11. УСТАВЛИТЕ КОНТРОЛЬНУЮ ТОЧКУ (999.999)

Ввести величину перемещения контрольной точки < BK >

Величина перемещения каретки станда, выдаваемая сообщением II (начиная с 0.0), устанавливается по часовому индикатору путем автономного включения реверсивного двигателя.

12. УСТАНОВЛЕНО ПРАВИЛЬНО? DA/NE

Ввести DA < BK > При команде "NE" ЭВМ возвращается к п. II. При ошибке, замеченной после команды "DA", необходимо одновременно нажать на клавиатуру дисплея клавиши UC и C. ЭВМ вернется в состояние начала работы. Далее необходимо командой R ~~BA000~~ < BK > снова вызвать программу "ТАРИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ".

После ввода перемещений 40 контрольных точек (2 прохода туда и обратно по 10 точек) ЭВМ без дополнительной команды выдает протокол, описанный выше.

5.5. Объем тарировки

Проведение лабораторной работы № 5 предусматривает тарировку 3-5 преобразователей перемещений типа ДП-50 в автоматизированном и ручном режиме, анализ протоколов и выдачу заключения о пригодности датчиков к работе.

5.6. Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность тарировки?
2. Каков порядок вычисления коэффициентов аппроксимирующего полинома?
3. В какой части диапазона измерений располагается первая контрольная точка? Почему?
4. Из каких функциональных элементов состоит стенд СТПД-2М?

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ТАРИРОВКА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УСИЛИЙ

Цель работы - экспериментальное определение тарировочных коэффициентов тензометрических преобразователей усилий, знакомство с гидравлическими системами нагружения и автоматизированными системами сбора и обработки информации.

6.1. Объект исследования

Тарировке подвергается тензодинамометр растяжения типа ТД-5, предназначенный для замеров усилий в диапазоне 0...50 кН. Порядок проверки тензодинамометра и тензометрического преобразователя перемещений аналогичны (см. п.4.1).

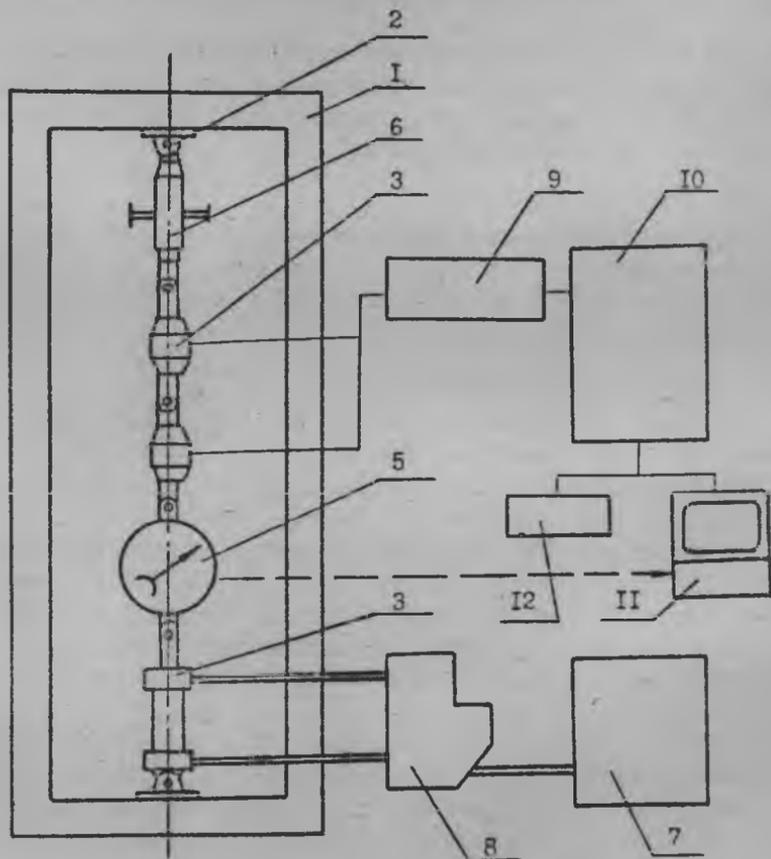
6.2. Средства исследования

Для проведения тарировки тензодинамометра ТД-5 служит тарировочный стенд, построенный на базе гидравлической системы нагружения и автоматизированной системы измерений при статических испытаниях АССОИСИ. Принципиальная схема стенда приведена на рис.5.

Стенд представляет собой жесткую раму I, в которой на опорных кронштейнах 2 собрана силовая цепь, состоящая из последовательно соединенных элементов: гидравлического силового двигателя 3, тензодинамометра растяжения 4, образцового динамометра 5, тендера 6. Необходимое давление масла в силовом двигателе 3 создается насосом ПМН-250 (позиция 7). Масло редуцируется пультом редуцирования давления ГСН-1 (позиция 8). Сопротивление тензодинамометра замеряется информационно-измерительной системой 9 ИИС К732, сопряженной с управляющим вычислительным комплексом Ю УБК СМ 4. Управление измерениями идет с терминала II, протокол тарировки выводится печатанием устройством I2.

Стенд работает следующим образом. Собранная силовая цепь тендером выводится в исходное состояние, при котором динамометр 5 и вызывает минимальную начальную нагрузку, шток гидроцилиндра (силового двигателя) находится в выдвинутом состоянии. Снимается нулевой отсчет ИИС К732/1. Далее поэтапно увеличивается нагрузка по редуктору гидравлической системы и регистрируются результаты измерений. После двух проходов туда и обратно всего диапазона начальной нагрузки тензодинамометра (40 измерений) программа

Принципиальная схема стенда тарировки
тензодинамометров



I - жесткая рама, 2 - опорный кронштейн, 3 - гидравлический сило-
возбудитель, 4 - тензодинамометр растяжения, 5 - образцовый дина-
мометр, 6 - тендер, 7 - гидравлический насос ГНН-250, 8 - шульт
редуцирования давления ГСН-1, 9 - ИИС К732, 10 - УВК СМ 4,
II - терминал, I2 - печатающее устройство

Рис. 5

«УТАР» системы АССОИСИ производит расчет тарифовочных коэффициентов и их проверку.

6.3. Подготовка тензодинамометров и стенда к тарированию.

Порядок выполнения работ:

1. Тензодинамометры типа ТД-5 в количестве 3 штук последовательно друг за другом монтируются в силовую цепь между тендером и образцовым динамометром. Кабели измерительных каналов ИИС К732/І В І...3 подстыковываются к разъемам тензодинамометров (контакты В І, 3).

2. В соответствии с подразделом 4.3 п.2 настоящих методических указаний включается ИИС К732/І.

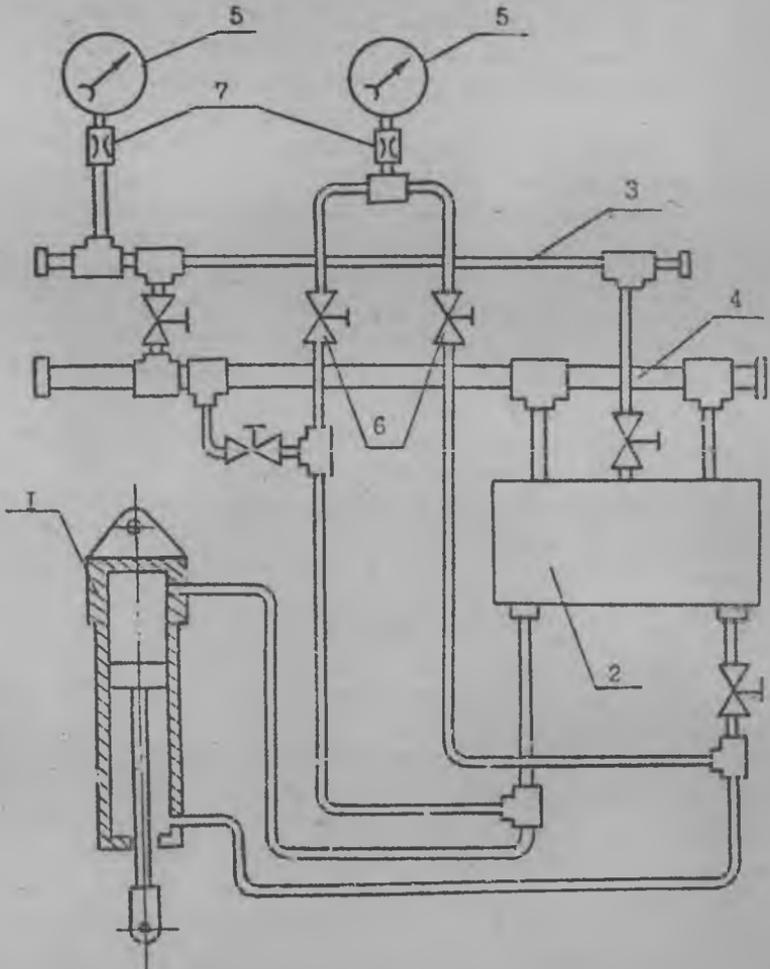
3. Инженером-испытателем, обслуживающим гидравлическую систему, проводятся следующие операции по ее подготовке:

- производится внешний осмотр всей системы нагружения, проверяется надежность всех соединений гидравлической системы;
- открывается вентиль А на передней панели пульта ГСН-І, все остальные вентили должны быть закрыты (см. гидравлическую схему секции пульта редуцирования давления ГСН-І на рис.6);
- включается стабилизатор напряжения (работа насоса ПМН-250 допускается только с включенным стабилизатором);
- включается насос и через І-2 минуты плавно переводится ручка нагружения на себя и возвращается в первоначальное положение;
- закрывается вентиль А и ручкой нагружения устанавливается давление по манометру А - 210 кг/см²;
- открываются вентили М₁, С₁, С₂, Н;
- включается источник питания агрегата управления АУ-38Б;
- докладывается о готовности гидравлической системы нагружения для тарировки.

4. На фиксированном магнитном диске (МД) ДКІ: должна находиться операционная система ДОС СИ и загрузочные модули системы АССОИСИ. На съемном магнитном диске ДКІ: формируются массивы результатов испытаний. После включения ЭВМ, дисководов, вызова операционной системы, организации на МД ДКІ: раздела для работы программы командой RU \rightarrow U TAP [77,77] < BK > вызывается непосредственно программа тарировки тензодинамометров.

(Операции по п.2 производятся инженером-математиком, обслуживающим ЭВМ).

Гидравлическая схема секции пульта
редуцирования давления ГСН-1



1 - гидравлический силовозбудитель, 2 - агрегат управления АУ-38Б,
3 - магистраль высокого давления, 4 - магистраль низкого давления,
5 - манометр, 6 - вентиль, 7 - дроссель

Рис. 6

Далее оператор работает с ЭВМ в режиме диалога.

6.4. Диалог оператора с ЭВМ при тарировке тензодинамометров (датчиков)

Диалог начинается с запроса ЭВМ:

1. ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ОДНОВРЕМЕННО ТАРИРУЕМЫХ ДАТЧИКОВ (I 2)
(здесь I 2 - формат, двухразрядное целое число)

Ввести $\emptyset 3 < BK >$

2. ВВЕДИТЕ НОМЕРА КАНАЛОВ ТАРИРУЕМЫХ ДАТЧИКОВ (I 3)

Ввести трижды через $< BK >$ трехзначные номера каналов.

3. ВВЕДИТЕ ДИАПАЗОН ДАТЧЕКА (I 3)

Ввести $\emptyset 3 < BK >$ (тензодинамометр ТД-5 работает в 3-см диапазоне сопротивлений, одновременно тарируются тензодинамометры только одного диапазона измерений).

4. ВВЕДИТЕ ЗАВОДСКИЕ НОМЕРА ДАТЧИКОВ (2A)

Ввести трижды через $< BK >$ восьмизначные заводские номера датчиков.

5. ВВЕДИТЕ НОМЕР НАГРУЖЕНИЯ (I 2)

Ввести номер нагружения, начиная с $\emptyset 1 < BK >$.

6. ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ НАГРУЖЕНИЯ (F 7.3)

Ввести величину нагрузки ... $< BK >$.

7. ВЕЛИЧИНА НАГРУЖЕНИЯ ВВЕДЕНА ПРАВИЛЬНО ? (JA/HE)

Ввести $JA < BK >$ *)

После ввода нагрузок 40 контрольных точек (2 прохода туда и обратно) ЭВМ без дополнительной команды выдает протокол на экран дисплея и печать.

Протокол имеет следующий вид:

*)

При команде «HE» ЭВМ возвращается к п.6. При ошибке, замеченной после ввода команды «JA», необходимо одновременно нажать клавиши УС и С, далее после появления на экране дисплея символа точка «.» нажать К1, далее RU $\underline{\quad}$ U TAP [77.77] $< BK >$. Работа в диалоге начинается с начала, с п.1.

ПРОТОКОЛ ТАРИРОВАНИЯ ТЕНЗОДИНАМОМЕТРА

ДАТА: ХХ.ХХ.ХХ

ИСПОЛНИТЕЛЬ: ХХХХХХХХХХ

ЗАРЯДСКОЙ НОМЕР ДАТЧИКА ХХХХХХ

БАЗА ДАТЧИКА 5 ТС

ТАРИРОВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ:

$K\Phi = \text{ХХХХ.ХХХХХХ}$

$KI = \text{ХХХХ.ХХХХХХ}$

ПРОВЕРКА ДАТЧИКА

НОМЕР ОТСЧЕТА	УСИЛИЕ ПРОГРАММНОЕ, ТС	УСИЛИЕ ИЗМЕРЕННОЕ, ТС	ПОГРЕШНОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ, %	ПОГРЕШНОСТЬ ПРИВЕЛЕННАЯ, %
I	ХХХ.ХХХХ	ХХХ.ХХХХ	ХХ.ХХ	ХХ.ХХ
***	***	***	***	***
10	ХХХ.ХХХХ	ХХХ.ХХХХ	ХХ.ХХ	ХХ.ХХ

6.5. Работа гидравлической системы

После выдачи ЭМ сообщения:

ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ НАГРУЖЕНИЯ

оператор, ведущий тарировку, по шлемофонной связи дает команду инженеру-испытателю, работающему с гидравлической системой нагружения: „Дать нагрузку первого этапа? По этой команде на пульте ГСН-I

- включается тумблер Т (загорается лампочка L_T);
- ручка П устанавливается в положение 2 (загорается лампочка L_2);
- ручкой У устанавливается ток управления - 50 ма;
- при достижении по манометру М давления, указанного в загрузочной таблице, выключается тумблер Т и закрывается вентиль C_T ;
- докладывается ведущему тарировку о достижении нагрузки первого этапа.

Достижение нагрузок последующих этапов нагружения производится путем включения тумблера Т и открытия вентиля C_T .

Нагрузочная таблица строится на основании графика зависимости усилия, создаваемого силовозбудителем, от давления в его рабочей полости. На диапазоне измерений нагрузки выверяется 10 равноотстоя-

ших точек. В память ЭВМ вводятся реально достигнутые этапные нагрузки, замеренные образцовым динамометром. С целью соблюдения техники безопасности визуальный контроль за динамометром, как правило, осуществляется с помощью промышленной телевизионной установки ПТУ-50.

В случае появления неисправностей в работе системы инженер-испытатель обязан немедленно сбросить давление в магистралях, открыв полностью вентиль И2.

6.6. Объем тарировки

Проведение лабораторной работы № 6 предусматривает тарировку трех тензодинамометров ТД-5, анализ протоколов и выдачу заключения о пригодности преобразователей к работе.

6.7. Контрольные вопросы

1. Какие системы входят в состав стенда тензодинамометров ?
2. Для каких целей служат преобразователи усилий ?
3. Каким образом ликвидируется влияние изгибающих моментов на чувствительный элемент тензодинамометра ?
4. Назовите способы повышения точности тарировки тензометрических преобразователей усилий.
5. Назовите причины возможного снижения точности замеров усилий автоматизированными системами измерения по сравнению с образцовыми средствами.

Библиографический список

1. Сухарев И.П. Экспериментальные методы исследования деформаций и прочности. М.: Машиностроение, 1987. 216 с.
2. Испытательная техника: Справочник в 2-х кн. / Под ред. А.В.Клюева. М.: Машиностроение, 1982, кн.1, 528 с., кн.2, 559 с.
3. Определение напряжений с помощью тензорезисторов: Методические указания / сост. В.А.Мехеда; Куйбышев. авиацион.-т. Куйбышев, 1978. 32 с.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

1. ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЭМ И СИЛОНАГРУЖАЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ	3
2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТАРИРОВКИ	3
3. ОБЪЕКТЫ ТАРИРОВКИ	4
4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТАРИРОВОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ	4
5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА # 5. ТАРИРОВКА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБ- РАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	8
5.1. Объект исследования	8
5.2. Средства исследования	8
5.3. Подготовка преобразователей и стенда СТДП-2М к тари- ровке	II
5.4. Диалог оператора с ЭМ при тарировке преобразователей перемещений	II
5.5. Объем тарировки	I4
5.6. Контрольные вопросы	I4
6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА # 6. ТАРИРОВКА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБ- РАЗОВАТЕЛЕЙ УСИЛИЙ	I5
6.1. Объект исследований	I5
6.2. Средства исследования	I5
6.3. Подготовка тензодинамометров и стенда к тарированию	I7
6.4. Диалог оператора с ЭМ при тарировке тензодинамомет- ров (датчиков)	I9
6.5. Работа с гидравлической системой	20
6.6. Объем тарировки	2I
6.7. Контрольные вопросы	2I
Библиографический список	2I

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТАРИРОВКА
ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И УСИЛИЙ

Составитель: Т к а ч е н к о Сергей Иванович

Редактор Л.М.К а р п о в а

Подписано в печать *16.06.90.*

Формат 60x84¹/16. Бумага оберточная.

Печать офсетная. Усл.п.л.1,4. Усл.кр.-отт.1,4.

Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 100 экз. Заказ *№ 288,*

Бесплатно.

Курбьшевский ордена Трудового красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443066 Курбьшев, Московское шоссе, 34.

Участок оперативной полиграфии Курбьшевского
авиационного института. 443001 Курбьшев,
ул. Ульяновская, 18.