

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ВсНПО "Связьприбор"

Специальное конструкторское бюро

Украинский филиал

ОНП

СТЕНД УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ "СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ"

П А С П О Р Т

СМУ 000.000 ПС

1985

1 НАЗНАЧЕНИЕ СТЕНДА

Универсальный стенд СМУ (далее - стенд) предназначен для проведения лабораторных работ по курсу "Сопротивление материалов" в высших технических учебных заведениях.

Стенд обеспечивает выполнение следующих лабораторных работ при отладках

Наладка № 1.

Работа № 1. Испытание на кручение стального образца; определение модуля сдвига;

Работа № 2. Исследование напряжённо-деформированного состояния в стержне при кручении;

Работа № 3. Исследование плоского напряжённого состояния методом тензомерии

Наладка № 2.

Работа № 4. Исследование напряжённо-деформированного состояния в плоских рамах

Работа № 5. Экспериментальная проверка теоремы взаимности работ и принципа взаимности перемещений.

Наладка № 3.

Работа № 6. Испытание винтовой цилиндрической пружины растяжения.

Наладка № 4.

Работа № 7. Опытная проверка теории изгиба.

Наладка № 5.

Работа № 8. Определение перемещений в балке при изгибе

Работа № 9. Опытная проверка величины опорной реакции статически неопределимой балки.

				СМУ 000.000 ПС		
1	27-86	1987	18.02.86	Стенд универсальный для проведения лабораторных работ по курсу "Сопротивление материалов"		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Кармазин	В.К.	20.01.86			
Пров.	Муха	В.В.	26.02.86			
Т. контр.						
Вн. контр.	Муха	М.В.	26.02.86	Минвуз СССР СКБ УФ		
И. контр.	Шамелашвили	В.В.	18.03.86			

Наладка № 6

Работа № 10 - Испытание стержня на кривой изгиб.

Наладка № 7

Работа № 11 - Испытания тонкостенного стержня открытого профиля на изгиб и кручение.

Наладка № 8

Работа № 12 - Исследование явления потери устойчивости сжатого стержня в упругой стадии (четыре варианта закрепления).

Работа № 13 - Исследование работы стержня при продольно-поперечном изгибе.

Стенд выполнен в климатическом исполнении УХЛ, категория размещения 4.2 по ГОСТ 15150-69.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Основные параметры и размеры.

2.1.1. Образец - ступенчатый стержень с поперечным сечением в виде тонкостенного кольца.

2.1.1.1. Материал ступенчатого стержня

первой - сплав 45 ГОСТ 1050-74

второй - сплав алюминиевый Д16Т ГОСТ 8617-81.

2.1.1.2. Размеры сечения, мм, первой ступени

наружный диаметр 20 ± 0,033

внутренний диаметр 16 ± 0,027

второй ступени

наружный диаметр 58 ± 0,05

внутренний диаметр 56 ± 0,046

2.1.1.3. Длина испытуемого участка

первой ступени, мм 100 ± 0,3

2.1.2. Образец - рама П-образной формы прямоугольного сечения

2.1.2.1. Материал - сталь Ст.3 ГОСТ 380-71

2.1.2.2. Размеры образца, мм

ширина 605 ± 1,5

27-86 18028

СМУ 000.000 ПС

Лист
3

высота $300 \pm 1,5$
ширина сечения $30 \pm 0,2$
высота сечения $5 \pm 0,03$

2.1.3. Образец - витые пружины растяжения

2.1.3.1. Материал - проволока П-4 ГОСТ 9389-75
 проволока П-5 ГОСТ 9389-75
 проволока П-6 ГОСТ 9389-75

2.1.3.2. Размеры, мм

средний диаметр $50 \pm 0,8$

2.1.4. Образец - балка двутаврового сечения

2.1.4.1. Материал - сплав алюминиевый Д16 ГОСТ 8617-81

2.1.4.2. Размеры образца, мм

высота $102 \pm 1,5$

ширина полки $39 \pm 0,7$

толщина стенки и полки,

не более $2 \pm 0,5$

длина участка образца от

до шарнирной опоры до точки приложения $300 \pm 1,0$
нагрузки, слева и справа

2.1.5. Образец - балка прямоугольного сечения

2.1.5.1. Материал - сталь 65 Г-Ш ГОСТ 1542-71

2.1.5.2. Размеры образца, мм

ширина сечения $30 \pm 0,2$

высота сечения $4 \pm 0,03$

2.1.6. Образец - консольная балка прямоугольного сечения

2.1.6.1. Материал - сталь 45 ГОСТ 1050-74

2.1.6.2. Размеры образца, мм

ширина сечения $24 \pm 0,13$

толщина сечения $12 \pm 0,11$

длина участка образца

от места заделки до линии приложения
нагрузки 700 ± 1

27-86 В.В. 180286

СМ7 600.000 ПС

3. СОСТАВ УСТАНОВКИ И КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ.

3.1. Комплект поставки приведен в таблице 1.

Таблица 1.

№ документа	Обозначение документа	Наименование	Кол-во	Примечание
1	2	3	4	5
1.	СМУ.000.000	Стенд универсальный для проведения лабораторных работ по курсу "Сопротивление материалов"	I	
		<u>Комплекты</u>		
		Сборочная единицы		
2.	СМУ.090.000	Штут	I	
3.	СМУ.091.000	Штут	I	
4.	СМУ.110.000	Образец	I	
5.	СМУ.120.000	Стойка	I	
6.	СМУ.130.000	Рычаг	I	
7.	СМУ.140.000	Крек	2	
8.	СМУ.210.000	Образец в сборе	I	
9.	СМУ.220.000	Спора	I	
10.	СМУ.230.000	Стойка	I	
11.	СМУ.240.000	Кронштейн	I	
12.	СМУ.250.000	Грузы в сборе	I	
13.	СМУ.310.000	Пружинный образец	I	
14.	-01	Пружинный образец	I	
15.	-02	Пружинный образец	I	
16.	СМУ.320.000	Указатель	I	
17.	СМУ.330.000	Кронштейн	I	
18.	СМУ.410.000	Образец в сборе	I	
19.	СМУ.420.000	Стойка	I	

СМУ.000.000 ПЗ

Лист № 1

Итого: 1 шт.

Комплект

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
20. СМУ 430.000	Коромысло		1	
21. СМУ 510.000	Стойка		3	
22. СМУ 520.000	Держатель индикатора			
	в сборе		3	
23. СМУ 530.000	Образец		1	
24. СМУ 540.000	Спора		1	
25. СМУ 550.000	Крик		1	
26. СМУ 610.000	Образец в сборе		1	
27. СМУ 620.000	Кронштейн		1	
28. СМУ 630.000	Стойка		1	
29. СМУ 640.000	Ключ		1	
30. СМУ 710.000	Образец в сборе		1	
31. СМУ 810.000	Образец в сборе		1	
32. СМУ 813.000	Образец в сборе		1	
33. СМУ 820.000	Стойка		1	
34. СМУ 830.000	Груз		1	
	<u>Детали</u>			
35. СМУ 910.001	Груз		4	
36. СМУ 910.003	Груз		6	
37. СМУ 910.005	Болт закладной		12	
38. СМУ 910.006	Серьга		2	
39. СМУ 910.007	Груз		2	
40. СМУ 910.008	Коврик резиновый		1	
	<u>Стандартные изделия</u>			
41. ГОСТ 5927-70	Гайка М10.4		12	
42. ГОСТ 11371-78	Шайба 10.00.05		12	
43. ГОСТ 577-68	Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм		3	

СМУ 000.000 руб

Лист

7

7 27-86 ВКД 0286
 № докум Подпись Дата

Инв. № 817

Копировка

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
44	ГОСТ 9696-82	Индикатор часового типа 1 МИГ с ценой деления 0,001 мм	2	
<u>Прочие изделия</u>				
45	ТУ 25-06-1382-78	Тензорезистор 2ПКП-10-100	9 экз.	
<u>Документация</u>				
46	СМУ 000.000 ПС	Паспорт "Стенд универсальный для проведения лабораторных работ по курсу "Сопротивления материалов"	1 экз.	

33-86

27-86

62.08/100.00
18.02.88

СМУ 000.000 ПС

Лист

4. УСТРОЙСТВО И ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ СТЕНДА К РАБОТЕ.

4.1. Конструкция стенда (рис.1)

Универсальный стенд представляет собой лабораторный стол с набором функциональных элементов (образцы, вспомогательных устройств, деталей и крепежных изделий), хранимых в 4-х пеналах (рис. 2,3,4,5) и устанавливаемых на столе при проведении той или другой лабораторной работы.

Стол состоит из сварного каркаса 1. Для организации дополнительных рабочих мест студентов он имеет на петлях две откидные столешницы 2 и 3.

Кронштейны 4 столешниц в поднятом состоянии фиксируются относительно стола фиксаторами 5. В опущенном состоянии столешницы кронштейны убираются и фиксируются относительно каркаса столешницы фиксаторами. Стол снаружи обшит плитами 6,7,8,9 с декоративным покрытием.

Правая дверь стола 10 имеет замок 11 типа шеклди. Левая дверь 12, при закрытых дверях, фиксируется фиксатором 13 за ухо 14 каркаса стола.

Двери 10 и 12 откидываются на угол 90° . Для удобства обслуживания каркас стола 1 и двери 10 и 12 имеют направляющие 15 и 16, по которым при открытых на 90° дверях выкатывают на роликах пеналы до упоров. При установке в лаборатории стенд выставляется по уровню домкратом 30.

Для предохранения стенда от опрокидывания при выдвинутых пеналах на дверях стола стенда предусмотрены опоры 18.

С боковой стороны стенд оборудован панелью 19 с розетками на 12 В постоянного тока и 220 В переменного тока, частотой 50 Гц.

Подключение панели к источникам питания осуществляется мультиметром с клеммной коробкой 30. Расположение проводки должно быть предусмотрено под полом лаборатории.

Для выполнения работ по наладкам № 1, № 2, № 4, № 5, № 6, 7 к розетке на 12 В подключается вилка жгута 2 (рис.6), другой конец которого подсоединяется к измерителю деформации типа ИДЦ-1 поз.1 (рис.6).

Измеритель деформации типа ИДЦ-1 поз.1 (рис.6) при проведении лабораторных работ устанавливается на свободной поверхности стола. Измерителю деформаций подключается вилка жгута 3 (рис.6), другой конец которого подсоединяется к розетке образца.

Жгуты и измеритель деформации могут храниться в пенале (рис.2).

Для закрепления наладок на плите стола-стенда служит ключ (пенал № 4, рис.5).

К розетке на 220 В подключается микрокалькулятор типа БЗ-36 для проведения расчетов.

Примечание. Измеритель деформаций типа ИДЦ-1 и микрокалькулятор типа БЗ-36 в комплект поставки не входят.

Нижеследующее описание наладок определяет исходное состояние стенда, подготовленного к проведению на нем лабораторной работы.

4.2. Наладка № 1 (рис.7).

На плите стенда 1 устанавливаются две опорные стойки 2 (пенал № 4, рис.5) и 3 (пенал № 2, рис.3).

Стойки крепятся к плите болтовыми соединениями: болт 4, гайка 5, шайба 6 (пенал № 1, рис.2). Болты 4 заводятся в Т-образный паз плиты 1. Правая опорная стойка 2 выполнена в виде опоры типа "защелка" или типа "неподвижный шарнир".

Образец (трубчатый стержень) 7 (пенал № 2, рис.3) жестко фиксируется с опорной стойкой 2 по конической поверхности стержня образца и фиксируется в стойке невыпадающим винтом 8. Образец 7 имеет в зацеплении с которым входит фланец 9.

Для фиксации втулки 10 относительно опорной стойки 2 предусмотрены рукоятка 11 и фиксатор 12. Шарнирное опирание образца 7 на

левую опорную стойку 3 создаётся шарикоподшипником 31.

Нагружение четырьмя грузами 23 (по 5 кг каждый) (пенал № 1, рис.2) осуществляется с помощью подвески 19 (пенал № 2, рис.3), установленной на рычаге 16 (пенал № 2, рис.3) в крайнем левом сечении образца.

Для фиксации рычага 16 от выпадания служит винт 17 с шайбой 18. Рычаг 16 служит для нагружения образца 7 крутящим моментом.

Для работы № 1 создаётся шарнирное опирание крайнего левого сечения на левую опорную стойку 3 с регулировкой по высоте опорной площадкой 19 (пенал № 2, рис.2), которая фиксируется винтом 20. На тонкую часть образца устанавливается угломер С.В.Бояринова 21 с индикатором часового типа 13 (пенал № 1, рис.2).

Для работы № 2 обеспечивается шарнирное опирание крайнего левого сечения.

Для работы № 3 опорную площадку 19 необходимо опустить вниз до контакта с поверхностью левой опорной стойки 3.

4.3. Наладка № 2.

Для работы № 4 (рис.8) на плите отенда 1 устанавливается: образец в оборе 8 (пенал № 2, рис.3), опора 9 (пенал № 2, рис.3), плита 10 (пенал № 2, рис.3), индикаторная стойка 11 (пенал № 3, рис.4), которые крепятся к плите болтовыми соединениями (болт 4, гайка 5, шайба 6), пенал № 1, рис.2. На индикаторную стойку 11 устанавливается индикатор часового типа 13 (пенал № 1, рис.2). Образец 8 левой частью шарикоподшипниками устанавливается на плиту 10.

В опору 9 вворачивается груз в оборе 26 (пенал № 2, рис.3).

На плите 10 устанавливается индикатор часового типа 13 (пенал № 1, рис.2). Стяжкой 24 (пенал № 2, рис.3) соединяют образец в оборе 8 с коромыслом опоры 9.

На образец 8 одевают две серьги 25 (пенал № 1, рис.2), две подвески 15 (пенал № 2, рис.3) с двумя грузами 14 (пенал № 1, рис.2) по 1 кг каждый.

Для работы № 5 (рис.9) на плите стенда I устанавливаются: образец в сборе В (пенал № 2, рис.3), плита 10 (пенал № 2, рис.3), индикаторная стойка II (пенал № 3, рис.4), которые крепятся к плите болтовыми соединениями [(болт 4, гайка 5, шайба 6) пенал № 1, рис.2]

На индикаторную стойку II устанавливается индикатор часового типа 13 (пенал № 1, рис.2). Образец 8 левой частью шарикоподшипниками устанавливается на плиту 10. В ось опоры образца вворачивается груз в сборе 26 (пенал № 2, рис.3). Посередине образца 8 устанавливается серьга 25 (пенал № 1, рис.2) с подвеской 15 (пенал № 2, рис.3) с двумя грузами 14 (пенал № 1, рис.2) по 1 кг каждый.

4.4. Наладка № 3 (рис.10).

Для работы № 6 на плите I стенда устанавливается при помощи болтовых соединений [(болт 4, гайка 5, шайба 6) пенал № 1, рис.2] опорная стойка 3 (пенал № 2, рис.3), индикаторная стойка II (пенал № 3, рис.4). На опорную стойку 3 устанавливается кронштейн 2 (пенал № 2, рис.3), на который устанавливается пружинный образец 4 (пенал № 2, рис.3). На индикаторную стойку II устанавливается держатель индикатора 12. Для исследования пружины $\phi 4$ и $\phi 5$ в держателе индикатора 12 устанавливается указатель 17 (пенал № 2, рис.3).

Для исследования пружины $\phi 6$ в держателе индикатора 12 устанавливается индикатор часового типа 13 (пенал № 1, рис.2). Изменение длины пружины при её растяжении определяется по смещению нижнего торца.

4.5. Наладка № 4 (рис.11).

*Отметка проверки
Теории и факта*

Для работы № 7 на плите I стенда при помощи болтовых соединений [(болт 4, гайка 5, шайба 6) пенал № 1, рис.2] устанавливается образец 2 (пенал № 3, рис.4), стойка 3 (пенал № 3, рис.4). На образец устанавливается коромысло 4 (пенал № 3, рис.4) с индикатором часового типа 13 (пенал № 1, рис.2).

Нагружение образца производится винтом 7. Установленный на свободной поверхности стола стенда измеритель деформаций типа ИДД-I

поочередно подключается к розетке 8 группы тензорезисторов, расположенных в среднем сечении в зоне чистого изгиба образца и к розетке 9 группы тензорезисторов, расположенных в зоне поперечного изгиба образца.

4.6. Настройка № 5.

Для работы № 8 (рис.12) на плите 1 стенда устанавливаются две опорные стойки 2 (пенал № 4, рис.5) и 3 (пенал № 2, рис.3) и три индикаторные стойки 11 (пенал № 3, рис.4), которые крепятся к плите болтовыми соединениями [болт 4, гайка 5, шайба 6] пеналы № 1, рис.2]. Образец 7 (пенал № 3, рис.4), закреплённый в головке с коническим хвостовиком, устанавливается в опорной стойке 2 и фиксируется навинчивающим винтом 8. Фланец 9 входит в паз хвостовика.

Для фиксации втулки 10 относительно опорной стойки 2 предусмотрены рукоятка 21 и фиксатор 18.

На опорную стойку 3 устанавливается опора 19 (пенал № 3, рис.4) на которой создаётся шарикоподшипниками 17 шарнирное опирание образца. На индикаторные стойки 11 с установленными на них держателями индикатора 12 устанавливаются индикаторы часового типа 13 (пенал № 1, рис.2). Серьга 25 (пенал № 1, рис.2) с подвеской 15 (пенал № 2, рис.3) устанавливается на определённом расстоянии между шарнирными опорами. На подвеску 15 устанавливаются 4 груза 14 (пенал № 1, рис.2) по 1 кг каждый. С помощью индикаторов определяются прогибы и углы поворота в опорах.

Для работы № 9 (рис.13).

Описание работы (см. работу № 8). Дополнительно, для проведения работы, в крайнем левом сечении устанавливается вторая серьга 25 (пенал № 1, рис.2) с подвеской 15 (пенал № 2, рис.3). На подвеску 15 устанавливаются 4 груза 14 (пенал № 1, рис.2) по 1 кг каждый.

Основная нагрузка на образец прикладывается в крайнем левом сечении. Индикаторы, установленные на двух крайних индикаторных стойках 11, выводятся из контакта с образцом 7. Устанавливается опора 9 (пенал № 2, рис.9), которая крепится к плите болтовыми соединениями

болт 4, гайка 5, шайба 6). В опору 9 ввинчивается груз в сборе 26 (пенал № 2, рис.3). В среднем сечении к серьге 25 подвешивается крюк 16 (пенал № 3, рис.4), другой конец которого одет на штирь опоры 9. В этом сечении измеряется соответствующий прогиб. Сила создается на грузочным приспособлением, винтом регулируя плечо грузов 26.

4.7. Наладка № 6 (рис.14).

Для работы № 10 на плите I стэнда устанавливается опорная стойка 2 (пенал № 4, рис.5) и индикаторная стойка II (пенал № 3, рис.4), которые крепятся к плите болтовыми соединениями [(болт 4, гайка 5, шайба 6) пенал № 1, рис.2]. Образец 7 (пенал № 4, рис.5) жёстко закрепляется в опорной стойке 2 по конической поверхности хвостовика образца и фиксируется в стойке невыпадающим винтом 8.

Образец 7 имеет паз, в зацепление с которым входит фланец 9.

Для фиксации втулки 10 относительно опорной стойки 2 предусмотрены рукоятка 16 и фиксатор 12. Главные оси поперечного сечения образца устанавливаются по отношению к вертикальной под определённым, наперед заданным углом.

В крайнем левом сечении образца 7 к серьге 25 (пенал № 1, рис.3) подвешивается подвеска 15 (пенал № 2, рис.3) с пятью грузами 14 (пенал № 1, рис.2) по 1 кг каждый.

На индикаторной стойке II устанавливается кронштейн 26 (пенал № 4, рис.5) с двумя индикаторами часового типа 13 (пенал № 2, рис.2). Задаче определяются перемещение свободного конца балки и напряжения опасной угловой точке контрольного сечения.

4.8. Наладка № 7 (рис.15).

Для работы № 11 на плите I стэнда устанавливается опорная стойка 2 (пенал № 4, рис.5) и две индикаторные стойки II (пенал № 3, рис.4), которые крепятся к плите болтовыми соединениями [(болт 4, гайка 5, шайба 6) пенал № 1, рис.2].

Образец 8 (пенал № 4, рис.5) жёстко закрепляется в опорной стойке 2 по конической поверхности стержня образца и фиксируется в отойке

Нерывпадающим винтом 9.

Образец 8 имеет паз, в зацепление с которым входит фланец 10.

Для фиксации втулки 16 относительно опорной стойки 2 предусмотрены рукоятка 17 и фиксатор 18. К серьге 19 подвешивается подвеска 15 (пенал № 2, рис.3) с шестью грузами 14 (пенал № 1, рис.2) по 1 кг каждый.

На индикаторных стойках II устанавливаются держатели индикаторов 12 (пенал № 1, рис.2), с индикаторами часового типа 13 (пенал № 1, рис.2). Для устранения кручения образца точку приложения силы смещают вдоль горизонтали. Положение центра изгиба определяется по миллиметровой шкале 20 при одинаковых показателях индикаторов. Тензорезисторы позволяют определить деформации в контрольном сечении.

4.9. Наладка № 8 (рис.16, 17, 18).

На плите стенда I устанавливаются опорные стойки 2 (пенал № 4, рис.5) и 3 (пенал № 2, рис.3), индикаторная стойка II (пенал № 3, рис.4) и стойка 28 (пенал № 4, рис.5).

Образец 9 (пенал № 4, рис.5) закрепляется на вращающихся осях в головках, которые установлены в стойках (2 и 3). Правая головка своим конусным хвостовиком крепится в стойке 2 невыпадающим винтом 7, а левая головка цилиндрическим хвостовиком может перемещаться вручную маховиком 18.

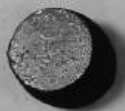
Образец 9 в конусном хвостовике имеет паз, в зацепление с которым входит фланец 8.

Для фиксации втулки 10 относительно опорной стойки предусмотрены рукоятка 14 и фиксатор 16.

На индикаторную стойку II устанавливается индикатор часового типа 13 (пенал № 1, рис.2).

На правой и левой головках устанавливаются индикаторы часового типа 20 с ценой деления 0,001 мм (пенал № 1, рис.2). Концы стержня образца 9 могут зажиматься винтами 21.

При выполнении задачи № 12 (рис.16) используется образец в сборе с пластиной толщиной 2 мм.



Индикаторная стойка II с индикатором часового типа устанавливается в среднем сечении образца. Момент потери устойчивости определяется по показаниям индикаторов, регистрирующих относительные смещения концов стержня и его прогибания. Нагрузка при этом остается неизменной, несмотря на продолжающийся процесс нагружения. Движение стрелки индикатора 20 правой головки прекратится. Движения стрелки индикатора 20 левой головки будет продолжаться.

При выполнении задачи № 13 используется образец в сборе 35 с пластиной толщиной 2,5 мм (пенал № 1, рис.2).

В среднем сечении образец 9 дополнительно зажимается винтами.

Индикаторная стойка II переставляется и индикатор 13 фиксирует переднюю правую головку образца. При выполнении задачи № 14 используется образец в сборе с пластиной толщиной 2,5 мм (пенал № 1, рис.2). В среднем сечении образца 9 прикладывается дополнительная поперечная сила в виде груза 22 (пенал № 4, рис.5).

5. УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ.

5.1. Перед монтажом и установкой стенда в лаборатории заказчик должен учесть нагрузку на пол и перекрытие, состоящую из массы стенда, группы студентов и другого оборудования, сравнить её с допустимой.

5.2. Лица, неподготовленные к работе на стенде и незнакомя с настоящим паспортом, к работе не допускать.

5.3. Перед работой на стенде проверить: наличие надёжного заземления. Электрическое сопротивление, измеренное между болтом заземления и любой металлической частью стенда, который может оказаться под напряжением в результате пробоя изоляции, не должно превышать 0,1 Ом.

Отсутствие оголённых проводов. На стенде работать только после устранения обнаруженных дефектов.

5.4. При выдвижении пеналов проверить наличие на путях предохранительных стоек, а на направляющих - наличие упоров.

5.5. Набор функциональных элементов (образцов, вспомогательных устройств, деталей и крепёжных изделий) хранить в 4-х пеналах в строго определённых местах, согласно установленным на них табличкам.

5.6. Наладки устанавливать на плите стенда согласно рисункам и описанию, освещённым в разделе 4 "Устройство и порядок подготовки стенда к работе", обратив особое внимание на надёжность крепления опорных, индикаторных стоек, опор, образцов.

5.7. Для предупреждения травматизма обратить особое внимание на укладку на подвески и снятие с них грузов.

5.8. Эксплуатация стенда производить в соответствии с правилами техники безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии, действующими в учебном заведении, эксплуатирующего данный стенд.

5.9. Пожаробезопасность должна быть обеспечена путём соблюдения "Типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий", утверждённых Главным управлением пожарной охраны МВД СССР от 21 августа 1975 года.

5.10. Освещённость рабочего места должна быть в соответствии со строительными нормами СНиП, П-А, 9-71.

6. ПОДГОТОВКА СТЕНДА К РАБОТЕ

6.1. Стенд поставляется заказчику в транспортировочном ящике.

При распаковке проверить комплектность поставки по упаковочному листу.

6.2. При распаковке стенда необходимо освободить комплекты от проволоки, а пеналы - от каркаса стола.

6.3. При установке стенд должен быть выставлен по уровню.

6.4. При установке стенда к нему должно быть силами заказчика подведено напряжение на 12 В и 220 В. Напряжение в 220 В должно быть подведено от сети трёхфазного переменного тока.

6.5. Ознакомиться с конструкцией стенда по настоящему паспорту.

6.6. Лабораторную работу на стенде производить по описанию раздела 7 "Порядок проведения лабораторной работы".

2

№83-85 В/117-21285

СМУ 000.000 ПС

7. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.

7.1. Тарировочные данные тензометрической системы.

Измеритель деформации типа ИД-1 (ИД) определяет приращение деформации, соответствующее ступени нагружения, в виде числа, равного разности отсчётов по цифровому табло ИД при различных уровнях нагрузки.

В случае, если по внешнему полумосту имеется один активный тензорезистор (наладки № 1, № 4, № 7) и коэффициент тензочувствительности тензорезисторов равен двум, то цена α_1 одной единицы дискретности системы равна

$$\alpha_1 = 10 \text{ БОД}$$

Основная погрешность измерения - 2 единицы дискретности.

При коэффициенте тензочувствительности тензорезисторов, не равном двум, цена α_1 единицы дискретности ИД определяется зависимостью

$$\alpha_1 = \frac{20}{K} \text{ БОД,}$$

где K - коэффициент тензочувствительности используемых тензорезисторов.

В случае же, если внешний полумост имеет два активных тензорезистора (наладки № 2 и № 6), то цена единицы дискретности ИД

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_1}{2}$$

При использовании в работах тензорезисторов с неизвестным значением коэффициента тензочувствительности необходимо провести тарировку тензометрической системы, например, путём испытания консольной балки прямоугольного поперечного сечения при прямом изгибе (см. наладку № 6).

Сопоставляя приращение деформации ε балки в точке, где наклеен тензорезистор, с разностью отсчётов Δ по цифровому табло ИД, получим следующую цену α_2' единицы дискретности ИД.

$$\alpha_2' = \frac{\varepsilon}{\Delta}$$

7.2. Примерная методика проведения лабораторных работ.

Перед началом лабораторной работы студент должен быть приведен в состояние в соответствии с описанием лабораторных работ в разд. 4. Студенты должны изучить соответствующие разделы курса сопротивления материалов.

Работа № 1. Испытание на кручение стального образца. Определение модуля сдвига (Наладка № 1).

Цель работы – экспериментальное определение модуля упругости материала при чистом сдвиге.

Порядок выполнения работы.

1. Нагрузить брус предварительной нагрузкой $P_0 = 20$ Н.

($M_0 = 9$ Н м).

2. Сделать отсчет по шкале угломера (индикатора).

3. Нагружать брус ступенями $\Delta P = 50$ Н ($\Delta M_k = 22,5$ Н м).

После каждой ступени нагружения осуществлять отсчеты по шкале угломера. Нагружение закончить, осуществив 4 ступени нагружения.

4. Вычислить среднюю арифметическую разность отсчетов по угломеру в соответствии с числом ступеней нагружения.

5. Вычислить угол закручивания, соответствующий ступени нагружения по формуле:

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta h}{R}, \text{ рад}$$

где Δh – среднее арифметическое разности отсчетов по шкале угломера, R – радиус вылета рычага угломера (мм);

6. Вычислить модуль сдвига по формуле:

$$G = \frac{\Delta M_{кр} \cdot l_0}{\Delta \varphi \cdot J_p}$$

где J_p – полярный момент инерции

$$J_p = \frac{\pi \cdot D^4}{32}$$

САУ 000.000 ПС

D - средний диаметр кольцевого сечения
 δ - толщина стенки.

7. Полученный модуль сдвига должен быть в пределах:

$$G = (0,78 \dots 0,82) 10^5 \text{ МПа.}$$

Работа № 2. Исследование деформированного и напряжённого состояния в стержне при кручении. (Наладка № 1).

Цель работы - экспериментальное определение напряжений и сравнение опытных данных с результатами, подсчитанными по формулам.

Порядок выполнения работы.

1. Записать показания с цифрового табло ИД при отсутствии нагрузки на стержень для тензорезисторов, наклеенных под углом 45° к продольной оси стержня.

2. Произвести последовательное нагружение бруса грузами до уровней $P = 50 \text{ Н}, 100 \text{ Н}, 150 \text{ Н}, 200 \text{ Н}$. На каждом уровне нагрузки сделать отсчёт по ИД для обоих тензорезисторов.

3. Подсчитать среднюю разность отсчётов ΔI и $\Delta 3$ по каждому резистору для $P = 50 \text{ Н}$ ($\Delta I_k = 22,5 \text{ н.м.}$).

4. Определить приращение деформаций ε_1 и ε_3 , соответствующее $\Delta I = 22,5 \text{ н.м.}$

$$\varepsilon_i = \alpha \Delta I_i$$

α - цена единицы дискретности ИД.

5. Определить главные напряжения σ_1 и σ_3 по формулам:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_1 + \mu \varepsilon_3); \quad \sigma_3 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_3 + \mu \varepsilon_1)$$

$E = 0,7 \cdot 10^5 \text{ МПа}, \mu = 0,3.$

(алюминий)

6. Подсчитать величину касательных напряжений τ по формуле:

СМУ 000.000 ПС

Лист
20

$$\tau_{max} = \frac{\Delta M_{\kappa}}{W_{\rho}};$$

где:

$$W_{\rho} = \frac{\pi D^3 \delta}{2}$$

D - средний диаметр кольцевого сечения

δ - толщина кольцевого сечения.

7. Сравнить результаты эксперимента (ϵ_1 и ϵ_3) и теоретического расчёта (τ_{max}).

Работа № 3. Исследование плоского напряжённого состояния методом тензометрии. (Наладка № 1).

Цель работы - экспериментальное определение положения главных осей и главных напряжений, возникающих в стержне при нагружении его изгибными и крутящими моментами.

Порядок выполнения работы.

1. Снять показания с цифрового табло ИД при отсутствии нагрузки на стержень для всех трёх тензорезисторов.

2. Последовательно нагрузить стержень силой, приложенной к концу рычага, до уровней 50 Н, 100 Н, 150 Н, 200 Н. На каждом уровне нагрузки снять показания по ИД для всех тензорезисторов.

3. Подсчитать среднюю разность отсчётов $\Delta U, \Delta V, \Delta t$ по каждому тензорезистору для ступени нагрузки $\Delta P = 50$ Н, где U, t, V - оси, в направлении которых измеряются деформации.

4. Определить положение главных осей формулой:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\Delta t - (\Delta U + \Delta V)}{\Delta V - \Delta U};$$

где α - угол между первой главной осью стержня.

5. Вычислить главные деформации ϵ_1 и ϵ_3 в соответствии с выражением:

$$W_{\rho} = 5 \cdot 81 \text{ мм}^3$$

$$\varepsilon_{1,3} = \alpha_1 \left\{ \frac{\Delta U + \Delta V}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{2} [(\Delta U - \Delta V)^2 + (\Delta V - \Delta t)^2]} \right\};$$

где α_1 - цена единицы дискретности ИД.

6. Подсчитать главные напряжения по формулам обобщенного закона Гука.

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_1 + \mu \varepsilon_3); \quad \sigma_3 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_3 + \mu \varepsilon_1);$$

где: $E = 0,7 \cdot 10^5$ МПа - модуль упругости для стали;

$\mu = 0,3$ - коэффициент Пуассона.

7. Теоретически определить положение главных осей и главные напряжения с помощью формул:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\tau}{\sigma}; \quad \sigma_{1,3} = \frac{\sigma}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2};$$

$$\text{где: } \sigma = \frac{\Delta M_x}{W_x}; \quad \tau = \frac{\Delta M_{xy}}{W_p}; \quad \Delta M_x = \Delta P \cdot l;$$

$$\Delta M_{xy} = \Delta P \cdot a; \quad W_x = \frac{\pi D^4 \delta}{4}; \quad W_p = \frac{\pi D^3 \delta}{2};$$

W_x - осевой момент сопротивления,

W_p - полярный момент сопротивления кручения,

α - угол между осью стержня и первой главной осью,

l - длина стержня от свободного конца до исследуемого сечения,

a - длина рычага,

D - средний диаметр кольцевого сечения,

δ - толщина стенки сечения.

8. Сравнить параметры, найденные в эксперименте, с результатами теоретического расчёта.

Работе № 4. Исследование напряжения деформированного состояния в плоских рамах. (Наладка № 2).

Цель работы - экспериментальное определение перемещения подвижной шарнирной опоры в статически определимой раме. Экспериментальное определение горизонтальной реакции в опорах один раз статически неопределимой рамы, полученной из определимой, путём наложения дополнительной горизонтальной связи на подвижную опору.

Сравнение напряжений, действующих в среднем сечении горизонтального участка статически определимой и неопределимой рам.

Вычисление соответствующих теоретических значений и сопоставление их с экспериментальными данными.

Порядок выполнения работы.

1. На нагрузочном приспособлении установить подвижный груз так, чтобы горизонтальная сила на левую опору рамы не действовала. При этом риска на грузе должна располагаться против нулевой отметки миллиметровой шкалы.

2. Зафиксировать положение левой опоры по индикатору 13, а также снять показания с цифрового табло ИД.

3. Нагрузить раму симметрично силами $P = 20 \text{ Н}$. (Ступень нагружения ΔP , таким образом, будет равна 20 Н).

4. Записать показания с индикатора и ИД.

5. Вычислить перемещение δ_A экон подвижной опоры А рамы, как разность отсчётов по индикатору, и приращение деформации Δ'' , как разность отсчётов по ИД. Деформация Δ'' соответствует ступени нагружения рамы в статически определимом варианте крепления.

6. На нагрузочном приспособлении установить подвижный груз так, чтобы возникавшая горизонтальная сила $T_{\text{эко}}$ переместила подвижную опору рамы в исходное положение и показания индикатора вернулись к показаниям, отмеченным в п.2. Величина $T_{\text{эко}}$ определяется формулой:

$$T_{\text{эко}} = \frac{(Q_1 + Q_2) \cdot l_H}{50}$$

$$G_1 + G_2 = 20H$$

G_1 - вес груза нагрузочного приспособления, G_2 - вес против.
 ℓ_H мм - плечо, измеренное по шкале Ш.

7. Снять показания с цифрового табло ИД.

8. Вычислить приращение деформации Δ'' , соответствующее
 нагружения рамы ΔF , как разность отсчётов по ИД, полученных

$$\Delta'' = \Delta_2' - \Delta_1'$$

Деформация Δ'' соответствует нагружению рамы в статически
 жёстком варианте закрепления.

$$\text{Подсчитать } \Delta^0 / \Delta^{HL}$$

9. Путём теоретического расчёта вычислить параметры, найден-
 ные в эксперименте. Все эти параметры могут быть определены при реше-
 нии статически неопределимой рамы. Таким образом, сме-
 жение соответствует величина δ_{10} , силе $T_{экс} = \lambda_1$ и отно-
 шению Δ^0 / Δ'' - отношению M_x^0 / M_x , где:

коэффициент канонического уравнения перемещений

$$\delta_{10} = \frac{Pa(\ell - a)\ell}{E J_x};$$

горизонтальная реакция в статически неопределимой раме,

$$X_1 = \frac{Pa(\ell - a)}{c(\frac{2}{3}c + \ell)};$$

гибающий момент в среднем сечении горизонтального участка
 неопределимой рамы, $M_x^0 = Pa$,

самое для статически неопределимой рамы,

$$M_x^H = Pa \frac{a + \frac{2}{3}c}{\ell + \frac{2}{3}c};$$

горизонтального участка рамы (600 мм);

вертикального участка рамы (300 мм);

выше от края до точки приложения силы;

86 Л. 1.10.18
 10.10.18

СМУ 000.000 ПС

Лист

24

E - модуль упругости 1 рода;
 J_x - момент инерции поперечного сечения;

$$J_x = b h^3 / 12,$$

b - ширина прямоугольного сечения;
 h - высота сечения.

10. Сопоставить опытные данные с результатами теоретического расчёта.

Работа № 5. Экспериментальная проверка теоремы взаимности работ и принципа взаимности перемещений (Наладка № 2).

Цель работы - опытная проверка теоремы взаимности работ и принципа взаимности перемещений.

Порядок выполнения работы.

Теорема взаимности работ.

1. Установить грузы нагрузочного приспособления таким образом, чтобы момент в подвижной опоре А отсутствовал. (Риска на грузе должна при этом находиться против нулевой отметки миллиметровой шкалы).

2. Снять показания с индикатора, закреплённого на тележке 27 и предназначенного для замера угла поворота в опоре А.

3. Приложить в середине горизонтального участка (сечение В) силу $P = 20$ Н.

4. Вновь записать показания с индикатора, закреплённого на тележке.

5. Подсчитать разность отсчётов ΔA по индикатору и угол поворота $\phi_{AP}^{эксп}$ в подвижной опоре А, вызванный действием силы P

$$\phi_{AP}^{эксп} = \frac{\Delta A}{l_0}$$

где l_0 - длина рычага от опоры до ножки индикатора.

6. Убрать нагрузку P с рамы и снять отсчёт с индикатора, за-

реплённого на индикаторной стойке в сечении В.

7. Сместить грузы нагрузочного приспособления на $\ell_m = 100$ мм вдоль шкалы, что соответствует созданию момента $M = 2$ Нм в подвижной опоре А.

8. Вновь снять показания с индикатора, закреплённого на стойке.

9. Подсчитать разность отсчётов, т.е. прогиб $\delta_{ВМ}^{экс}$ в сечении В, вызванный действием момента.

10. Определить угол поворота ϕ_{AP} по правилу Верещагина

$$\phi_{AP} = \frac{P \ell^2}{16 E J_x}$$

11. В соответствии с равенством

$$P \cdot \delta_{ВМ} = M \cdot \phi_{AP};$$

целяемым теоремой, подсчитать

$$\delta_{ВМ} = 17 \phi_{AP} / P$$

12. Сравнить экспериментальные результаты ($\phi_{AP}^{экс}$, $\delta_{ВМ}^{экс}$) теоретическими (ϕ_{AP} , $\delta_{ВМ}$)

Принцип взаимности перемещений.

1. Установить грузы нагрузочного приспособления таким образом, на опору А горизонтальная сила не действовала.

2. Снять показания с индикатора, закреплённого на стойке в сечении В рамы.

3. Нагрузить раму горизонтальной силой $P = 5$ Н, приложенной в опоре А.

4. Вновь снять показания с индикатора.

5. Вычислить прогиб $\delta_{В}$ в сечении В рамы, как разность показаний индикатора, соответствующую ступени нагружения в 5 Н в опоре А по таблице.

6. Убрать нагрузку в опоре А и снять показания с индикатора, закреплённого на плите.

7. Нагрузить раму вертикальной силой $P = 5H$, приложенной в сечении В.

б. Вновь снять показания с индикатора, закрепленного на пазу

9. Вычислить горизонтальное смещение δ_A в подвижной опоре А, как разность показаний индикатора, соответствующую ступени нагрузки n и $5H$ в сечении В по вертикали.

10. Сопоставить δ_A и δ_B , которые в соответствии с принципом взаимности перемещения должны быть равны.

Работа № 6. Испытание винтовой цилиндрической пружины растяжения (Наглядка № 3).

Цель работы — построение характеристики пружины, экспериментальное определение жесткости K пружины и сопоставление её с теоретической жесткостью.

Порядок выполнения работы.

1. Нагрузить пружину силой P_0 (см. табл.), при которой между витками появляются зазоры и записать отсчет (по миллиметровой шкале или индикатору) определяющих положение нижнего горца пружины.

Таблица

Диаметр: Перемещение: Начальная : Рекомендуемые уровни нагрузки. P, H
 провод : измерения : сила P_0 :
 пружины: : H :

4 по миллиметровой 10 10; 20; 30; 40; 50; 60
 шкале

5 по миллиметровой 50 50; 60; 70; 80; 90
 шкале

6 по индикатору 50 50; 60; 70; 80; 90

2. Последовательно нагрузить пружину до уровней, указанных в таблице. На каждом уровне нагрузки сделать отсчет по шкале или индикатору.

3. Подсчитать удлинение пружины λ , соответствующее каждому значению нагрузки, как разность текущего и первого отсчётов.
4. Подсчитать приращение длины пружины $\Delta\lambda$, соответствующее изменению нагрузки как среднюю разность последующего и предыдущего отсчётов.
5. По данным, определённым в п.3, построить экспериментальную характеристику пружины $P = P(\lambda)$.
6. По данным, определённым в п.4, подсчитать жёсткость пружины $K_{\text{эсп.}}$.

$$K_{\text{эсп.}} = \frac{\Delta P}{\Delta \lambda}$$

7. Подсчитать теоретическую жёсткость K пружины в соответствии с формулой:

$$K = \frac{G d^4}{8 D^3 i}$$

G — модуль сдвига,

d — диаметр проволоки,

D — средний диаметр пружины,

i — число рабочих витков пружины.

8. По жёсткости K построить теоретическую силовую характеристику пружины и сопоставить результаты эксперимента с теорией.

Работа № 7. Опытная проверка теории изгиба (Налатина Т. П.).

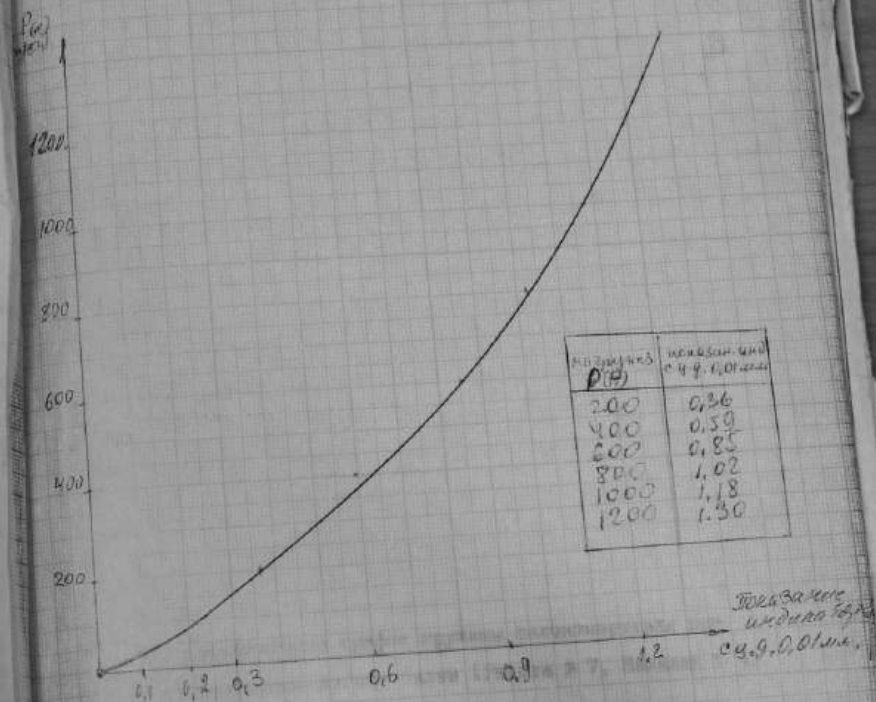
Цель работы — проверка закона распределения нормальных напряжений по высоте балки при чистом изгибе.

Определение главных напряжений в сечении балки при поперечном изгибе.

9. Сопоставление опытных данных с результатами расчёта по формуле сопротивления материалов.

Тарировочный график пружины-шпун-
№ СМЧ. 810. 013 №20

Тарировка выполнена образцовым децимо-
метром 3-разряда типа ДСМ-3-02 №026



Порядок выполнения работ.

Чистый изгиб.

1. Подключить измеритель деформаций к тензорезисторам, находящимся в зоне чистого изгиба.

2. Последовательно нагрузить балку с помощью винтового устройства усилием до уровней 1 кН, 2 кН и 3 кН. Величина усилия контролируется по индикатору динамометра с помощью тарировочного графика. На каждом уровне нагрузки снять показания с ИД для всех тензорезисторов зоны чистого изгиба.

3. Подсчитать среднюю разность отсчётов $\Delta \epsilon$ по каждому тензорезистору для ступени нагрузки $\Delta P = 1 \text{ кН}$.

4. Определить напряжение $\sigma_{\epsilon}^{\text{эксп}}$ для всех точек, в которых установлены тензорезисторы, по формуле:

$$\sigma_{\epsilon}^{\text{эксп}} = E \alpha \Delta \epsilon,$$

α - цена единицы дискретности ИД,

E - модуль упругости материала балки.

5. Вычислить максимальное напряжение $\sigma_{\text{теор}}^{\text{max}}$ в соответствии выражением:

$$\sigma_{\text{теор}}^{\text{max}} = \frac{M_x}{W_x};$$

M_x - внутренний изгибающий момент в поперечном сечении балки,

W_x - момент сопротивления сечения изгибу.

6. По величине $\sigma_{\text{теор}}^{\text{max}}$ построить эпюру нормальных напряжений, возникающих в поперечном сечении. Точками показать на эпюре напряжение $\sigma_{\epsilon}^{\text{эксп}}$, найденное в эксперименте.

7. Оценить совпадение опытных и расчётных данных и линейность изменения напряжений по высоте.

Поперечный изгиб.

8. Подключить ИД к тензорезисторам, находящимся в зоне поперечного изгиба.

9. Последовательно нагрузить балку усилием, принимая значения

1 кН, 2 кН, 3 кН. На каждом уровне нагрузки снять показания с ИД для всех тензорезисторов зоны поперечного изгиба.

10. Подсчитать среднюю разность отсчетов $\Delta \epsilon$ по каждому тензорезистору для ступени нагрузки $\Delta P = 1$ кН. Здесь $i = 1 \dots n$, где n - число тензорезисторов в зоне поперечного изгиба.

11. По данным эксперимента вычислить главные напряжения ϵ_{1j}^3 и ϵ_{2j}^3 для каждой исследуемой точки сечения балки. Здесь $j = 1 \dots k$ где k - число исследуемых точек. Напряжения определяются в соответствии с выражениями:

$$\epsilon_{1j}^3 = \frac{\alpha E}{1-\nu^2} (\Delta 1j + \nu \Delta 2j),$$

$$\epsilon_{2j}^3 = \frac{\alpha E}{1-\nu^2} (\Delta 2j + \nu \Delta 1j),$$

где $\Delta 1j, \Delta 2j$ - главные деформации в j -ой точке сечения, выраженные в единицах дискретности ИД и определяемые по значениям $\Delta \epsilon$ в этой точке,

ν - коэффициент Пуассона.

12. Определять теоретическое значение главных напряжений ϵ_{1j}^T и ϵ_{2j}^T для всех исследуемых точек сечения по формулам:

$$\epsilon_{1,2j}^T = \frac{\epsilon_j}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\epsilon_j^2 + 4\tau_j^2},$$

$$\epsilon_j = \frac{m_x \cdot y_j}{J_x}; \quad \tau_j = \frac{Q_y \cdot S_{xj}}{J_x \cdot b_j}$$

где ϵ_j и τ_j - нормальное и касательное напряжения в j -ой точке поперечного сечения, y_j - координата j -ой точки относительно нейтрального слоя, J_x - момент инерции сечения относительно нейтральной оси x , S_{xj} - статический момент части сечения, расположенного выше уровня j -ой точки относительно оси x , b_j - ширина сечения на уровне j -ой точки.

13. Сравнить значения главных напряжений, найденных из опыта и подсчитанных по формулам сопротивления материалов.

Работа № 8. Определение перемещений в балке при изгибе.
(Наладка № 5).

Цель работы - определение опытным путём прогибов и углов поворота сечения балки и сравнение их с теоретическими значениями.

Порядок выполнения работы.

1. В заданном сечении К балки установить серию 0 подвесок.
2. Снять показания с индикаторов.
3. Нагрузить балку силой в 30 - 40 Н и снова снять показания индикаторов.

4. Подсчитать разности отсчётов по индикаторам, соответствующим приращению силы в 30 Н (или 40 Н).

5. По разностям отсчёта определить вертикальное смещение y_K^2 сечения К (Б-Б) и угол поворота φ^2 опорного сечения В, соответствующим приращению силы ΔP .

6. Вычислить теоретические значения прогиба y_K^T сечения К и угла поворота φ_B^T сечения В при нагрузке, равной ΔP .

Для балки, нагруженной посередине между шарнирными опорами, смещение точки К приложения силы и угол поворота правого опорного сечения В определяются в соответствии с выражениями:

$$y_K^T = \frac{\Delta P l^3}{48 E J_K}; \quad \varphi_B^T = \frac{\Delta P l^2}{16 E J_K};$$

l - длина балки между опорами, E - модуль упругости материала, J_K - момент инерции сечения балки.

7. Сравнить действительные прогибы и углы поворота с перемещениями, подсчитанными с помощью формул.

Работа № 9. Опытная проверка величины опорной реакции статически неопределимой балки. (Наладка № 5).

Цель работы - определение опытным путём величины опорной реакции в статически неопределимой балке и сравнение её с теоретическим значением.

Порядок выполнения работы.

1. Снять показания с индикатора, установленного на место предполагаемого размещения промежуточной опоры.

2. В крайнем левом сечении консольного участка балки приложить нагрузку $P = 20 - 40$ Н.

3. В месте установки индикатора приложить дополнительную нагрузку, величина и направление которой должны обеспечить возврат балки в исходное состояние и показания индикатора, соответствующие п.1.

Величина нагрузки в этом случае равна величине опорной реакции R в неразрезной балке.

4. Подсчитать величину дополнительной нагрузки R^3 , измерив смещение ℓ_n груза в нагрузочном приспособлении, по формуле

$$R^3 = \ell_n \quad (\text{при } \ell = 20 \text{ мм}),$$

где R^3 измеряется в Ньютонах, ℓ_n - миллиметрах.

5. Вычислить теоретическое значение опорной реакции R^T . Для шарнирно опертой балки, имеющей консольный участок длиной a , реакция в промежуточной опоре, расположенной посередине пролёта ℓ балки, определяется выражением:

$$R^T = 3P \frac{a}{\ell}$$

6. Сопоставить действительное значение реакции и величину R , найденную по формуле.

Работа № 10. Испытание стержня на кривой изгиб. (Нагрузка № 6).

Цель работы - определение напряжений в точке контрольного сечения и перемещений, возникающих в балке при кривом изгибе и сопоставление полученных параметров с расчётными.

Порядок проведения работы.

1. Снять показания с цифрового табло ИД по обоим тензорам для начальной нагрузки, создаваемой подвеской.

2. Снять показания с индикаторов для той же нагрузки.

3. Последовательно нагрузить балку силой 10 Н, 20 Н и 30 Н.

На каждом уровне нагрузки снять показания с табло ИД по обоим тензорам и с индикаторов.

СИУ 000.000 ПС

4. Для приложения нагрузки $\Delta P = 10$ Н подсчитать приращение деформаций Δ^1 и Δ^2 в точках "1" и "2", как среднюю разность соответствующих отсчетов по ИД.

5. Для того же значения ΔP определить перемещения δ_x^2 и δ_y^2 свободного конца балки соответственно в направлении осей x и y , как среднюю разность отсчетов по каждому индикатору.

6. Вычислить напряжения σ_c^2 в опасной угловой точке C контрольного сечения в соответствии с выражением:

$$\sigma_c^2 = E \alpha (\Delta^1 + \Delta^2)$$

E — модуль упругости материала балки,

α — цена единицы дискретности ИД.

7. Подсчитать напряжение σ_c^T в точке C , пользуясь формулой:

$$\sigma_c^T = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

M_x и M_y — приращения внутренних изгибающих моментов в контрольном сечении (где наклеены тензорезисторы) относительно центральных осей x и y . W_x и W_y — моменты сопротивления сечения изгибу относительно осей x и y .

8. Подсчитать перемещения δ_x^T и δ_y^T свободного конца балки в соответствии с выражениями:

$$\delta_x^T = \frac{\Delta P \sin \varphi l^3}{3 E J_y}; \quad \delta_y^T = \frac{\Delta P \cos \varphi l^3}{3 E J_x};$$

φ — угол между вертикалью и осью y ,

l — длина балки,

J_x и J_y — моменты инерции сечения относительно осей x и y .

9. Сопоставить действительные напряжения σ_c^2 и перемещения δ_x^2, δ_y^2 с результатами соответствующих теоретических расчетов.

Работа № II. Испытание ~~жесткого~~ стержня открытого профиля на изгиб и кручение. (Нагрузка В 7).

Цель работы - экспериментальная проверка положения центра изгиба сечения; проверка закона распределения секторных нормальных напряжений при стесненном кручении.

Порядок выполнения работы.

1. Нагрузить стержень силой $F = 10 \text{ Н}$.
2. Определить положение центра изгиба, α , т.е. найти такое положение груза при его смещении вдоль направляющей, при котором стержень не будет закручиваться. В этом случае индикаторы отметят одинаковые смещения виза концов направляющей.

3. Снять показания с цифрового табло ИД по всем тензорезисторам при $F = 10 \text{ Н}$ и совпадении точки приложения силы с центром изгиба.

4. Нагрузить стержень силой $P = 60 \text{ Н}$ и снова снять показания с ИД по всем тензорезисторам.

5. Подсчитать приращение $\epsilon_{\text{изгиб}}^{\text{изг}}$ чисто изгибных напряжений для каждого i -го тензорезистора, соответствующее ступени ΔF нагружения 50 Н , согласно равенству:

$$\epsilon_{\text{изгиб}}^{\text{изг}} = E \cdot \alpha \cdot \Delta \text{ИД}_i$$

где: E - модуль упругости материала стержня, α - цена единицы дискретности ИД, $\Delta \text{ИД}_i$ - разность отсчетов по ИД для ступени ΔF нагружения при условии, что сила приложена в центре изгиба.

6. Сместить точку приложения нагрузки на расстояние "с" от центра изгиба и нагрузить стержень силой $P = 10 \text{ Н}$.

7. Снять показания с ИД по всем тензорезисторам.

8. Нагрузить стержень силой $P = 60 \text{ Н}$ и опять снять показания с ИД для всех тензорезисторов.

9. Подсчитать приращение напряжений $\epsilon_i^{\text{изг}}$ для каждого i -го тензорезистора, соответствующее $\Delta P = 50 \text{ Н}$ согласно равенству

$$\epsilon_i^{\text{изг}} = E \cdot \alpha \cdot \Delta \text{ИД}_i$$

$\Delta \epsilon$ - разность отсчётов по ИД при $\Delta P = 50$ Н для случая, когда точка приложения силы смещена на расстояние "с" от центра изгиба.

10. Подсчитать приращение $\epsilon_{\omega i}$ напряжений, вызванных действием стеснённого кручения, для каждой i -ой точки по формуле:

$$\epsilon_{\omega i}^{\partial} = \epsilon_{\epsilon i}^{\partial} - \epsilon_{\eta i}^{\partial}$$

11. Определить напряжения $\epsilon_{\omega i}^{\tau}$, возникающие в каждой i -ой точке под действием стеснённого кручения для $P = 50$ Н в соответствии выражением:

$$\epsilon_{\omega} = \frac{B_{\omega} \cdot \omega}{J_{\omega}}$$

B_{ω} - бинмомент, J_{ω} - секториальный момент инерции, ω - секторальная площадь.

12. Сопоставить действительные напряжения $\epsilon_{\omega i}^{\partial}$ с соответствующими напряжениями, подсчитанными по формуле.

Работа № 12. Исследование явления потери устойчивости сжатого стержня в упругой стадии. (Наладка № 2).

Цель работы - исследование явления потери устойчивости стальных сжатых стержней в упругой стадии; определение экспериментальных значений критических нагрузок и сравнение их с теоретическими, подсчитанными по формуле Эйлера, при разных способах закрепления стержня.

Порядок выполнения работы.

1. Осуществить один из следующих вариантов закрепления балки:

а) шарнирная связь по обеим сторонам балки,

б) шарнирная связь с одной стороны балки, с другой - жёсткое закрепление,

в) жёсткое закрепление с обеих сторон балки,

г) шарнирная связь с обеих сторон балки и в центре между опорами.

2. Произвести нагружение балки силой $P_{кр}$ винтовым механизмом.

СМУ 000.000 ПС

Лист
36

делить по индикатору динамометра с помощью тарировочного графика. Снять показания δ_i с индикатора прогиба при каждом уровне N_i на грузки.

4. Определить прогиб балки $y_i^3 = \delta_i - \delta_0$ для каждого уровня силы N_i

5. Вычислить теоретическую величину прогиба $y_{\text{т}}$ балки, вызван ного действием только поперечной силы Q , согласно зависимости

$$y_{\text{т}} = \frac{Q L^3}{48 E J_{\text{min}}}$$

где L — длина балки, E — модуль упругости материала балки, J_{min} — момент инерции сечения относительно оси с минимальной жесткостью.

6. Подсчитать теоретическую величину прогиба $y_i^{\text{т}}$ балки от со- местного действия продольной и поперечной силы на каждом уровне N_i нагрузки по формулам:

$$y_i^{\text{т}} = \frac{y_{\text{т}}}{1 - \frac{N_i}{P_{\text{кр}}^{\text{т}}}}; \quad P_{\text{кр}}^{\text{т}} = \frac{\pi^2 E J_{\text{min}}}{(\mu L)^2}$$

где μ — коэффициент приведения длины.

7. Построить график изменения прогиба $y^{\text{т}}$ в зависимости от ве- щины N , здесь же нанести точки, соответствующие значениям $y_i^{\text{т}}$, выданным из эксперимента.

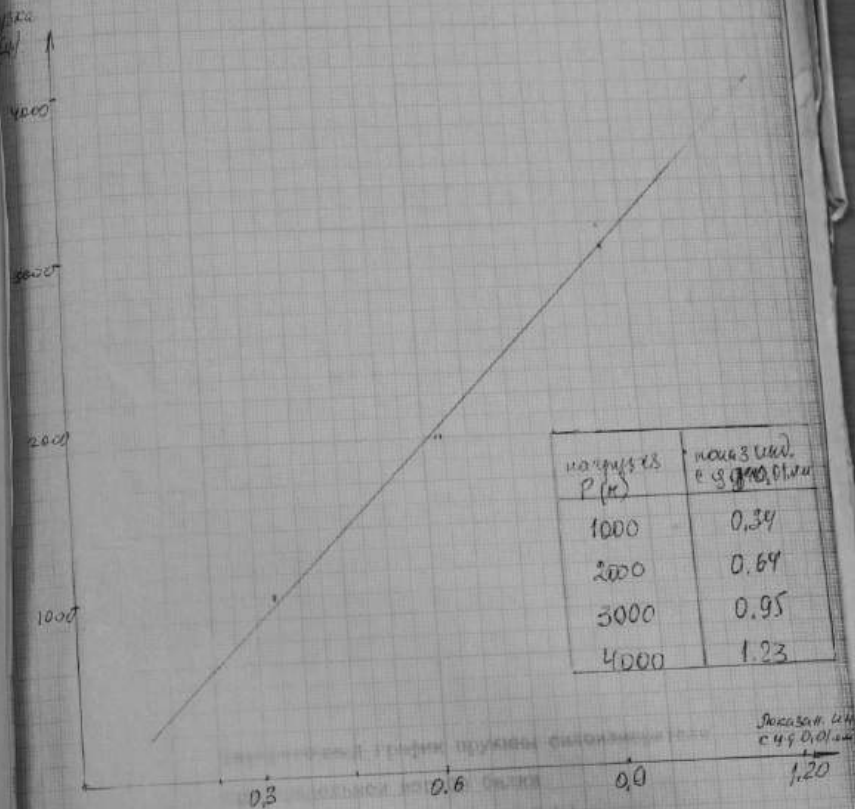
8. На основании опытных данных определить приближенное значе- ние критической силы $P_{\text{кр}}^{\text{э}}$ по формуле:

$$P_{\text{кр}}^{\text{э}} = \frac{N_i}{1 - \frac{\delta_0}{y_i^3}}$$

9. Построить график изменения величины δ_0 / y_i^3 в зависи- мости от продольной силы N_i и аппроксимируя экспериментальные точки прямой найти значение критической силы $P_{\text{кр}}^{\text{э}}$, как ось пересечения

Тарировочный график пружины-каргольца
СПЧ. 430. 000. № 20

Тарировка произведена с усилием от 100 до 4000
образцовый диаметр стержня 3^{го} разряда
тип Фоси 3-1 № 92



Сила пружины № 13
 0,001 0,002 0,003 0,004 0,005 0,006 0,007 0,008 0,009 0,010

Сила пружины № 13
 0,001 0,002 0,003 0,004 0,005 0,006 0,007 0,008 0,009 0,010

Сила пружины № 13	Сила пружины № 13
0,001	0,001
0,002	0,002
0,003	0,003
0,004	0,004
0,005	0,005
0,006	0,006
0,007	0,007
0,008	0,008
0,009	0,009
0,010	0,010

Сила пружины № 13

0,001 0,002 0,003 0,004 0,005 0,006 0,007 0,008 0,009 0,010

Тарировочный график пружины силоизмерителя
 при продольном изгибе балки
 (Работы № 12, 13. Настройка № 8).

СМУ 000 000 ПС

Лист
 39

точки пересечения этой прямой с осью N_2
10. Сопоставить действительные значения протирок δ_1 и критической силы $P^*_{кр}$ с соответствующими величинами, полученными в расчёте.

6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

6.1. Техническое обслуживание стенда сводится к уходу за ним с целью его сохранности.

6.2. Необходимо периодически осматривать и подтягивать (не реже 1 раза в неделю) болтовые соединения стенда.

6.3. Необходимо систематически следить за уровнем поверхности пола стенда.

6.4. При открытии дверей стенда и выдвижении пеналов необходимо проверить надёжность крепления опорных стоек и ограничителей. При необходимости подтянуть гайки опорных стоек.

6.5. Необходимо систематически смотреть за исправностью электропроводки. Следить за надёжностью заземления. Не допускать наличия оголённых проводов.

6.6. При проведении лабораторных работ необходимо систематически следить за тем, чтобы функциональные элементы (опорные и измерительные стойки, образцы, приборы, грузы, крепёжные изделия и т.д.) складывались и хранились в пеналах в строго определённых для них местах.

6.7. Периодичность профилактических ремонтов устанавливается в зависимости от условий работы стенда, но не реже одного раза в год.

6.8. При ремонтах, демонтированные узлы и ответственные детали должны храниться на специальных мягких подкладках.

9. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕОДНОЗНАЧНОСТИ И МЕТОДЫ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

Перечень наиболее часто встречающихся или возможных неисправ-
ностей приведен в таблице

1	2	3	4
Пеналы с большим усилием выкачиваются на раскрытие и зафиксированные под углом 90° двери	Разрегулирующие	Снять пеналы с полозьями со стенда. Отрегулировать направление по высоте и по направлению обжать гайки.	
Замки плохо фиксируют двери стенда	Ослабили пружины	Разобрать замки. Отрегулировать усилие пружины	
Боковые столешницы не четко фиксируются в рабочем положении	Ослабили пружины фиксаторов	Разобрать фиксаторы. Отрегулировать усилие пружин	
Плохо зафиксирован индикатор	Винт не фиксирует клемму держа. еля	Поставить индикатор на место, зажав винтом	
Затирают подкатные опоры наладон	Неправильная сборка. Попадание пыли	Отрегулировать положение подвижных опор. Протереть поверхность от пыли и грязи	
Затирают подшипниковые шарниры	Попадание пыли	Разобрать подшипниковые узлы, промыть керосином, снова собрать	
Проворачивается образец при испытании на кручение	Ослаб тангенциальный зажим	Разобрать зажим, обточить. Собрать зажим с большим усилием на рукоятке	

CMY 000.000.000

45

11. ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА.

11.1. Предприятие - изготовитель гарантирует нормальную работу и соответствие требованиям технических условий "Стены универсального для проведения лабораторных работ по курсу "Сопротивление материалов" "СУ" в течение 12 месяцев со дня ввода его в эксплуатацию.

11.2. Стена, в котором в течение гарантийного срока обнаруживается несоответствие требованиям технических условий, безвозмездно ремонтируется предприятием-изготовителем, при условии соблюдения правил транспортирования, хранения и эксплуатации.

11.3. Гарантии не распространяются на покупные детали, гарантийный срок которых меньше 12 месяцев.

12. СВЕДЕНИЯ О РЕКЛАМАЦИИ.

12.1. Оформленные акты рекламации должны направляться заводу-изготовителю по адресу 2-0039, Озель, Свердловск 112
ИР СиВ Индустри СЗР, Союзприбор

12.2. Копия акта рекламации должна направляться по адресу:
111024, Москва, ул.3-я Кабельная 1, ВНИИ "Союзприбор". Отдел испытаний.

13. СВИДЕТЕЛЬСТВО О КОНСЕРВАЦИИ

Стенд универсальный для проведения лабораторных работ по курсу
«Противопожарные материалы СМУ», заводской номер 110
издан на ФСБ Минвосточсибирского округа

(наименование предприятия, производящего консервацию)
консервации согласно требованиям, предусмотренным техническими усло-
виями 1У 40

Дата консервации 11.06

Срок консервации

Консервацию произвел (подпись)

МП



Стенд после консервации принят

(подпись)

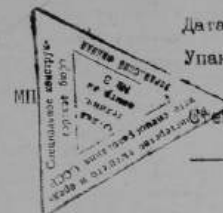
СМУ 000.000 ПС

Лист
44

14. СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ УПАКОВКЕ.

Стенд универсальный для проведения лабораторных работ по курсу
 "Сопротивление материалов СМУ", заводской номер 0000
 упакован на ДПК-1, ДПК-2, ДПК-3, ДПК-4, ДПК-5
 (наименование предприятия, производящего упаковку)

в соответствии с требованиями, предусмотренными конструкторской документацией.



Дата упаковки 10.06.88

Упаковку производил И.И.И.
 (подпись)

Стенд после упаковки принял

(подпись)

СМУ 000 000 ПС

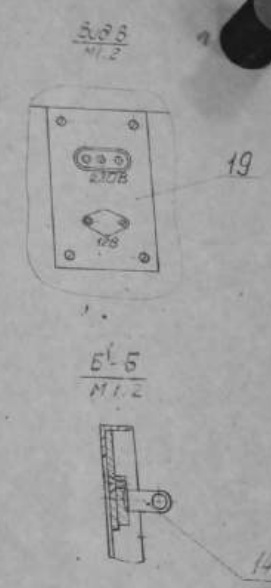
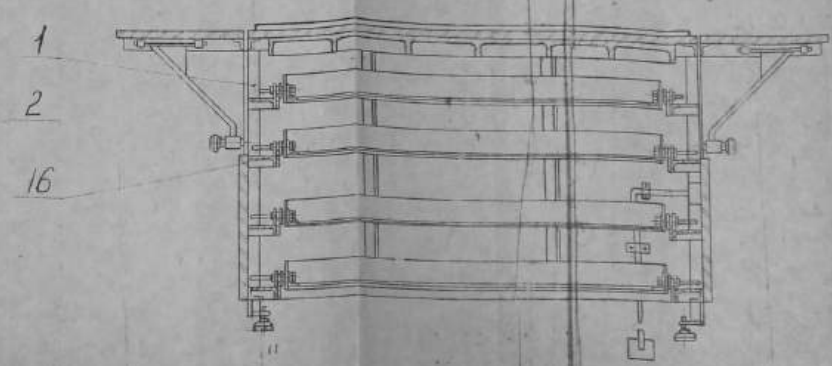
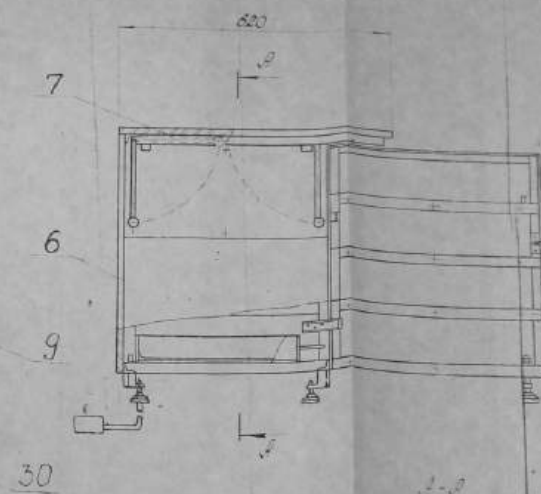
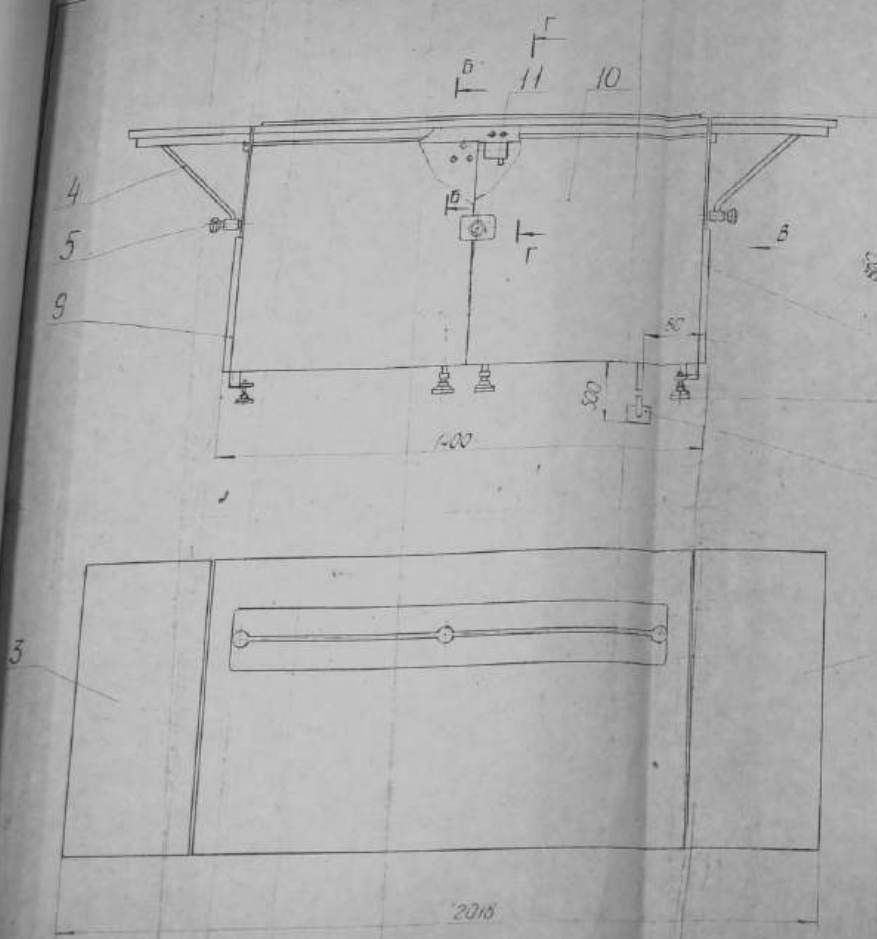
Лист

45

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Наименование	Обозначения	Сборочные единицы комплексов		Масса в 1 шт.	Масса в изд.	Примечание
		коллич.	коллич. в изд.			
<u>Лист</u>						
Лист ДПРМО. 7МДМ63	ГОСТ 931-78	СМУ 000.000			0,2 кг	
		Комплекты			0,1 кг	
				Итого: 0,3 кг		
<u>Лист</u>						
Лист ДПРМ1. СМДМ63	ГОСТ 931-78	СМУ 214.000	I	I	0,05	
		СМУ 220.000	I	I	0,05	
				Итого: 0,1 кг		
<u>Сила алюминиевый</u>						
АК7М2 (АМ14Б)	ГОСТ 2685-75	Комплекты			3,7кг	
<u>Труба круглая</u>						
ЭС x 3 Д16Т	СТ 18475-73	СМУ 110.000	I	I	0,4 кг	
Лист Д16 А1-2	ГОСТ 21631-76	СМУ 410.000	I	I	1,5 кг	

Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СМУ 000.000 ИС	Знач
07-86	043	008			65
Контроль					Фот. 11



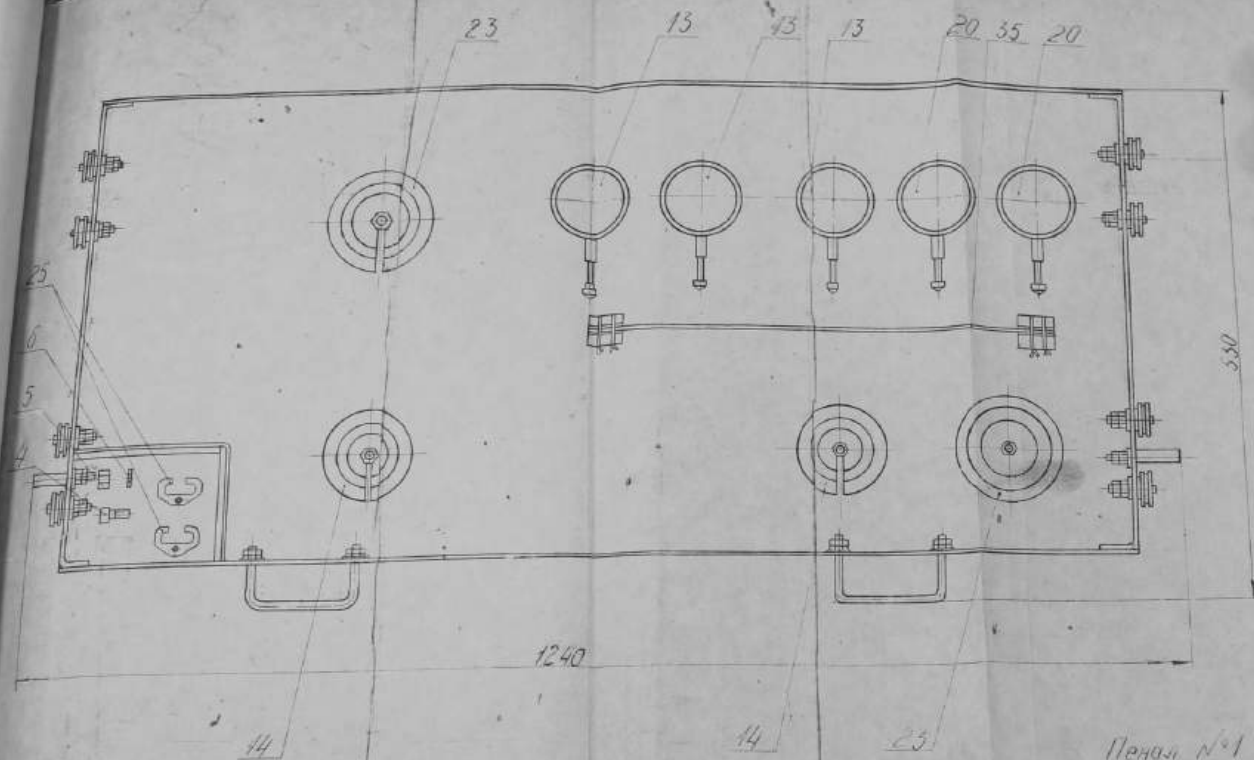
Общий вид 'стенда'
Рис. 1

1	27-86	Вариант	4028
2	19025	Вариант	4028
3	19025	Вариант	4028
4	19025	Вариант	4028

Копировал

СМУ 000 000/70

Формат А4х3



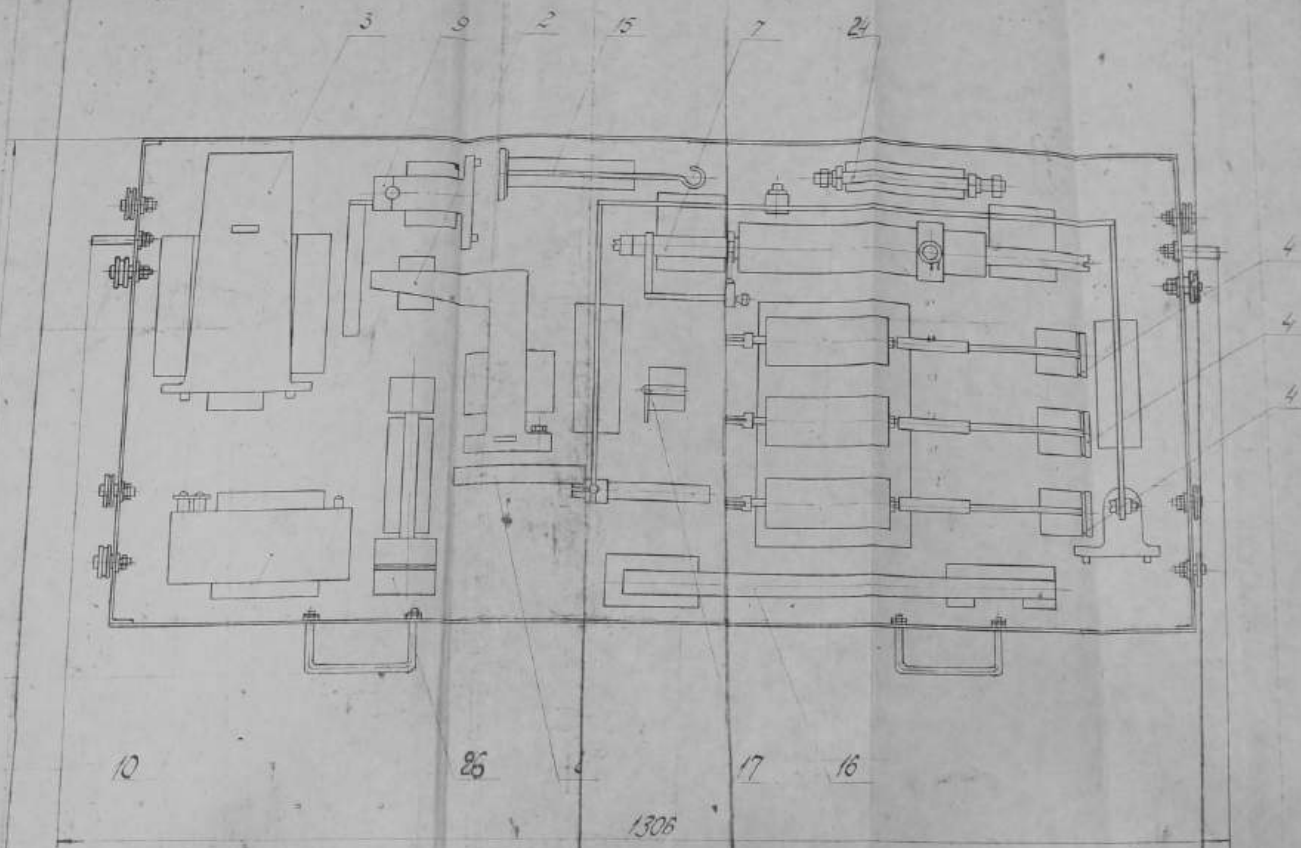
Печать №1
Рис. 2

1	2-86	Вал	Вал
2	2-86	Палец	Палец

СМУ 000 000 000

СМУ 000 000 000

530



Ленон №2

Рис. 3

4	27-36	Рис. 18921
Вид	А. Н. Н. Н. Н.	100-11-8

СМУ 000 00000

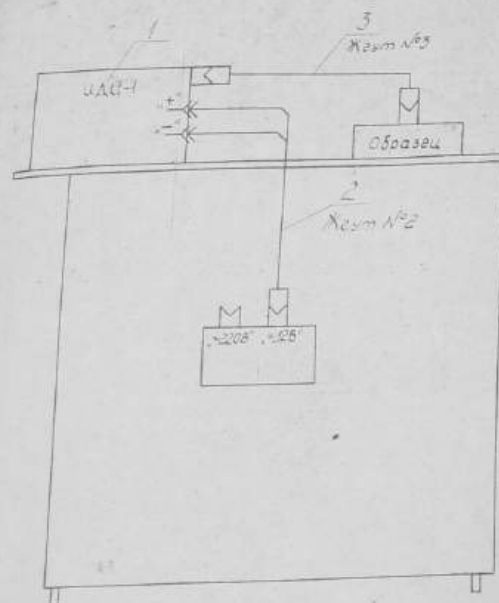
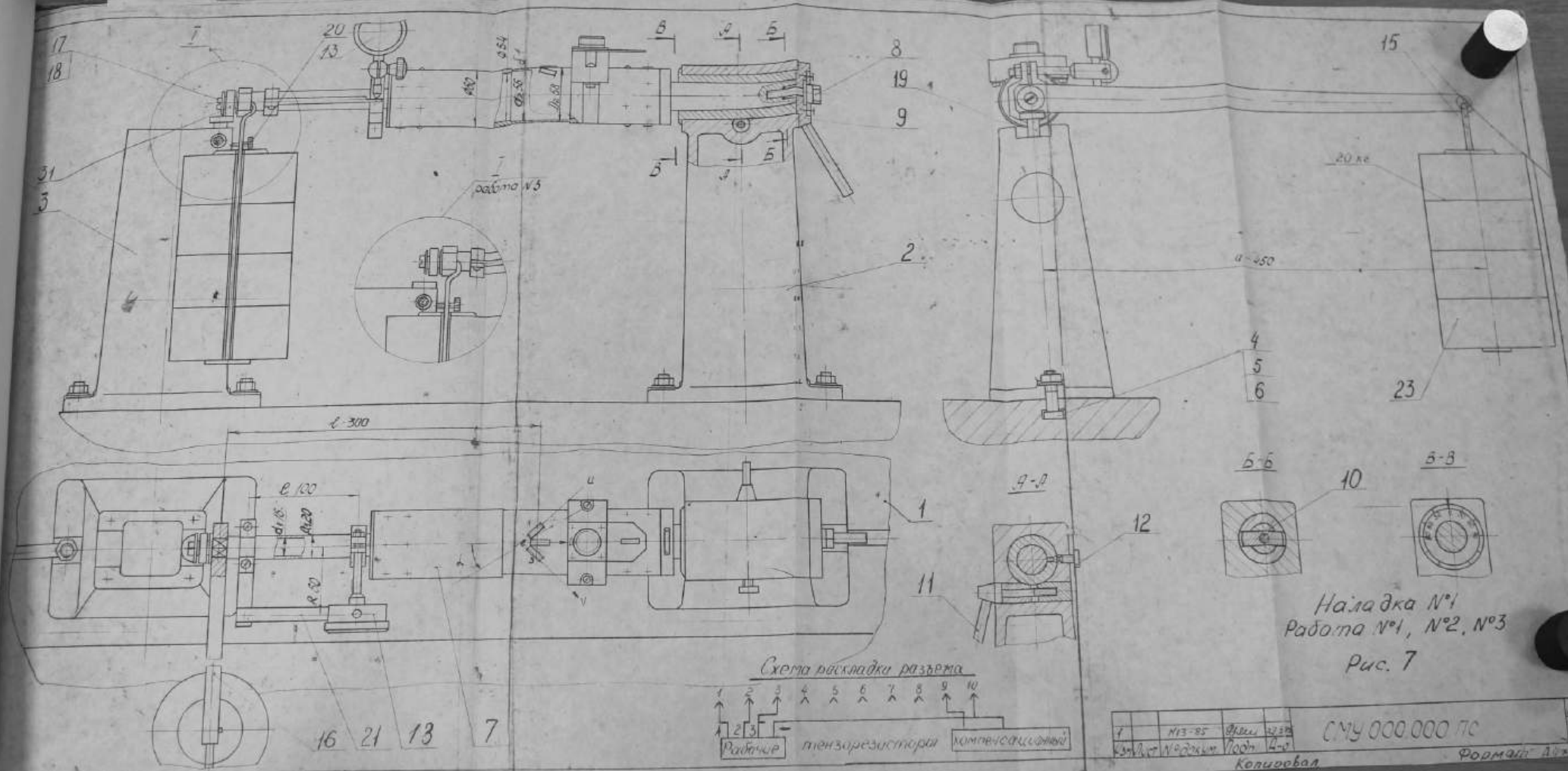


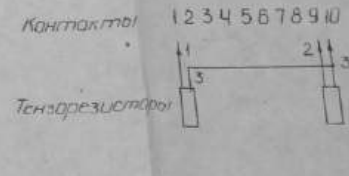
Схема подключения измерения деформации
типа ИДЦ - 1

Рис. 6



Настройка №1
Работа №1, №2, №3
Рис. 7

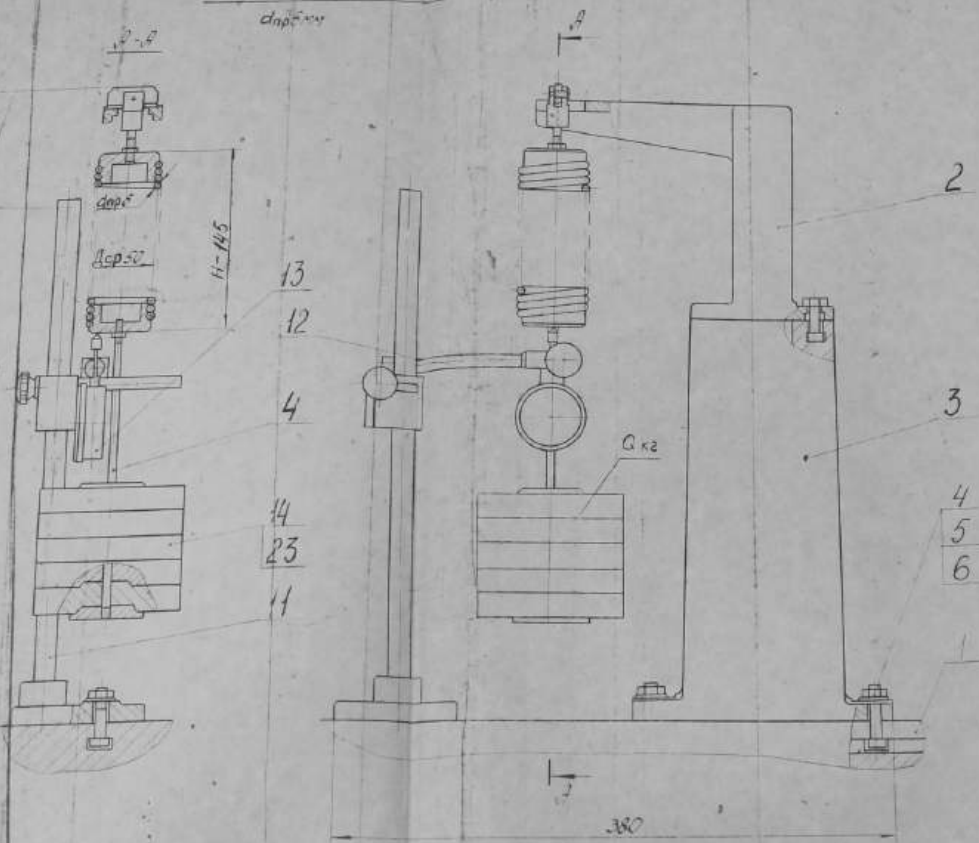
1	№1-85	Фиг. 1	12-85	СМУ 000.000 ПС	52
2	№2-85	Фиг. 2	12-85	Копировал	Формат А4



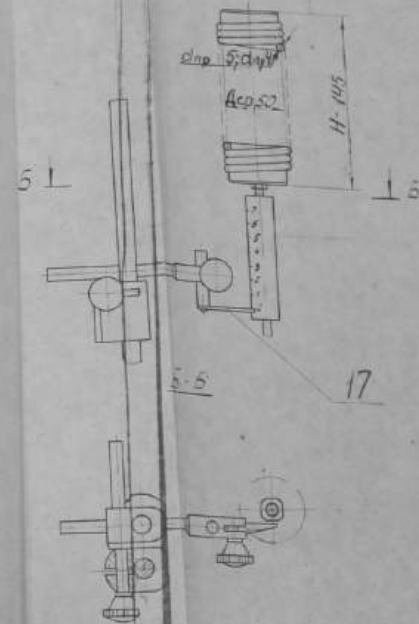
Наладка №2
Работа №4
Рис. 8

1	113-85	Формат 293H	СТУ 000.000ЛС	53
Кол-во	шт	2000	Формат А4х3	
Копировал				

Настройка с пружиной
длиной

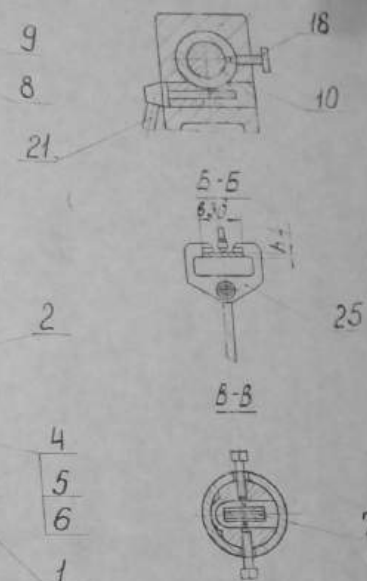
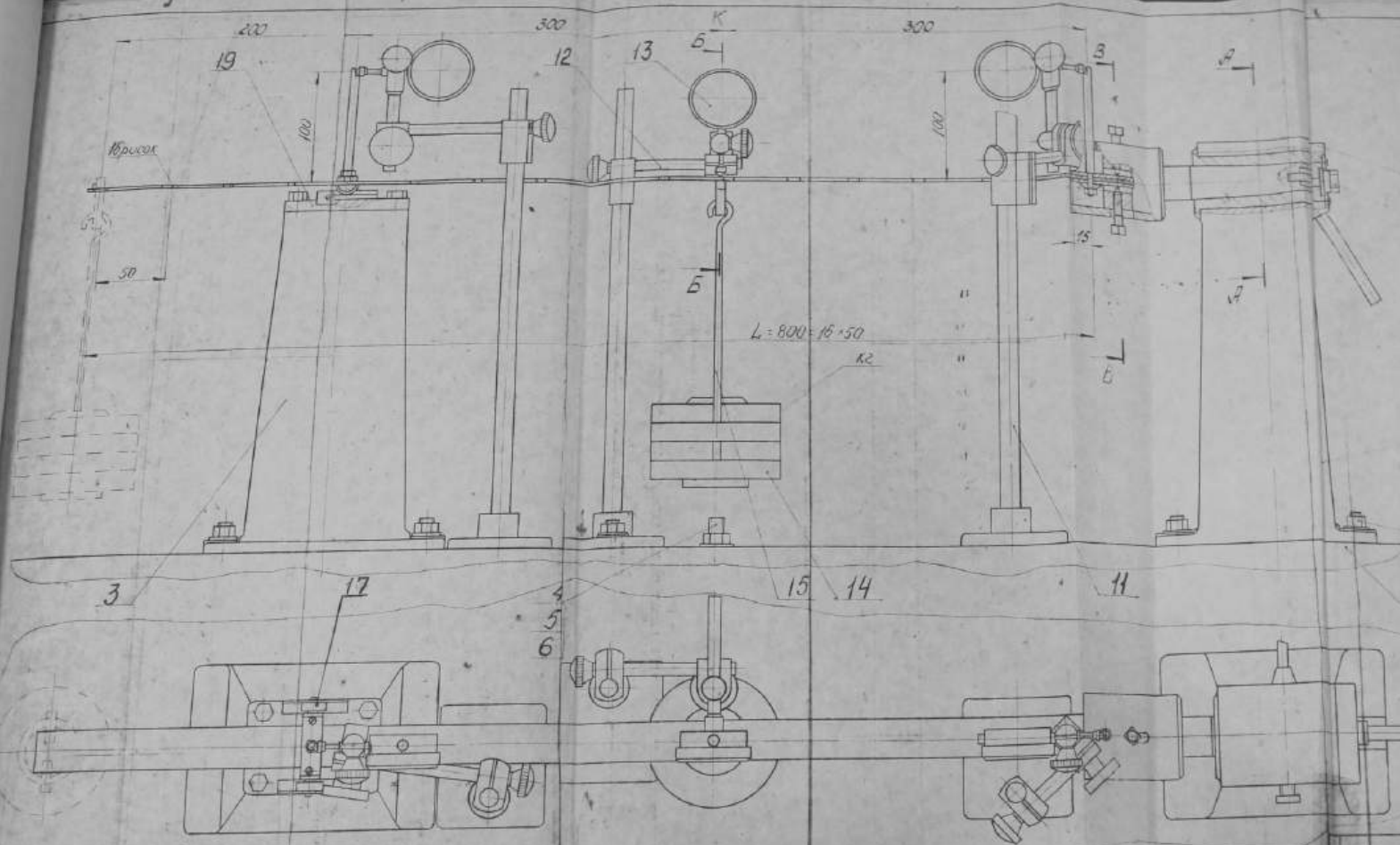


Настройка с
пружиной длиной

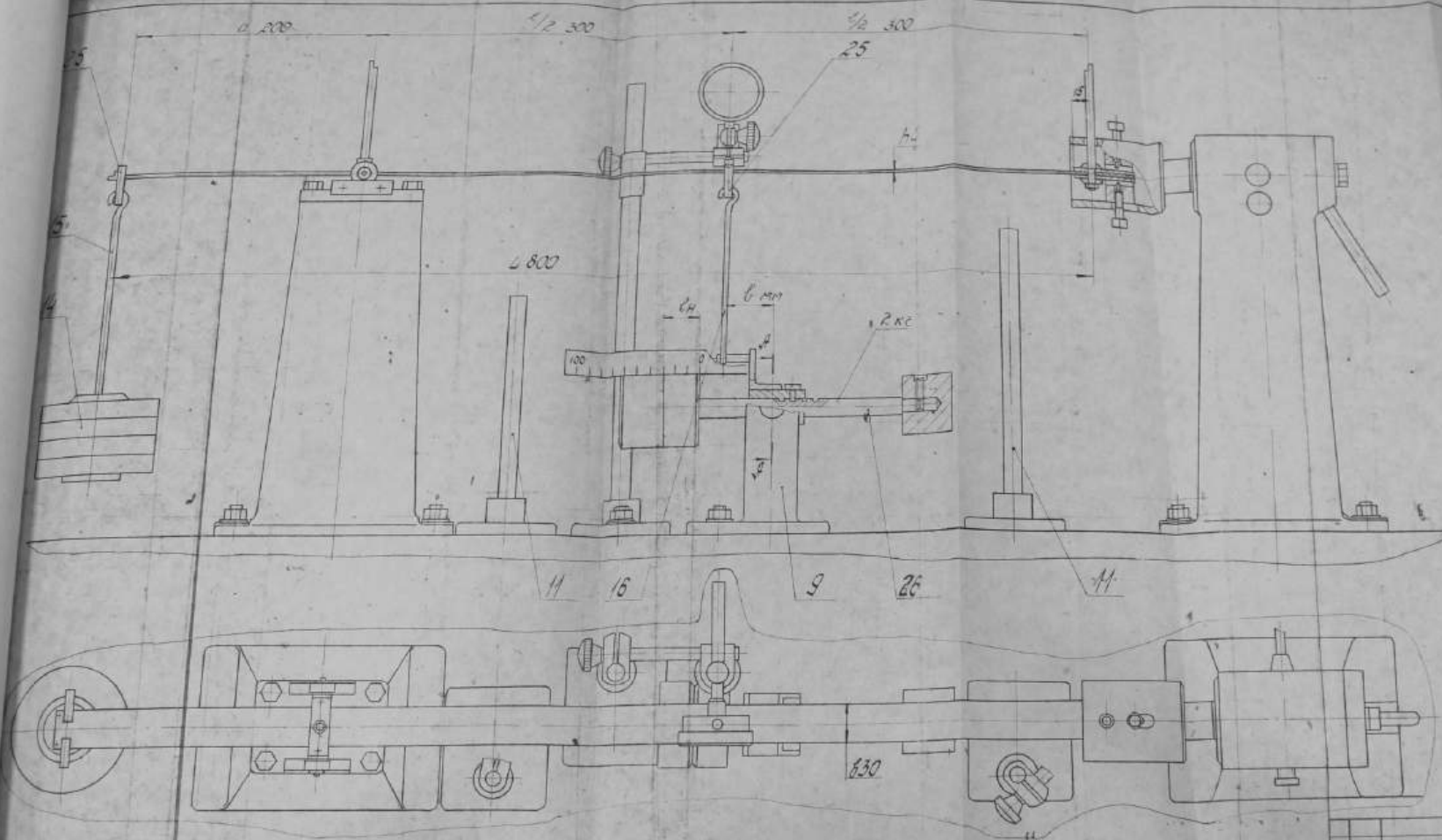


Настройка №3
Работа №6
Рис. 10

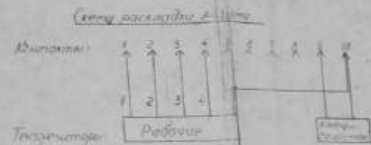
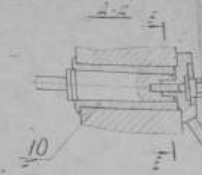
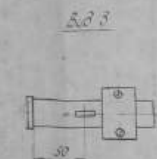
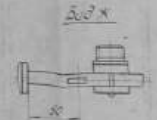
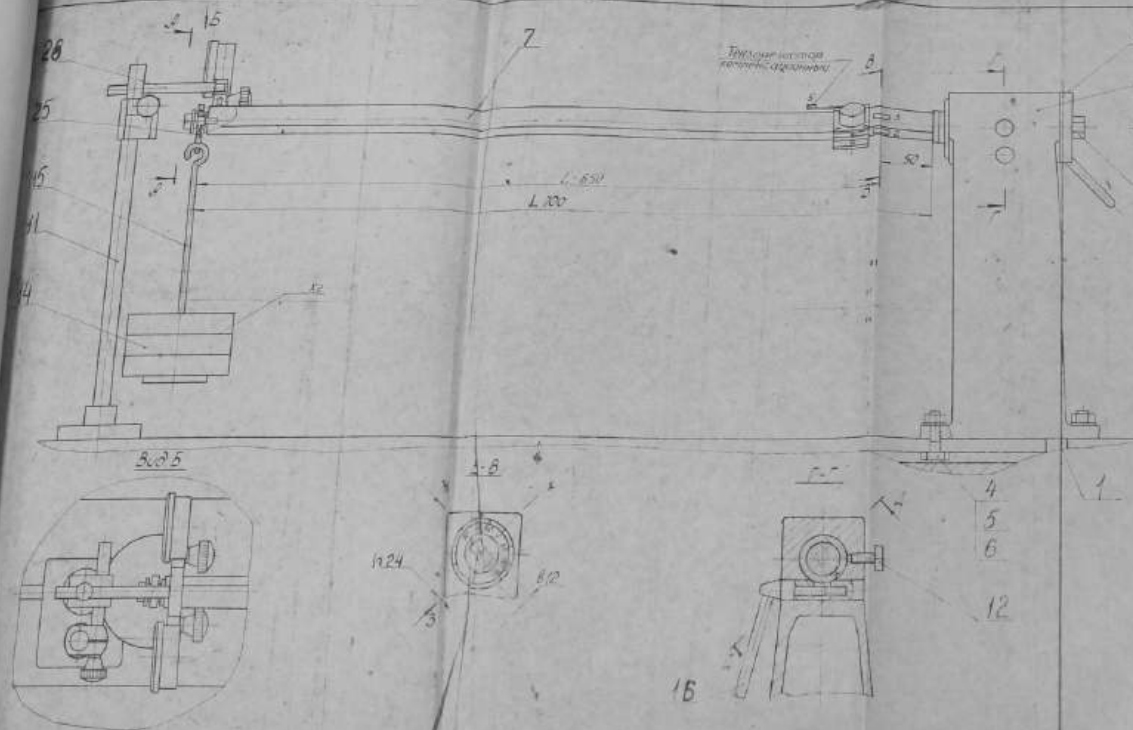
27-8	Владимир	СМУ ООО ООО ПС	55
27-8	Владимир	СМУ ООО ООО ПС	55
27-8	Владимир	СМУ ООО ООО ПС	55



Наладка №5
Работа №8
Рис 12

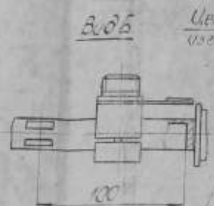
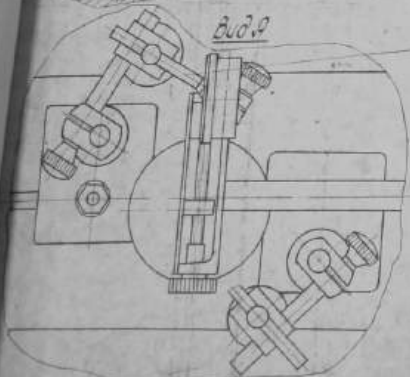
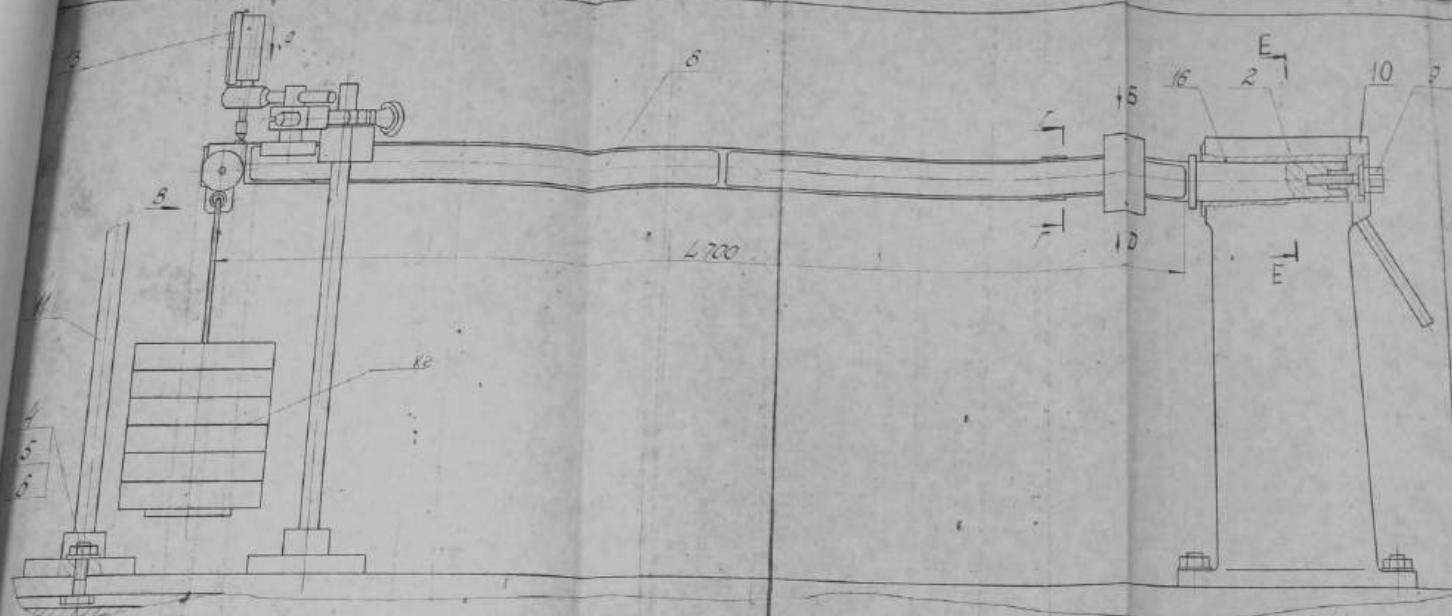


Настройка №5
Работа №9
Рис. 13



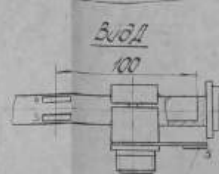
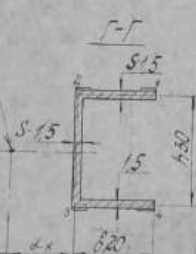
Наладка №6
Работа №10
Рис. 14

СМ 000 000 00
КРФ 000 000 00
КРФ 000 000 00



Точка приложения
силы Р

Центр
оследа



Тензорезистор,
компенсационный

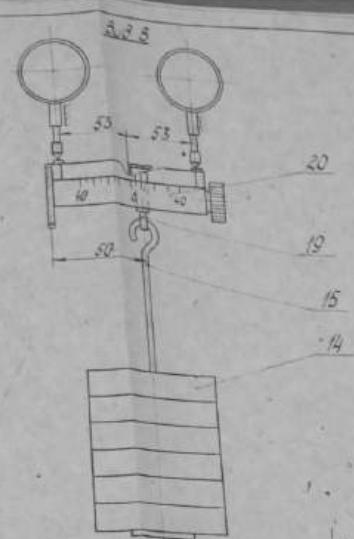
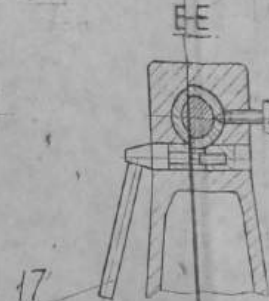
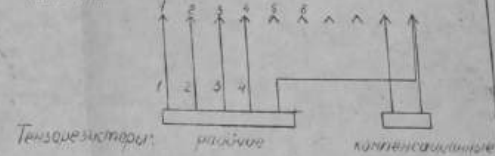


Схема раскладки
контактов



Настройка №7

Работа №11

Рис. 15

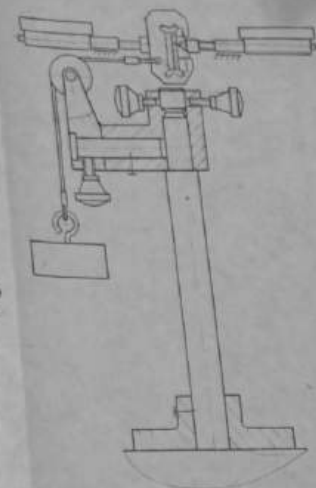
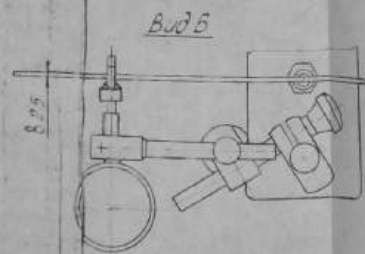
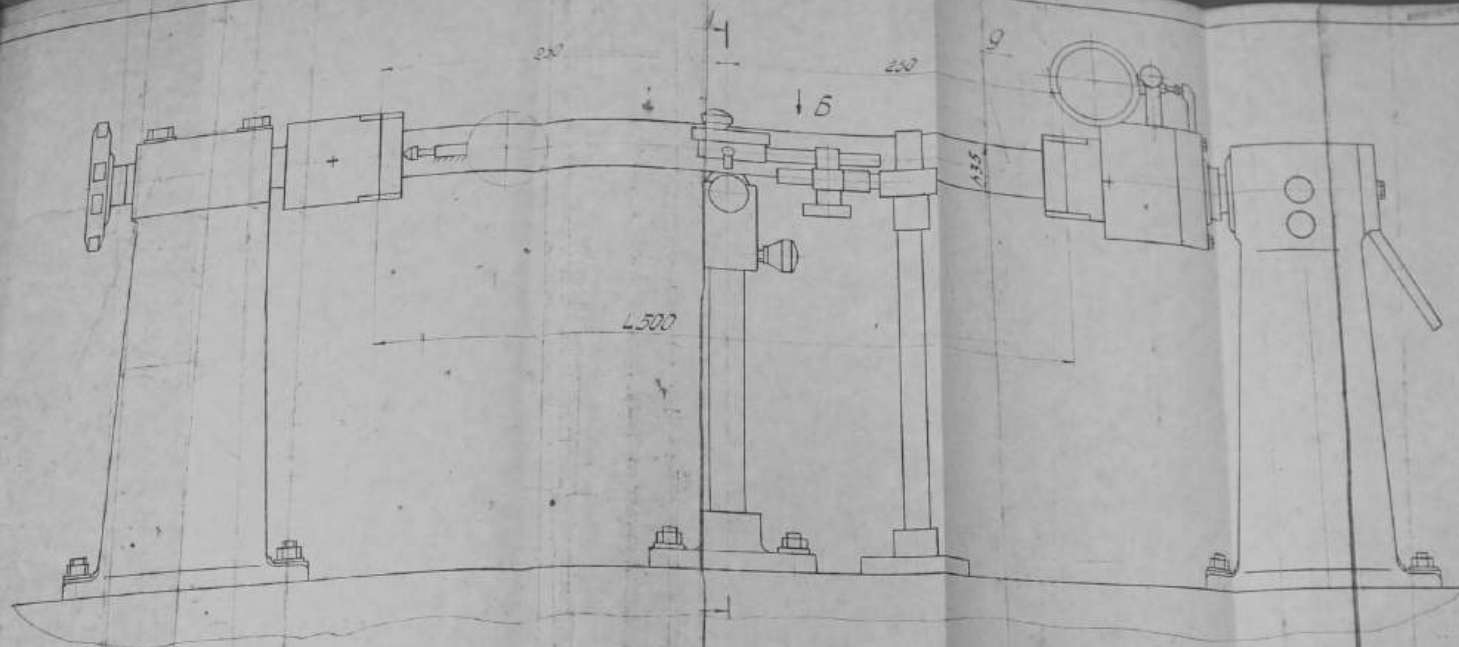
Изд. 1984 г. 100 экз.

СМ 000.000 ПС

Копирован с

Формат А4х3

Лист
60



Накладка №8
Работа №14
Рис 18

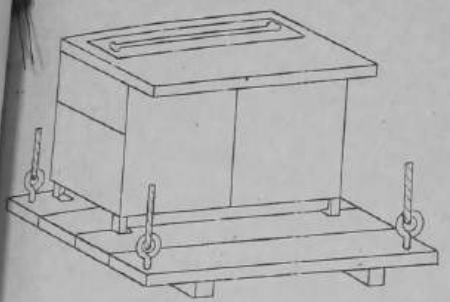
27-86 2000000000
Корпуса

СМ 4.000.000 ПС

Формат А4 43

лист
63

Вариант 1



Вариант 2

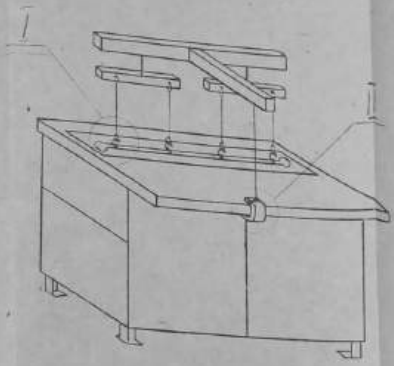
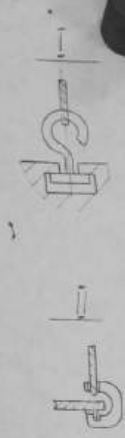


Схема транспортировки стенда

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



43-86	800	100	100
100	100	100	100

МУ 000.000.11

СОДЕРЖАНИЕ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	2
2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	3
3. СОСТАВ УСТАНОВКИ И КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ	6
4. УСТРОЙСТВО И ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ СТЕНДА К РАБОТЕ	9
4.1. Конструкция стенда	9
4.2. Наладка №1	10
4.3. Наладка №2	11
4.4. Наладка №3	12
4.5. Наладка №4	12
4.6. Наладка №5	13
4.7. Наладка №6	14
4.8. Наладка №7	14
4.9. Наладка №8	15
5. УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ	16
6. ПОДГОТОВКА СТЕНДА К РАБОТЕ	17
7. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	18
7.1. Термировочные данные тензометрической системы	18
7.2. Примерная методика проведения лабораторных работ	19
8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	40
9. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЁМКЕ	41
10. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ	42
11. ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА	43
12. СВЕДЕНИЯ О РЕКЛАМАЦИЯХ	43
13. СВИДЕТЕЛЬСТВО О КОНСЕРВАЦИИ	44
14. СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ УПАКОВКЕ	45
15. РИСУНКИ	46-63
16. ПРИЛОЖЕНИЕ I: Сведения о содержании драгоценных металлов	64
17. ПРИЛОЖЕНИЕ II: Сведения о содержании цветных металлов	65

127-86

7/2-10/88

СМ7 000,000 10

Лист

66