



**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»**

**Кафедра «Металлургия и литейное производство»**

**Ю. Л. Бобарикин**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ВОЛОЧИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по одноименной дисциплине для студентов  
специальности 1-42 01 01 «Металлургическое  
производство и материалобработка (по направлениям)»  
направления специальности 1-42 01 01-02  
«Металлургическое производство  
и материалобработка (материалобработка)»  
специализации 1-42 01 01-02 01  
«Обработка металлов давлением»  
дневной и заочной форм обучения**

**Гомель 2013**

УДК 621.778(075.8)  
ББК 34.622-2я73  
Б72

*Рекомендовано научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 1 от 22.01.2013 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Обработка материалов давлением»  
ГГТУ им. П. О. Сухого С. Б. Сарело

**Бобарикин, Ю. Л.**

Б72

Технология волочильного производства : лаборатор. практикум по одним дисциплинам для студентов специальности специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направления специальности 1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)» специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев. и заоч. форм обучения / Ю. Л. Бобарикин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 29 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит пять лабораторных работ для практического закрепления студентами теоретических основ процесса волочения и экспериментального изучения технологических основ процесса волочения металлов.

Для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.778(075.8)  
ББК 34.622-2я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2013

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### *Изучение конструкции пруткового волочильного стана и волочильного инструмента*

**Цель работы:** изучить способ волочения прутков на цепном волочильном стане, исследовать деформационные параметры волочения и силу волочения.

#### **Основные теоретические сведения**

Волочение позволяет получать профили разных форм – от круглых до самых сложных. Размер получаемого профиля проволоки – от нескольких микрометров до 12 мм. Проволокой называют длинномерное изделие постоянного сечения с отношением сторон профиля не более 12. Проволоку сматывают обычно на катушки или в бунты (мотки). Кроме проволоки, как основной продукции волочения, волочением можно получать также прутки и трубы. В отличие от проволоки прутки не сматываются, а складываются после волочения в прямолинейном виде. Волочение для прутков обычно используют как калибровочную операцию диаметра. В производстве труб волочение также используется как калибровочная операция стенки и диаметра трубы.

Основные преимущества волочения по сравнению с прокаткой: возможность получения более точных размеров профиля, более высокая степень чистоты обработки поверхности изделия, возможность получения малых размеров профиля, возможность получения упрочненных изделий без термоупрочняющих операций. Недостатки: более ограниченная пластическая деформация и соответственно производительность вследствие холодного упрочнения, более высокая сложность изготовления инструмента для фасонных профилей.

Основной особенностью волочения прутков является использование специального волочильного оборудования (рис.1). Основные отличия этого оборудования от проволочного волочения: прямолинейное движение тянущего проволоку механизма; в проволочном волочении используется вращающееся движение тягового механизма. К основным видам этого волочильного оборудования относят: цепные волочильные станы, речные волочильные станы. В цепном стане тяговый механизм представляет собой тележку с захватом проволоки, движение которой обеспечивает цепь (рис.1).

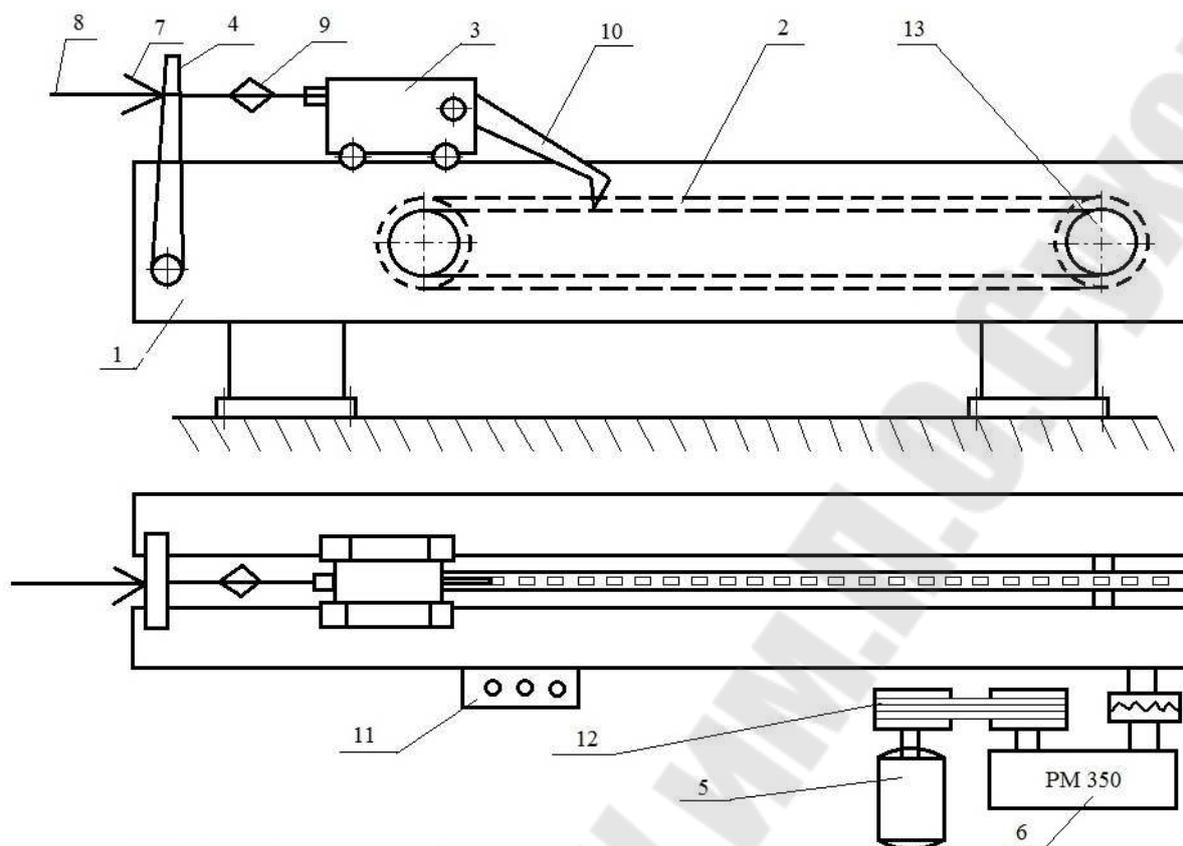


Рис. 1. Схема волочильного пруткового стана:

1-станина; 2 бесконечная цепь; 3 тележка; 4 – волокодержатель; 5- электродвигатель; 6 – редуктор; 7 – волока; 8 – прутковая заготовка; 9 – захват прутковой заготовки; 10 – захват тележки; 11 – пульт управления; 12 – клиноременная передача; 13 – приводная звездочка.

Реечные станы отличаются от цепных наличием в качестве привода тележки реечного механизма. Преимущество реечных станов: большая длина ходов тележки, компактная конструкция стана. В связи с низкой производительностью этих видов станов, используются одновременный захват нескольких прутков, протяжка через несколько волок. Для повышения производительности также используются специальные механизмы, позволяющие непрерывно обрабатывать прутковые материалы. В этих станах используют самозаклинивающийся механизм захвата, позволяющий в автоматическом режиме фиксировать и отпускать пруток в процессе его непрерывного движения. Перед волочением прутков всегда используют предварительные операции удаляющих окалину, поверхностные изменения. Эти операции наносят специальный подмазочный слой, способствующий удержанию технологической смазки

при волочении. Это связано с большими диаметрами заготовок и следовательно с большими усилиями волочения.

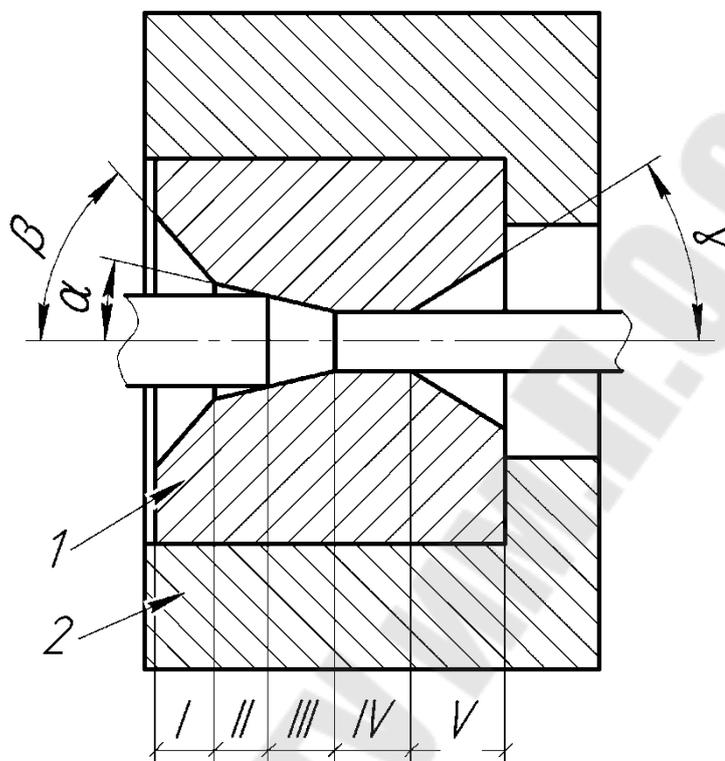


Рис. 2. Схема волоки с конической деформирующей зоной.

1 – обойма, удерживающая волоку или вставку волоки;  
2- вставка волоки (твердосплавная или из искусственного алмаза).

Канал волоки при волочении имеет следующие характерные зоны:

I-входная зона. Служит для ввода заготовки в волоку, обеспечивает подвод смазки. Устраняет возможность образования задира на поверхности заготовок об острые края волоки. Форма поверхности зоны может быть коническая, радиальная, двух коническая и другая. Образующий угол  $2\beta = 40..60$  градусов.

II – смазочная зона. Обеспечивает захват смазки в последующую зону.

III- деформирующая зона. Обеспечивает деформацию сечения заготовки, характеризуется углом  $\alpha$ , который изменяется в диапазоне от 4 до 12 градусов.

IV- калибрующая зона, обеспечивает получение требуемой точности, размеров и формы получаемого профиля. Повышает

прочность рабочей зоны волокна, увеличивает прочность волокна в целом, уменьшает износ волокна. Всегда имеет цилиндрическую форму.

V- выходная зона. Служит для устранения возможности образования задира на поверхности обрабатываемого металла о края калибрующей зоны. Повышает стойкость выходной плоскости волокна, смещает очаг деформации волокна ближе к середине волокна, что повышает стойкость волокна. Форма зоны может быть коническая, сферическая (радиальная), комбинированная (радиально – коническая). Характеризуется образующим углом  $2\gamma$ , изменяющимся в диапазоне от 60 до 90 градусов.

### **Оборудование, инструмент, материалы:**

Для выполнения лабораторной работы используется лабораторный волочильный прокатный стан, волокна, измерительный инструмент.

### **Выполнение работы**

- 1) Изучить конструкцию волочильного стана. Составить кинематическую схему стана с отображением всех основных узлов привода тягового механизма.
- 2) Используя модельный материал изготовить слепки внутреннего рабочего канала волокна и измерить длину калибрующей зоны волокна  $l_{\text{ш}}$ , угол рабочей зоны волокна  $\alpha$ .

### **Структура отчета**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткие теоретические сведения.
4. Схема волочильного стана.
5. Эскиз волокна с измеренными размерами.

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение процесса волочения.
2. Преимущества процесса волочения.
3. Особенности волочения прутков.
4. Конструкция волоки.
5. Характерные зоны волоки и при шлифовке канала волоки.
6. Значения образующих углов канала волоки.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### *Изучение волочения на прутковом волочильном стане*

**Цель работы:** экспериментально исследовать деформационные параметры, силу и напряжение волочения на прутковом волочильном стане.

#### **Основные теоретические сведения**

К деформационным параметрам волочения относятся:

1) Вытяжка:

$$\mu = D^2 / d^2, \quad (1)$$

где  $D$ -диаметр заготовки на входе в волоку,  $d$ -диаметр деформированного профиля на выходе из волоки.

Величина вытяжки обычно изменяется в пределах:  $\mu = 1,01 \dots 1,25$ .

2) Относительное обжатие:

$$\delta = (D^2 - d^2) / D^2 \cdot 100\% = \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) \cdot 100\% \quad (2)$$

Величина обжатия обычно изменяется в пределах:  $\mu = 0,1 \dots 20 \%$ .

3) Истинная вытяжка:

$$\varepsilon = \ln \cdot (\mu) \quad (3)$$

Между параметрами  $\mu, \delta, \varepsilon$  имеет связь. На практике чаще используют  $\mu$  или  $\delta$ . Для научно-технических расчетов предпочтительно использовать  $\varepsilon$ . При необходимости имеется возможность прямого и обратного пересчета этих параметров.

Для определения усилия волочения используется формула Губкина:

$$R_{\text{вол}}^{\text{расч}} = \left[ \sigma_s \frac{(1 + a)}{a} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^{2a} \right] + \sigma_0 \left( \frac{d}{D} \right)^{2a} + \Delta\sigma_{\text{вол}} \right] \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$a = f / \operatorname{tg} \alpha, \quad (4)$$

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{s0} + \sigma_{s1}}{2},$$

$$\Delta\sigma_{\text{вол}} = \frac{4f}{d} \cdot \sigma_{s1} \cdot l_{\text{ц}}$$

где  $\sigma_s$  - среднее значение сопротивления пластической деформации;  
 $\sigma_{s0}$  - сопротивление пластической деформации заготовки;  
 $\sigma_{s1}$  - сопротивление пластической деформации изделия;  
 $\sigma_0$  - напряжение противоположное волочению;  
 $\alpha$  - угол рабочей зоны волокна;  
 $l_{\text{ц}}$  - длина калибрующей зоны волокна.

### Оборудование, инструмент, материалы:

Для выполнения лабораторной работы используется прутковый волочильный стан, измерительный инструмент, позволяющий определять диаметр проволоки с точностью до 0,01 мм. В качестве образцов для исследований используется алюминиевая проволока, диаметром 3...8 мм.

### Выполнение работы

- 1) Измерить диаметр проволоки перед волочением  $D$ . Произвести волочение с одновременным измерением усилия волочения  $R_{\text{вол}}^{\text{эксп}}$  с помощью пружинного динамометра. Измерить диаметр проволоки после волочения  $d$ .
- 2) По формулам (1)...(3) рассчитать деформационные параметры волочения. Значения угла волокна  $\alpha$  и длины калибрующей зоны волокна  $l_{\text{ц}}$  использовать из лабораторной работы 1 или из заданных размеров.
- 3) По формуле (4) рассчитать усилие волочения.
- 4) Сравнить усилие волочения экспериментальное и расчетное, сделать выводы о возможных причинах полученных отклонений.
- 5) Провести аналогичные действия на двух последующих переходах волочения. Результаты занести в таблицу.

Таблица. Экспериментальные и расчетные результаты.

№ образца	$D$	$d$	$P_{\text{ЭКСП ВОЛ}}$	$P_{\text{РАСЧ ВОЛ}}$
1				
2				
3				

### Структура отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткие теоретические сведения.
5. Таблица с экспериментальными и расчетными данными.

### Контрольные вопросы

1. Деформационные параметры волочения и формулы для их расчета.
2. Формула для усилия волочения.
3. Возможные причины расхождения расчетных и экспериментальных результатов усилия волочения.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### *Изучение конструкции проволочного волочильного стана*

**Цель работы:** изучить конструкцию, принцип действия и порядок подготовки к работе проволочного волочильного стана.

#### **Основные теоретические сведения**

Проволочный экспериментальный волочильный стан (рис.1) позволяет выполнять однократное волочение проволоки с компьютерной регистрацией посредством датчиков скорости волочения, силы волочения и температуры проволоки на выходе из волоки.

Размоточная катушка 2 с исходной проволокой 1 устанавливается в размоточное устройство между двумя полуосями. Для исключения инерционного разгона размоточной катушки 2 одна полуось размоточного устройства выполнена в виде винтовой пары 14 с зажимной фиксирующей гайкой 15. Полуось с винтовой парой способна сжимать катушку по оси и этим затруднять ее вращение. Степень сжатия размоточной катушки 2 между полуосями соответствует исключению инерционного раскручивания размоточной катушки 2 при волочении.

Исходная проволока протягивается через волоку, установленную в волокодержателе 3. Волокодержатель 3 имеет внутреннюю полость для удержания смазочной эмульсии.

Волокодержатель 3 установлен на качающейся плите 4, которая передает усилие волочения датчику усилия 5. Аналоговый сигнал от датчика усилия 5 поступает на тензоусилитель (УТ) 21, который через блок преобразования сигнала (БПС) 19 аналогового сигнала в цифровой сигнал подает информацию к компьютеру (ЭВМ) 13.

На выходе из волоки измеряется температура проволоки с помощью оптического инфракрасного пирометра 11, луч которого направлен на проволоку и захватывает отрезок проволоки 25 мм на выходе из волоки. Данные с пирометра поступают в компьютер 13. Пирометр закреплен на штативе и установлен на передвижном столе, перемещая который можно точно навести прибор на объект измерения температуры.

Усилие, необходимое для волочения, обеспечивает тяговое устройство, которое состоит из электродвигателя 9, механической коробки передач 18, муфт 8, клиноременной передачи 7, тягового барабана 6, датчика с ПДФ-3 скорости вращения 12 и системы управления электроприводом (СУЭ) 20. Вращение от электродвигателя 9 с переменной частотой вращения через коробку передач 18 и соединительные муфты 8 передается на тяговой барабан. Частота вращения фиксируется датчиком, сигнал от которого поступает на компьютер 13. Сделав несколько витков

на тяговом барабане, проволока с барабана передается на приемную катушку 10.

Привод приемной катушки 10 намоточного устройства осуществляется от вала тягового барабана через клиноременную передачу 7, имеющую шкивы на валу тягового барабана и на валу намоточного устройства. Для обеспечения равномерного натяжения проволоки при намотке на приемную катушку шкив клиноременной передачи намоточного устройства с собственным валом жестко не связан и способен проскальзывать на валу без осевого смещения. Вращение на вал намоточного устройства от этого шкива передается трением: нажимной диск 17, находящийся в шлицевом сцеплении с валом намоточного устройства, прижимается к торцевой поверхности шкива намоточного устройства посредством воздействия упругого элемента 16.

Для исключения инерционного разгона приемной катушки 10 противоположная полуось размоточного устройства выполнена в виде винтовой пары 14 с зажимной фиксирующей гайкой 15. Полуось с винтовой парой способна сжимать катушку по оси и этим затруднять ее вращение. Степень сжатия приемной катушки 10 между полуосями соответствует исключению инерционного раскручивания приемной катушки 10 при волочении.

Схема переключения скоростей коробки передач и передаточные числа каждой скорости приведены на рис. 2.

Скорость вращения тягового барабана является одним из основных технологических параметров процесса волочения, а высокая точность поддержания скорости является необходимым условием для обеспечения высокого качества проволоки. СУЭ волочильного стана предназначена для точного задания, измерения, контроля и регулирования скорости вращения тягового барабана.

Технические данные СУЭ:

Диапазон измерения скорости, об/мин : 100-2000

Пределы допускаемой погрешности измерения скорости вращения, об/мин:  $\pm 6$

Диапазон регулирования скорости, об/мин: 100-2000

Пределы допускаемой погрешности стабилизации скорости вращения, об/мин:  $\pm 12$

СУЭ рассчитана на питание от сети однофазного переменного тока напряжением  $220 \pm 20$  В при частоте  $50 \pm 1$  Гц.

Потребляемая мощность, ВА : не более 250

Выходной сигнал системы, В: 0-10

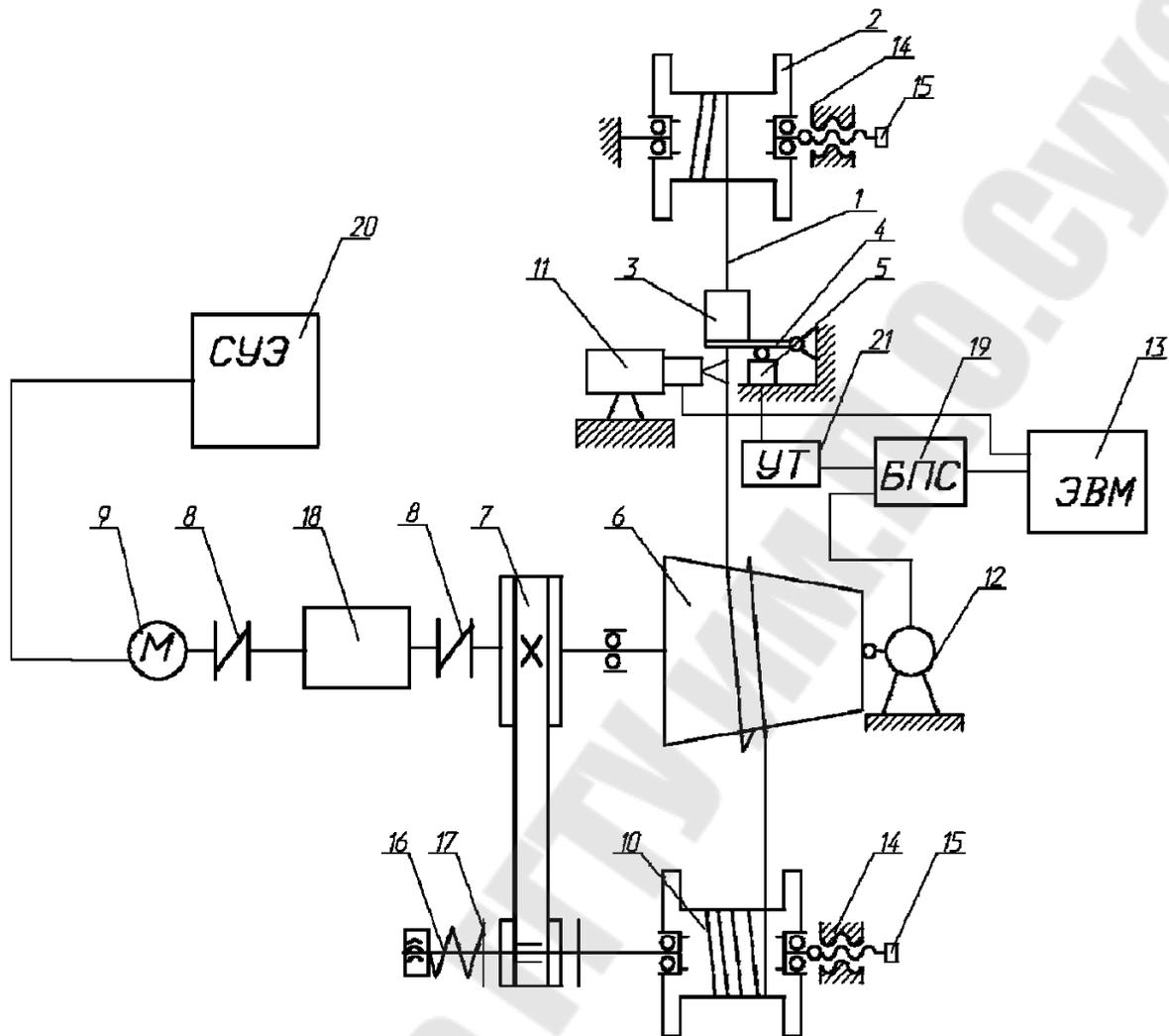


Рис. 1. Схема проволочного волочильного стана:

1 – проволока; 2 – катушка размоточная; 3 – волока; 4 – плита качающаяся; 5 – датчик усилия; 6 – тяговый барабан; 7 – клиноременная передача; 8 – муфты соединительные; 9 – электродвигатель постоянного тока; 10 – катушка приемная; 11 – пирометр; 12 – датчик скорости вращения; 13 – контрольный блок (ЭВМ); 14 – винтовая пара; 15 – гайка зажимная; 16 – прижим; 17 – нажимной диск; 18 – механическая коробка передач; 19 – блок преобразования сигналов; 20 – система управления электроприводом (СУЭ); 21 – усилитель тензометрический.

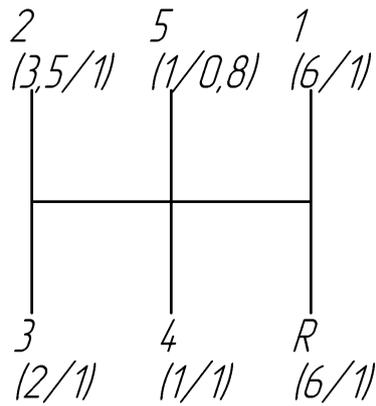


Рис. 2 Схема положения ступеней механической коробки передач: номер ступени передачи и передаточное отношение.

На передней двери шкафа (рис.3) установлены контрольно-измерительные приборы  $pV$  и  $pA$ , кнопки запуска и останова электропривода  $SB1$ ,  $SB2$ ,  $SA$ , элементы световой сигнализации  $HL1$ ,  $HL2$ , ручка управления скоростью вращения двигателя  $RP1$ .

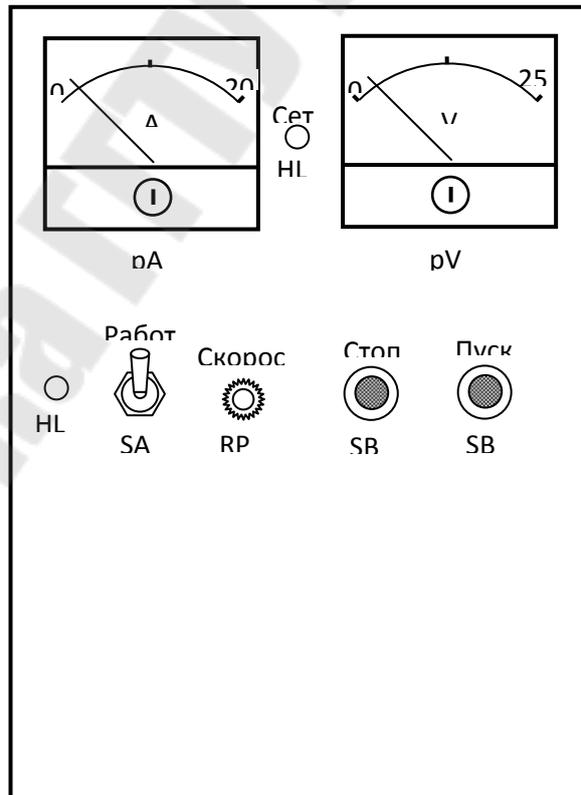


Рис. 3 Вид передней двери шкафа управления электроприводом

**Порядок подготовки к работе проволочного волочильного стана.**

## 1. Подключение приборов.

Подключение контрольно-измерительных приборов необходимо производить при отключенном питании установки.

1.1 Луч пирометра навести на объект и подключить к порту COM1 компьютера с помощью кабеля, входящего в комплект поставки прибора.

1.2 Датчик скорости вращения ПДФ-3 подключить к блоку преобразования сигналов БПС.

1.3 Датчик усилия подключить через тензометрический усилитель к блоку преобразования сигналов БПС.

1.4 Блок преобразования сигналов подключить к порту COM2 компьютера.

## 2. Заправка проволоки.

Катушка с исходной проволокой, передний конец которой заостряется на заточной машине, до тех пор, пока он не будет свободно проходить через волоку с требуемым диаметром, устанавливается в размоточное устройство. Чтобы избежать инерционного разгона катушки, с одной стороны ось вращения выполнена в виде винтовой пары с зажимной гайкой, которую предварительно затягивают. Проволоку пропускают через волоку и подают на тяговый барабан. На тяговом барабане делают несколько витков проволоки, после чего передний конец проволоки фиксируют на барабане. В волокодержатель подают смазку. Включают привод установки и наматывают 10 витков на тяговый барабан, после чего останавливают привод, освобождают передний конец проволоки и переносят проволоку на катушку намоточного устройства так, чтобы на тяговом барабане оставалось 5-6 витков. Включают привод и производят предварительную намотку проволоки на приемную катушку намоточного устройства.

### **Оборудование, инструмент, материалы:**

Для выполнения лабораторной работы используется проволочный волочильный стан. В качестве образцов для настройки стана используется стальная латунированная проволока, диаметром 1...2,5 мм, и волока соответствующего диаметра, обеспечивающая допустимую деформацию волочения.

### **Выполнение работы**

- 1) Изучить конструкцию, принцип действия и порядок подготовки к работе проволочного волочильного стана.
- 2) Подключить приборы.
- 3) Выполнить заправку проволочного волочильного стана.

### **Структура отчета**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткие теоретические сведения.
5. Порядок выполненных действий.

### **Контрольные вопросы**

1. Устройство и принцип действия проволочного волочильного стана.
2. Порядок подключения приборов.
3. Порядок заправки стана.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### *Изучение программного обеспечения проволочного волочильного стана*

**Цель работы:** изучить порядок измерения и регистрации параметров волочения на проволочном волочильном стане.

### Основные теоретические сведения

Для регистрации и записи данных, полученных при проведении эксперимента, применяется программное обеспечение PROJECT v.1.0. Данное ПО предназначено для приема данных от датчика ПДФ-3 (скорость волочения), пирометра С-300 (температура проволоки), и тензоусилителя ТОПАЗ-3М (сила волочения). На рис.1. представлено рабочее окно программы.

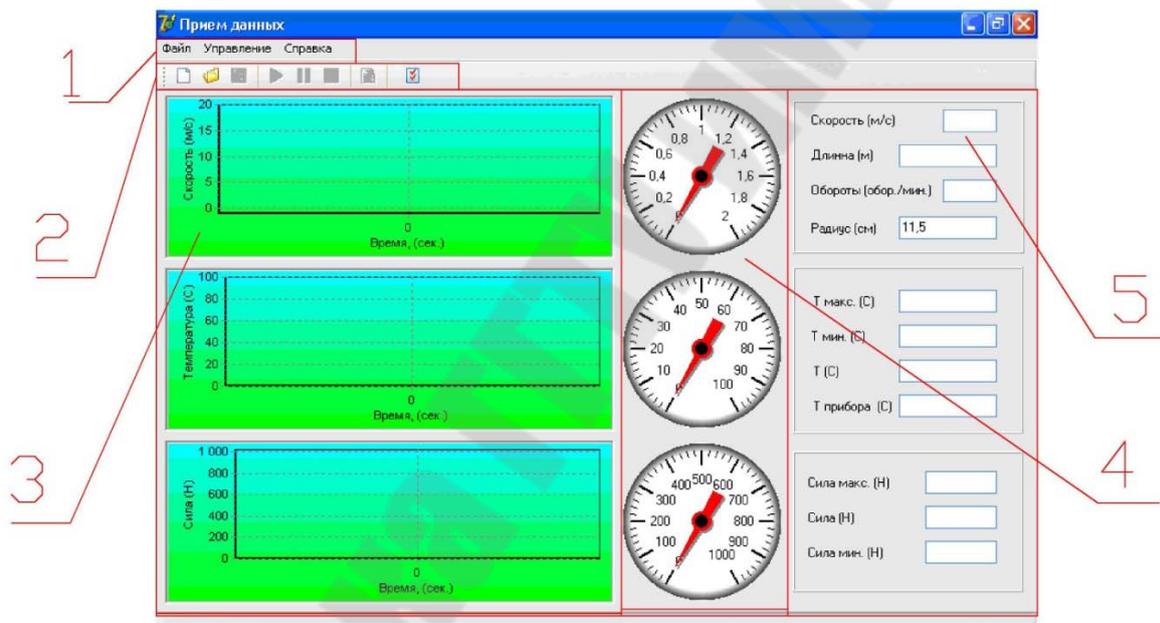


Рис.1. Окно программы PROJECT v.1.0.:

- 1- меню программы;
- 2- панель инструментов;
- 3- область построения графиков;
- 4- область отображения часовых индикаторов;
- 5- область отображения данных в численном виде.

Основные этапы работы с программой.

После запуска программы необходимо произвести настройки портов.

Для этого следует выбрать следующие команды: Файл→Настройки. После чего появится окно настроек (рис.2).

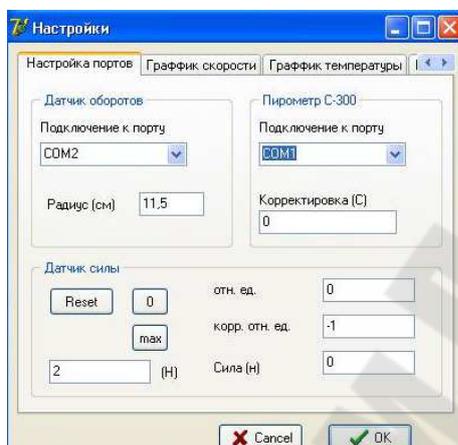


Рис. 2 Окно настроек

В окне настроек необходимо указать имена портов, к которым подключены соответствующие датчики, а также необходимые входные параметры (например, радиус тягового барабана, корректировка температуры и т.д.).

После чего устанавливаются параметры графического отображения параметров процесса (рис. 3-5).

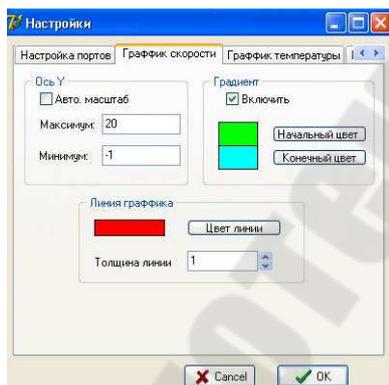


Рис. 3

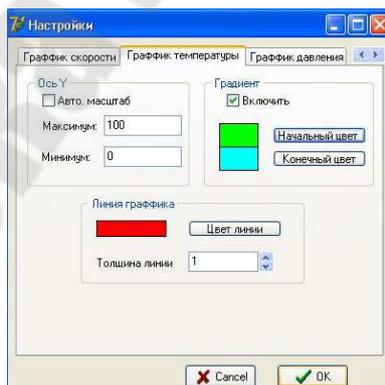


Рис.4

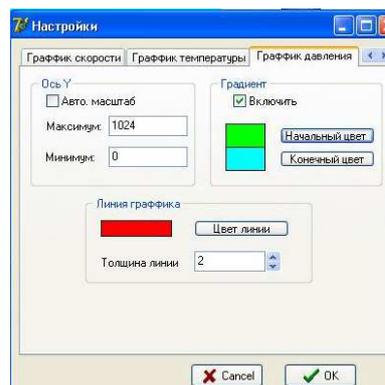


Рис.5

Для удобства настройки скорости волочения в программе предусмотрено выведение скорости в режиме полного экрана, для чего

нужно щелкнуть правой мышкой на часовом индикаторе скорости и выбрать полноэкранный режим отображения в окне (рис.6).



Рис. 6.

После осуществления настроек необходимо открыть порты для снятия показаний. Для этого выполняют следующие действия: Файл→Новый. После этого программа готова к снятию данных с датчиков. Для того, чтобы начать запись показаний необходимо на панели инструментов нажать кнопку .

Остановка записи данных может осуществляться двумя способами: пауза  и остановка .

Чтобы сохранить данные на жестком диске нажать кнопку  на панели инструментов. Данные сохраняются по умолчанию под именем TEST.TXT в папке основной программы. Можно ввести заданное имя папки.

### **Оборудование, инструмент, материалы:**

Для выполнения лабораторной работы используется проволочный волочильный стан. Для экспериментальных исследований применяется стальная латунированная проволока и волока, использованные для настройки стана в лабораторной работе №3 .

### **Выполнение работы**

#### **1. Запуск и настройка ПО.**

После подключения датчиков включить компьютер, подать питание на блок преобразования сигналов, включить пирометр и запустить программу PROJECT v.1.0. Далее необходимо открыть порты компьютера (Файл - Новый). Произвести необходимые настройки (Файл – Настройки):

1.1. В окне настроек указать порты, к которым подключены соответствующие датчики;

1.2. Задать соответствующие параметры для каждого датчика. Для датчика скорости необходимо указать радиус тягового барабана в см. Для пирометра – поправочный коэффициент температуры в °С. Осуществить тарировку тензодатчика в следующей последовательности: нажать кнопку RESET в окне настроек; при разгруженном датчике нажать кнопку «0»; нагрузить датчик поверочным грузом, вес которого в Н указывается в соответствующем окне настроек, и нажать кнопку «MAX».

## 2. Установка режима волочения.

Включить привод установки, установить необходимую скорость волочения, которая отображается на мониторе, после чего отключить привод.

3. Включить запись данных, нажатием кнопки «Play» на панели инструментов.

4. Включить привод и осуществить волочение.

5. После остановки привода окончить запись данных нажатием кнопки «Stop» на панели инструментов.

6. Сохранить результаты измерений Файл – Сохранить. Данные сохраняются по умолчанию под именем TEST.TXT в папке основной программы.

7. Распечатать сохраненный файл.

### **Структура отчета**

1. Название работы.

2. Цель работы.

3. Краткие теоретические сведения.

5. Распечатка сохраненного файла с информацией о режимах волочения.

### **Контрольные вопросы**

1. Порядок работы с ПО волочильного проволочного стана.

2. Как расшифровываются режимы волочения из файла с информацией о режимах волочения.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### *Изучение силы и температуры волочения проволоки на проволочном волочильном стане*

**Цель работы:** экспериментально исследовать силу и напряжение волочения стальной проволоки на проволочном волочильном стане в зависимости от скорости волочения.

#### Основные теоретические сведения

Скорость волочения существенно влияет на усилие волочения. Это связано с активизацией захвата смазки в зону деформации. Поэтому рост скорости волочения сопровождается падением усилия волочения. Эта зависимость не устанавливается расчетным путем, поэтому для ее определения применяется только экспериментальный метод. Для его осуществления необходимо выполнить эксперимент по волочению проволоки с разными скоростями при сохранении равными в опытах прочих условий волочения. По результатам эксперимента построить зависимость усилия волочения от скорости волочения с указанием использованных прочих условий волочения.

Температура проволоки при волочении возрастает вследствие контактного и внутреннего трения в металле проволоки. Степень нагрева проволоки влияет на ее структуру и механические свойства. Поэтому требуется по результатам эксперимента построить зависимость температуры волочения от скорости волочения с указанием использованных прочих условий волочения.

Для выполнения эксперимента требуется точная настройка силоизмерительной цепи волочильного стана.

Тензоусилитель ТОПАЗ-3-02 (рис.1) предназначен для усиления выходного сигнала тензометрических датчиков (рис. 2).

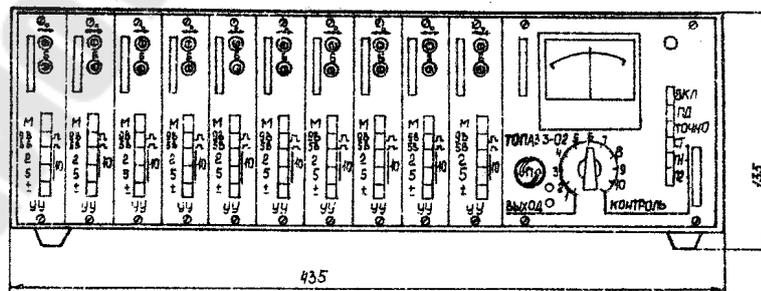


Рис. 1 Внешний вид прибора ТОПАЗ-3-02



Рис. 2 Силоизмерительная планка с тензодатчиками.

Прибор ТОПАЗ-3-02 (таблица 1) применяется для усиления сигналов при измерении:

1. сил, моментов вращения, ускорений, гидродавлений и других параметров посредством тензометрических преобразователей (датчиков);
2. температур посредством усиления сигнала от термопар;
3. относительной деформации материалов посредством усиления сигнала от тензодатчиков, установленных на деформирующемся материале.

### ***Устройство и принцип работы прибора ТОПАЗ-3-02.***

Конструктивно прибор выполнен по агрегатно-модульному принципу построения с использованием функционально-узлового метода разделения.

Прибор представляет собой корпус, в который спереди вставляются субблоки усилителей универсальных, преобразователей стабилизированных и блок питания. Связь прибора с датчиками осуществляется с помощью кабелей, присоединяемых к разъемам на задней стенке прибора, где также установлен предохранитель. На лицевой панели установлены: стрелочный измерительный прибор, переключатель ВЫХОД-КОНТРОЛЬ, контрольные гнезда, кнопочный переключатель управления, сигнальный светодиод. Внешний вид прибора приведен на рис. 2.18

Принцип действия прибора основан на усилении сигналов тензорезисторов или других датчиков, соединенных по мостовой схеме, и питающихся постоянным стабилизированным напряжением.

Напряжение питания с аккумулятора поступает на устройство защиты по току и напряжению и с него на стабилизатор напряжения и преобразователи. Стабилизатор напряжения формирует напряжения 9В и

5В, предназначенные для питания датчиков. Преобразователи формируют гальванически развязанные напряжения питания усилителей универсальных. Каждый из преобразователей подключен к 5 усилителям универсальным. Сигналы с датчиков подаются на входы усилителей. Усиленные сигналы подаются на выходной разъем и через устройство коммутации подаются на стрелочный прибор.

Таблица 1. Основные технические характеристики ТОПАЗ-3-02.

Наименование параметра	Размерность	Величина
Габаритные размеры	мм	435x135x210
Масса, не более	кг	9,2
Число измерительных каналов		10
Измеряемые деформации при одном активном тензорезисторе и питании в 9В	Отн. Ед.	$(0-0,1)10^{-3} \dots$ $(0-10)10^{-3}$
Диапазон входных напряжений	мВ	0...40
Делитель входного сигнала		2, 5, 10
Относительная погрешность делителя входного сигнала	%	6,0
Сопротивление тензорезисторов	Ом	100...400
Крутизна усиления при нагрузке 20 Ом	мА/мВ	2,5
Диапазон выходных токов	мА	$\pm 15$
Приведенная основная погрешность преобразования напряжения в ток:		
на участке $\pm 10$ мА	%	$\pm 1,5$
на участке $\pm 15$ мА	%	$\pm 2,0$
Напряжения питания датчиков	В	$9 \pm 0,2$ $5 \pm 0,1$
Приведенная относительная погрешность преобразования напряжения в ток		4,5

### ***Расположение органов управления.***

На передней панели прибора расположены:

1. потенциометр для установки нуля;
2. потенциометр Б для балансировки усилительного тракта (датчик и усилитель);

3. потенциометр для регулирования коэффициента усиления усилителя;
4. кнопка М для включения масштабного сигнала;
5. кнопка «5-9» для установки требуемого напряжения питания датчиков;
6. кнопка «2-5-10» для установки требуемого масштабного коэффициента;
7. кнопка «+ - » для переключения полярности выходного сигнала.

На передней панели блока питания расположены:

1. кнопка ВКЛ включения прибора;
2. кнопка ПД питания датчиков;
3. кнопка ТОЧНО для повышения чувствительности стрелочного прибора;
4. кнопка СТ для измерения стрелочным прибором выходного напряжения стабилизатора;
5. кнопки П1 и П2 для измерения стрелочным прибором напряжений первого и второго преобразователей;
6. переключатель ВЫХОД-КОНТРОЛЬ для подключения стрелочного прибора к выходу одного из каналов или измерения напряжений блока питания;
7. гнезда для контроля выхода одного из каналов.

### ***Подготовка тензоусилителя к измерениям.***

1. Установить все кнопки прибора в отжатое положение, а переключатель ВЫХОД-КОНТРОЛЬ в положение КОНТРОЛЬ.
2. подключить к прибору кабели на задней стенке. Их выводы соединить с датчиками.
3. Включить прибор кнопкой ВКЛ, при этом должен загореться светодиод. Прогреть прибор в течение 10 мин.
4. проверить напряжение питания. Для этого нажать кнопки СТ, П1, П2 поочередно. Напряжение должно быть 8,55...9,45 В.
5. проверить балансировку усилителей, для чего потенциометром установить стрелочку на ноль. Окончательную регулировку производить при нажатой кнопке ТОЧНО. Далее, нажав кнопку ПД, подать питание на датчики и потенциометром Б установить стрелку прибора на ноль.

Пирометр инфракрасный С-300.3 (рис 3) предназначен для бесконтактного измерения температуры поверхностей твердых тел и воды по их собственному тепловому излучению. При этом размеры исследуемой поверхности объекта определяются угловым полем зрения пирометра.

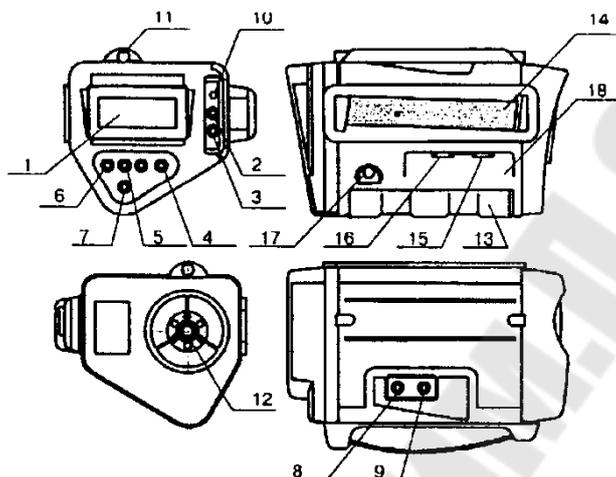


Рис.3. Расположение и назначение органов управления пирометра С-300.3

1. 4-х строчный ЖКИ
2. кнопка включения-выключения прибора (ПИТАНИЕ)
3. кнопка включения подсветки (СВЕТ)
4. кнопка переключения в режим установки поправочного коэффициента E
5. кнопка ввода
6. клавиши управления меню (<<< >>>)
7. кнопка включения ЛЦУ
8. кнопка включения режима измерения (ИЗМЕРЕНИЕ)
9. кнопка записи в память (ПАМЯТЬ)
10. индикатор разряда батарей (РАЗРЯД)
11. визир
12. лазерный целеуказатель
13. крышка батарейного отсека прибора
14. рукоятка с поддерживающим ремнем с застежкой "репейник"
15. разъем для подключения к компьютеру
16. разъем для подключения выносного индикатора
17. разъем для подключения блока питания БПС
18. место расположения заводского номера

## Технические характеристики

Диапазон измерения температуры, °С: -20...+600

Предел допускаемой абсолютной:  $\pm 2$  °С от -20...+0°С

и относительной погрешности в :  $\pm 1,5$  °С от 0...100°С

указанных диапазонах:  $\pm 1,5\%$ +ед.мл.разр.свыше+100 °С

Время установления показаний, с: 2

Показатель визирования: 1:100

Потребляемая мощность, Вт.: 0,2

Диапазон установки излучательной способности объекта.....: 0,01...2,5

Разрешение прибора, °С: 0,1

Спектральный диапазон, мкм: 8 ...14

Габаритные размеры пирометра, мм: 200x150x12

Масса пирометра, не более, кг: 1.2

Интервал между измерениями, с: 0,5...3600

Погрешность хода часов, с: 10

## Устройство и принцип работы

Пирометр является сложным оптико-электронным устройством, предназначенным для измерения температуры объектов бесконтактным способом.

После включения питания на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ) появляется информация о готовности к работе.

Для измерения температуры необходимо:

- включить пирометр;
- ввести значение поправочного коэффициента излучательной способности измеряемого объекта  $E$  ( 0,01 ... 2,50);
- направить прибор на объект и нажать кнопку "Измерение";
- считать с ЖКИ значение, соответствующее температуре измеряемого объекта.

Поправочный коэффициент излучательной способности объекта  $E$  задается в пределах от 0,01 до 2,5 и зависит от размера и материала объекта, характера поверхности, наличия внешней засветки.

Коэффициент  $E$  определяется для каждого объекта отдельно по следующей методике:

- 1)определить с помощью контактного датчика температуру поверхности объекта, при этом температура поверхности должна превышать температуру окружающей среды минимум на 50 °С;

2) выбрать, зафиксировать и соблюдать при проведении дальнейших измерений положение пирометра (расстояние до объекта измерений, угол установки пирометра, характер поверхности объекта, например, наличие шлака на поверхности расплавов), экранировать внешнюю засветку;

3) изменением коэффициента  $E$  добиться совпадения показаний пирометра и температуры, измеренной с помощью контактного датчика;

4) при проведении дальнейших измерений соблюдать выбранные условия проведения измерений и полученное значение поправочного коэффициента  $E$ .

*Перед началом работы необходимо выдержать прибор при температуре, в которой он будет эксплуатироваться, в течение 30 мин.*

#### 1) Подготовка к проведению измерений.

Осмотреть объект измерения и определить его характеристики, влияющие на безопасность проведения измерений и точность результатов;

- температура объекта не должна выходить за границы указанного в паспорте диапазона измерений;

- для точного измерения температуры размеры объекта должны превышать диаметр пятна контроля прибора; диаграмма поля зрения прибора приведена в паспорте;

- для удобства проведения измерений можно воспользоваться выносным индикатором, подключаемым к пирометру и к сети переменного тока;

- при необходимости подключить пирометр через блок питания БПС к сети переменного тока 220 В.

#### 2) Включить пирометр

Включить пирометр одиночным нажатием на кнопку "Питание". При этом:

- индикатор "РАЗРЯД" коротко мигнет один раз и погаснет (если индикатор не гаснет, необходимо заменить элементы питания);

- ЖКИ на 1 с примет следующий вид:

---

ТЕХНО-АС  
РОССИЯ г. КОЛОМНА

После этого при первом включении прибор войдет в режим измерения (СТАНДАРТНЫЙ). Для перехода в Главное меню и выбора другого вида измерений или режима работы необходимо однократно нажать кнопку "Измерение".

3) Запрограммировать пирометр (определить вид измерений и требуемые режимы работы)

4) Навести пирометр на объект

Навести пирометр на объект при помощи визира. Точное наведение производится при помощи лазерного целеуказателя.

5) Зафиксировать измеренное значение температуры, при необходимости записать в малую память прибора

6) Просмотреть записанные в малой памяти значения

7) Обработка данных. Подключить прибор к компьютеру.

Подключение соединительного кабеля к компьютеру проводить при выключенном компьютере и пирометре.

В целях увеличения времени работы прибора от одного комплекта батареек рекомендуется при работе с компьютером использовать блок питания БПС, подключаемый к сети переменного тока 220 В.

Считать данные. Отключить пирометр от компьютера.

8) Выключить пирометр

### **Оборудование, инструмент, материалы:**

Для выполнения лабораторной работы используется проволочный волочильный стан. В качестве образцов для эксперимента используется стальная латунированная проволока, диаметром 1...2,5 мм, и волока соответствующего диаметра с известной геометрией волочильного канала, обеспечивающая допустимую деформацию проволоки при волочении.

### **Выполнение работы**

1) Изучить прибор ТОПАЗ-3-02 и подготовить его к работе в соответствии с приведенной инструкцией.

2) Изучить прибор пирометр С-300.3 и подготовить его к работе в соответствии с приведенной инструкцией.

3) Заправить проволоку в волочильный стан.

4) Настроить самую медленную скорость волочения.

5) Включить на запись регистрацию режимов волочения используя правила пользования ПО для волочильного стана.

6) Включить вращение тягового барабана и произвести волочение в течении 5- 10 секунд.

7) Повысить скорость волочения на 2-3 м/с без остановки волочения и задержать на постоянной величине более высокий уровень скорости на 5..10 секунд. Опять повысить скорость волочения на 2-3 м/с без остановки волочения и задержать на постоянной величине более высокий уровень скорости на 5..10 секунд.

8) Остановить волочение. Остановить запись режимов волочения и сохранить их в отдельный файл.

9) По результатам, приведенным в файле построить зависимость усилия волочения и температуры проволоки от скорости волочения. При построении использовать только точки с постоянной скоростью и определение средней величины усилия и температуры волочения.

### **Структура отчета**

- 1 Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткие теоретические сведения.
5. Распечатка с режимами волочения.
6. Обработка экспериментальных данных и построение зависимости усилия волочения от скорости волочения. Указываются прочие условия проведения эксперимента.

### **Контрольные вопросы**

1. Физическое предположение связи усилия волочения и скорости волочения.
2. Физическое предположение связи температуры волочения и скорости волочения.
3. Порядок работы с тензоусилителем.
4. Порядок работы с пирометром.
5. Принцип измерения силы волочения.
6. Принцип измерения температуры волочения
7. Физическое объяснение полученных экспериментальных результатов.

**Бобарикин Юрий Леонидович**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ВОЛОЧИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Лабораторный практикум  
по одноименной дисциплине для студентов  
специальности 1-42 01 01 «Металлургическое  
производство и материалобработка (по направлени-  
ям)» направления специальности 1-42 01 01-02  
«Металлургическое производство  
и материалобработка (материалобработка)»  
специализации 1-42 01 01-02 01  
«Обработка металлов давлением»  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 29.11.13.

Рег. № 18Е.

<http://www.gstu.by>