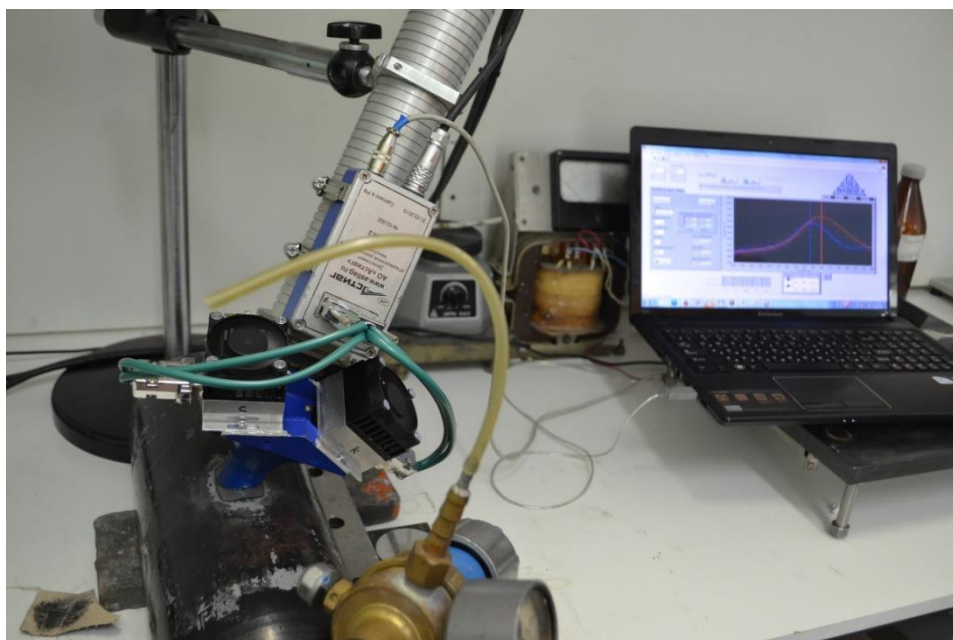


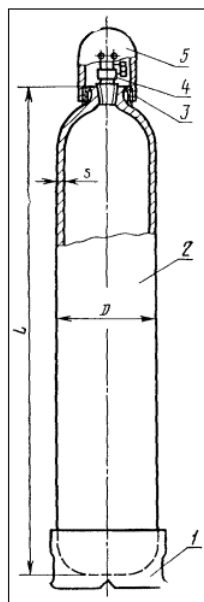
## Измерение давления в баллоне стальном малого объема для газов $P_p \leq 14,7 \text{ Мпа (150 кгс/см}^2\text{)}$ по ГОСТ 949-73



### Цель работы:

Определение напряжений в стенке  $t=4,4 \text{ мм}$  малого баллона  $d=140 \text{ мм}$ , находящегося под действием внутреннего давления, методом рентгеновской дифракции при помощи установки «HeРКА» производства компании «РаДиаТех», и сравнение с напряжениями, полученными расчетным путем.

- Рис.1. Баллон.**
- 1 – опорный башмак;
  - 2 – корпус баллона;
  - 3 – кольцо горловины;
  - 4 – вентиль;
  - 5 – предохранительный колпак;
  - $s$  – толщина стенки;
  - $L$  – высота



### Расчет:

$$\sigma_t = \frac{P \cdot r}{t}$$

$$\sigma_m = \frac{P \cdot r}{2t}$$

Где  $\sigma_t$  – окружное напряжение;  
 $\sigma_m$  – меридианное напряжение;  
 $P$  – давление в баллоне;  
 $r$  – радиус баллона;  
 $t$  – толщина стенки баллона.

$$\sigma_t = \frac{P \cdot r}{t} = \frac{P \cdot 70}{4,4} = 15,9P$$

$$\sigma_m = \frac{P \cdot r}{2t} = \frac{P \cdot 70}{2 \cdot 4,4} = 7,95P$$

Измерения могут проходить как в меридианном, так и в окружном направлении, т.к. численно они отличаются ровно в 2 раза.

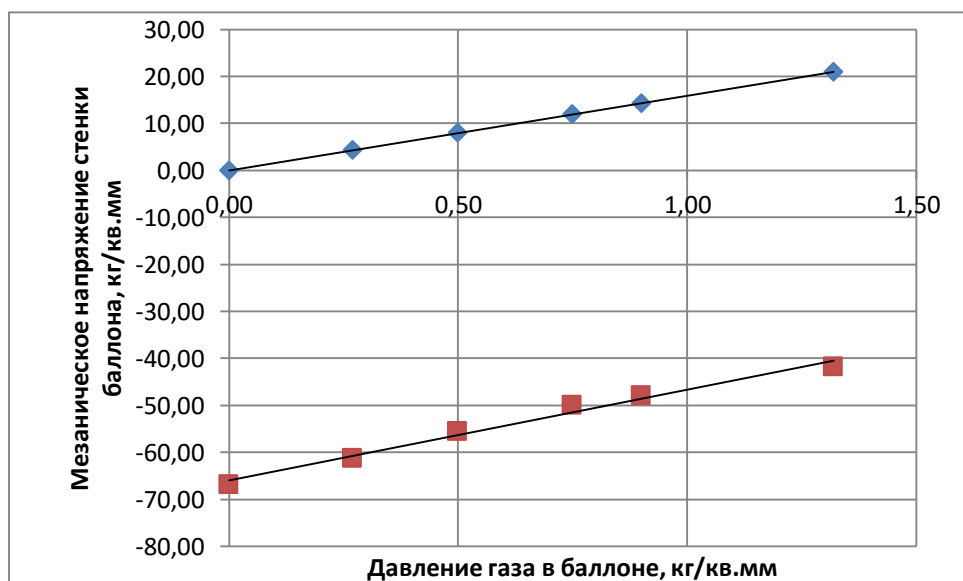
*Подготовка поверхности контроля методом №1:*

Для измерения относительных значений напряжений на поверхности необходимо зачистить наждачной бумагой поверхность на стенке баллона площадью не более 4 см<sup>2</sup> в направлении измеряемых напряжений. Таким методом на контролируемую поверхность будут внесены сжимающие напряжения (в среднем -30 кг/мм<sup>2</sup> ±10 кг/мм<sup>2</sup>) независимо от внутреннего давления в баллоне. При изменении внутреннего давления значения напряжений на поверхности изменяются прямо пропорционально значению давления.

*Измерения по методу №1*

**Таблица 1**

№, П/П	Давление в баллоне P, кг/кв.см	Давление в баллоне P, кгс/кв.мм	σ(t) расчетное, кгс/кв.мм	σ(t) измеренное, кгс/кв.мм	Разница, кгс/кв.мм	Примечания
1	132	1,32	20,99	-41,9	62,89	
2	90	0,90	14,31	-48	62,31	
3	75	0,75	11,93	-50	61,93	
4	50	0,50	7,95	-55,6	63,55	
5	27	0,27	4,29	-61,3	65,59	
6	0	0,00	0,00	-66,9	66,90	
					63,86	среднее



*Вывод метода №1:*

Метод может быть использован для измерения абсолютных значений напряжений в том случае, когда известно давление и произведено измерение напряжения на поверхности. Тогда можно определить разницу между напряжением расчетным и

измеренным и в дальнейших измерениях ее учитывать при произвольном изменении внутреннего давления.

Также метод может быть использован для выявления динамики или изменений внутреннего давления путем измерения относительных значений напряжений на поверхности.

*Подготовка поверхности контроля методом №2:*

Для проведения измерений необходимо подготовить поверхность на стенке баллона площадью не более 4 см<sup>2</sup>.

1. Зачистка грубой наждачной бумагой (P120). Снятие защитного покрытия (краски), ржавчины, окалины и пр.

2. Электрохимическое травление:

2.1 Подготавливается электролит

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (85%) – 59 %

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 12 %

CrO<sub>3</sub> – 7 %

H<sub>2</sub>O – 22 %

Объем для электрохимического травления около 20 мл.

2.2 Анодное травление («+» на баллоне) I=0,5 А/см<sup>2</sup>. Для эффективного отвода тепла катод желательно иметь массивный.

S<sub>(катода)</sub>=7,5 см<sup>2</sup> (Шляпка болта М22х70 из нержавеющей стали, опущенная в электролит наполовину).

I=3,5-4,0 А.

U=7-8 В.

Время травления 1 час.

Глубина травления ~300 мкм (стенка стала 4,1 мм).

Для снятия напряжений после обработки шлифовальной бумагой в принципе достаточно 15 минут травления.



Рис. 2. Электрохимическое травление

*Измерения по методу №2*

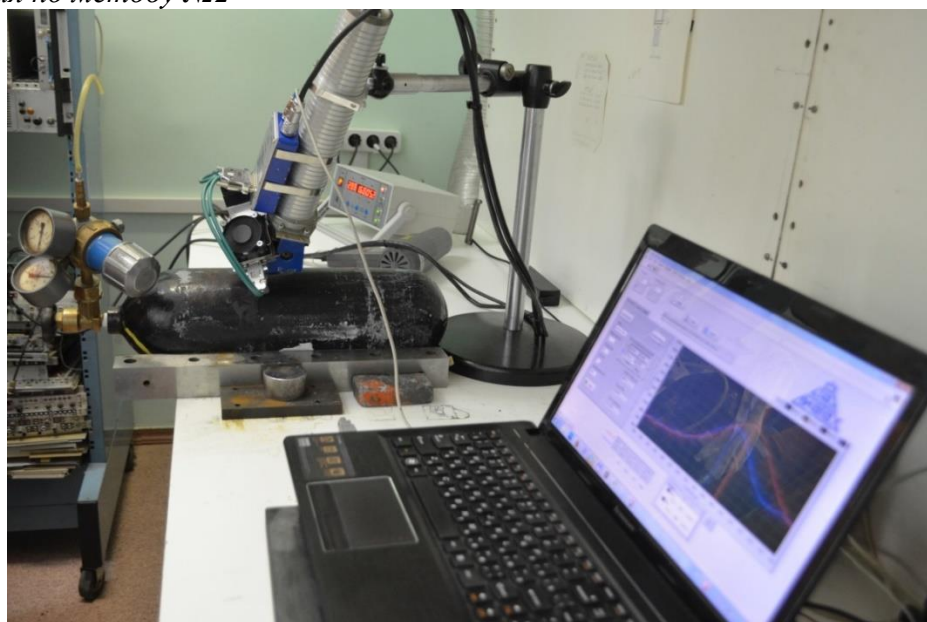
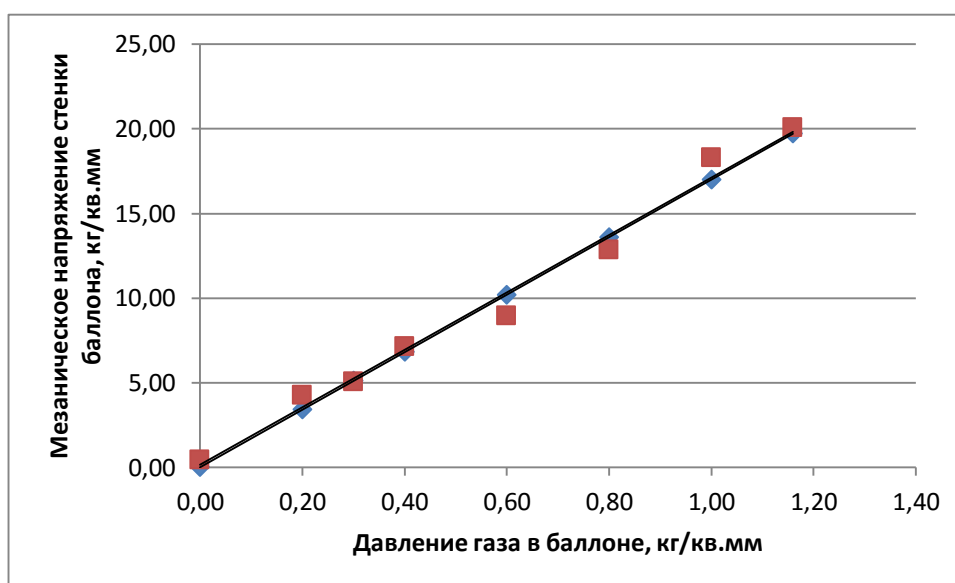


Рис.3. Процесс измерений

Таблица 2

№, П/П	Давление в баллоне P, кг/кв.см	Давление в баллоне P, кгс/кв.мм	$\sigma(t)$ расчетное, кгс/кв.мм	$\sigma(t)$ измеренное, кгс/кв.мм	Разница, кгс/кв.мм	Примечания
1	116	1,16	19,72	20,06	-0,34	
2	100	1,00	17,00	18,26	-1,26	
3	80	0,80	13,60	12,85	0,75	
4	60	0,60	10,20	8,95	1,25	
5	40	0,40	6,80	7,12	-0,32	
6	30	0,30	5,10	5,05	0,05	
7	20	0,2	3,40	4,26	-0,86	
8	0	0	0,00	0,41	-0,41	
					-0,14	среднее



*Вывод метода №2:*

При подготовленной поверхности электрохимическим травлением можно мерить абсолютные значения напряжений на поверхности стенки на баллоне (баллон отожжен, и при отсутствии внутреннего давления напряжения на поверхности стенки тоже нулевые). Из графиков видно, что значения, полученные расчетным путем и измеренные, совпадают.

Для определения давления в баллоне:

$$P = \frac{\sigma_t \cdot t}{r} = \frac{\sigma_t \cdot 4,1}{70} = 0,0586\sigma_t \text{ [кг/кв. мм]}$$

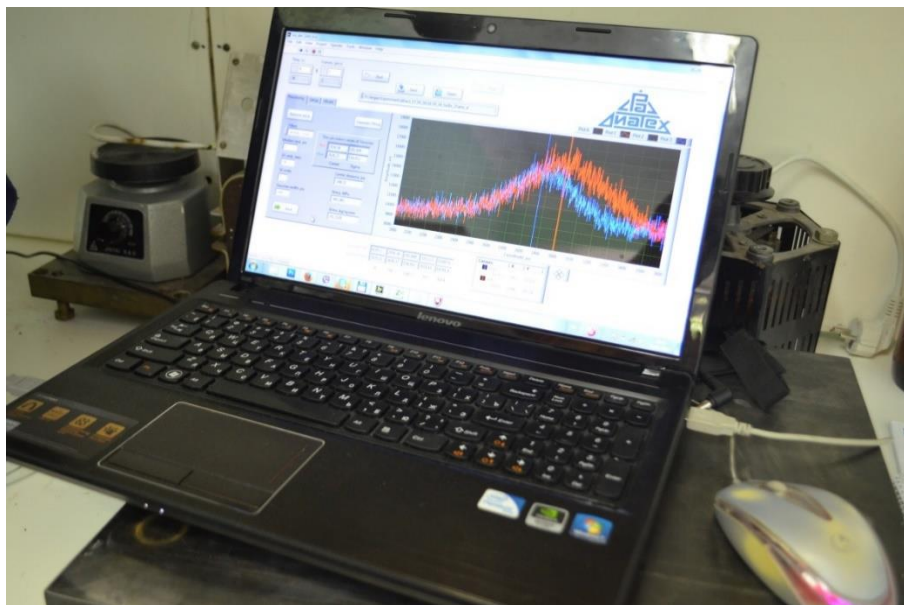


Рис. 4. Программное обеспечение обработки данных измерений



ООО «РаДиаТех»  
Радиационные диагностические технологии

Россия, 188300, Ленинградская обл., г. Гатчина, а/я 164

E-mail: [rdt@radiatech.ru](mailto:rdt@radiatech.ru)    **radiatech.ru**