

# Исследование зависимости плотности от температуры поверхности оболочки на тепловизионных снимках, в изделиях с ППУ изоляцией.

Таблица №1 расчета плотности образцов.

Образец №1: Труба Ø159/280

Номер Образца	Масса образца		высота		радиус	объем	плотность кг/м <sup>3</sup>
	грамм	кг	мм	м	м	м <sup>3</sup>	
						$E-05=10^{-5}$	
1	2,16	0,00216	56	0,056	0,01425	3,57065E-05	60,49
2	3,28	0,00328	59	0,059	0,01425	3,76194E-05	87,19
3	2,97	0,00297	55	0,055	0,01425	3,50689E-05	84,69
4	2,97	0,00297	54,5	0,0545	0,01425	3,47501E-05	85,47
5	2,5	0,0025	54	0,054	0,01425	3,44313E-05	72,61
6	2,35	0,00235	55	0,055	0,01425	3,50689E-05	67,01
7	2,65	0,00265	59,5	0,0595	0,01425	3,79382E-05	69,85
8	2,74	0,00274	62	0,062	0,01425	3,95322E-05	69,31
9	2,62	0,00262	59	0,059	0,01425	3,76194E-05	69,64
10	2,42	0,00242	55	0,055	0,01425	3,50689E-05	69,01

Тепловизионный снимок исследуемой трубы.



Таблица №2 изменения температуры во времени после заливки ППУ.

номер образца	Время прошедшее после заливки, мин.											
	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16
	Порядковый № снимка											
	3	5	8	9	11	12	14	17	19	20	22	25
Температура в исследуемых областях, С°												
1	30,5	31,2	33,3	34,4	35	35,4	36	36,1	35,6	36	36,2	35,9
2	34,7	35,9	37,9	40	40,9	41,5	41,9	42,6	42,4	42,6	42,7	42
3	32,8	34,2	36,7	38,2	39,2	39,6	40,4	40,7	40,6	41	41,5	41,1
4	31,7	33,4	36	37,3	38,3	38,8	39,7	40,2	40,6	41,1	41,3	41
5	29,8	31,4	33,6	34,9	36,8	37,5	38,2	38,6	38,8	38,8	38,6	38,3
6	29,6	31,2	33,6	34,7	35,8	36,3	37	37,3	37,4	37,5	37,5	37,3
7	29,9	31,5	34,1	35,2	36,2	36,7	37,3	37,9	38	38	38	37,8
8	30,6	31,9	35,2	35,9	37,4	37,5	38,4	38,5	38,6	38,7	38,2	38,2
9	30,3	30,9	35	35,8	37	37,1	37,5	37,9	37,7	37,7	37,5	37,1
10	30	31,7	34,4	35,4	36,2	37	37,8	38,2	38,2	38,3	38,3	38

Диаграмма зависимости температуры от времени после заливки ППУ, по данным в таблице №2.

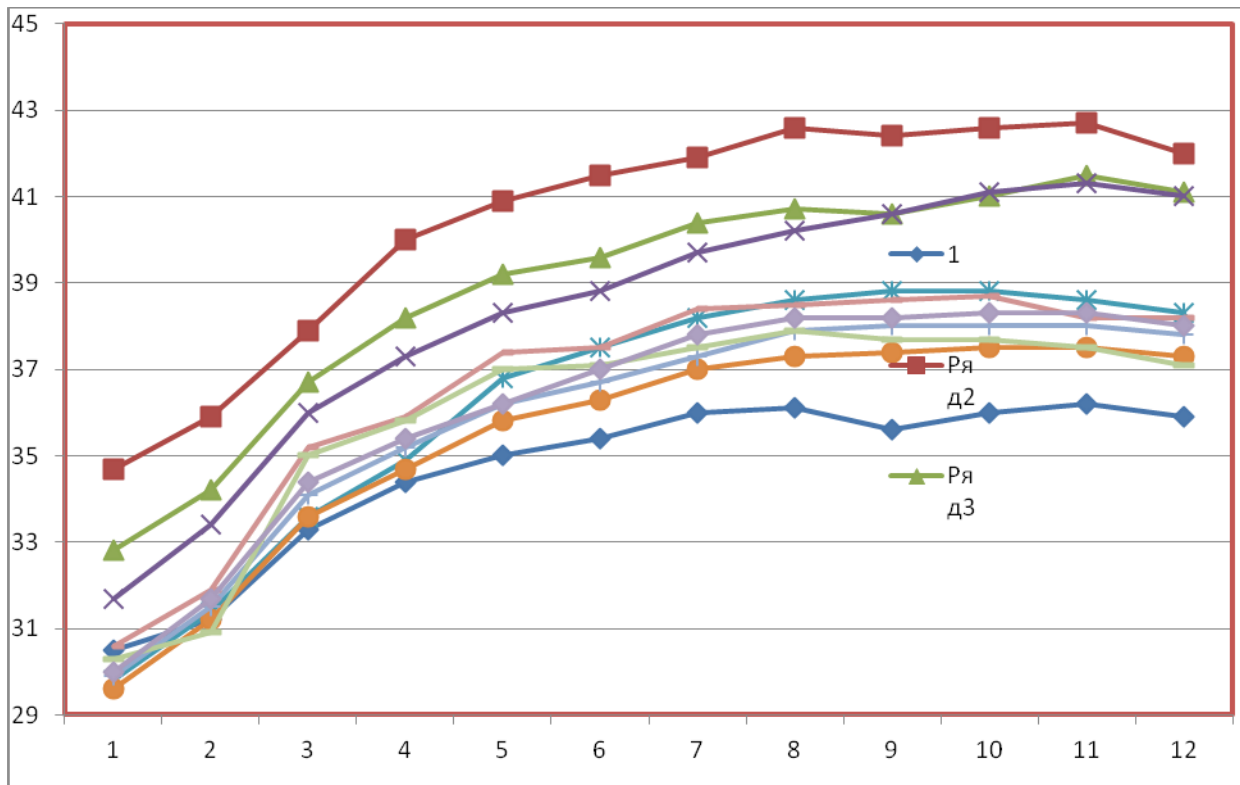


Диаграмма зависимости значений плотности ППУ от температуры на 4-ой минуте после заливки.

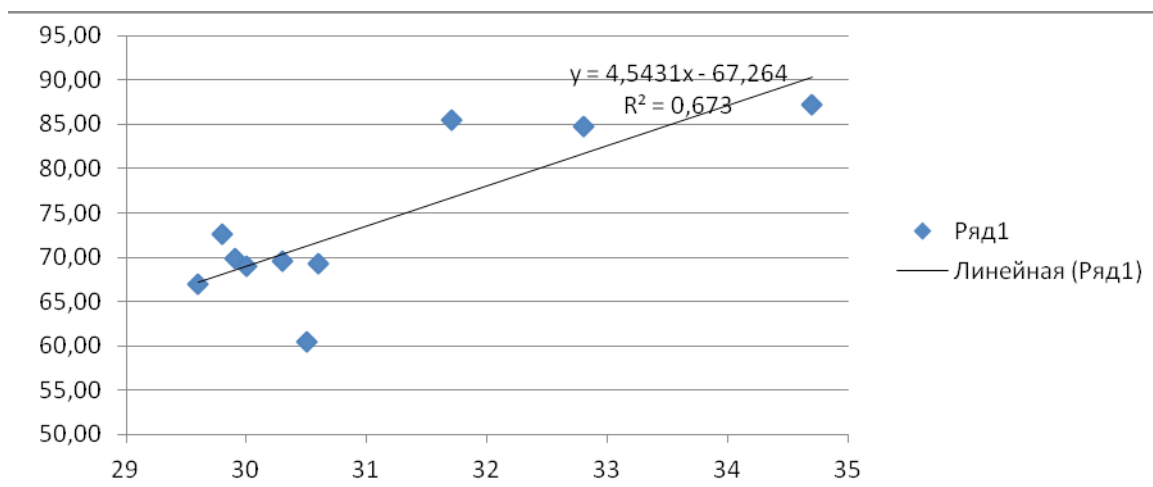
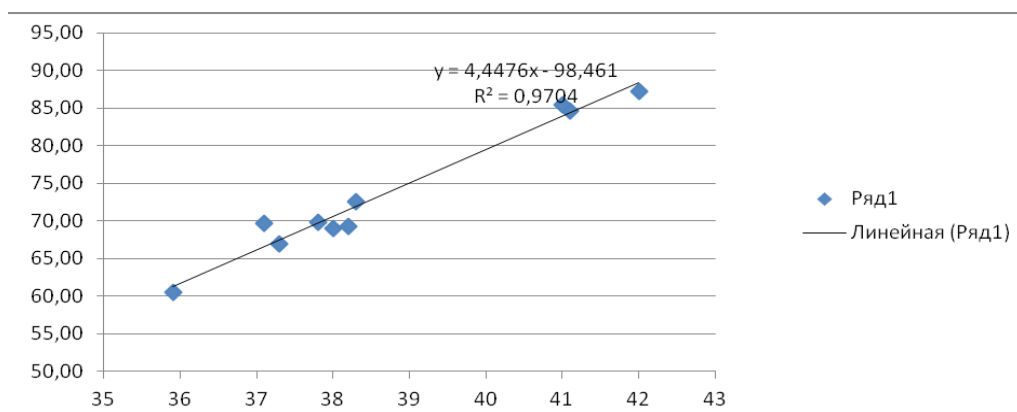


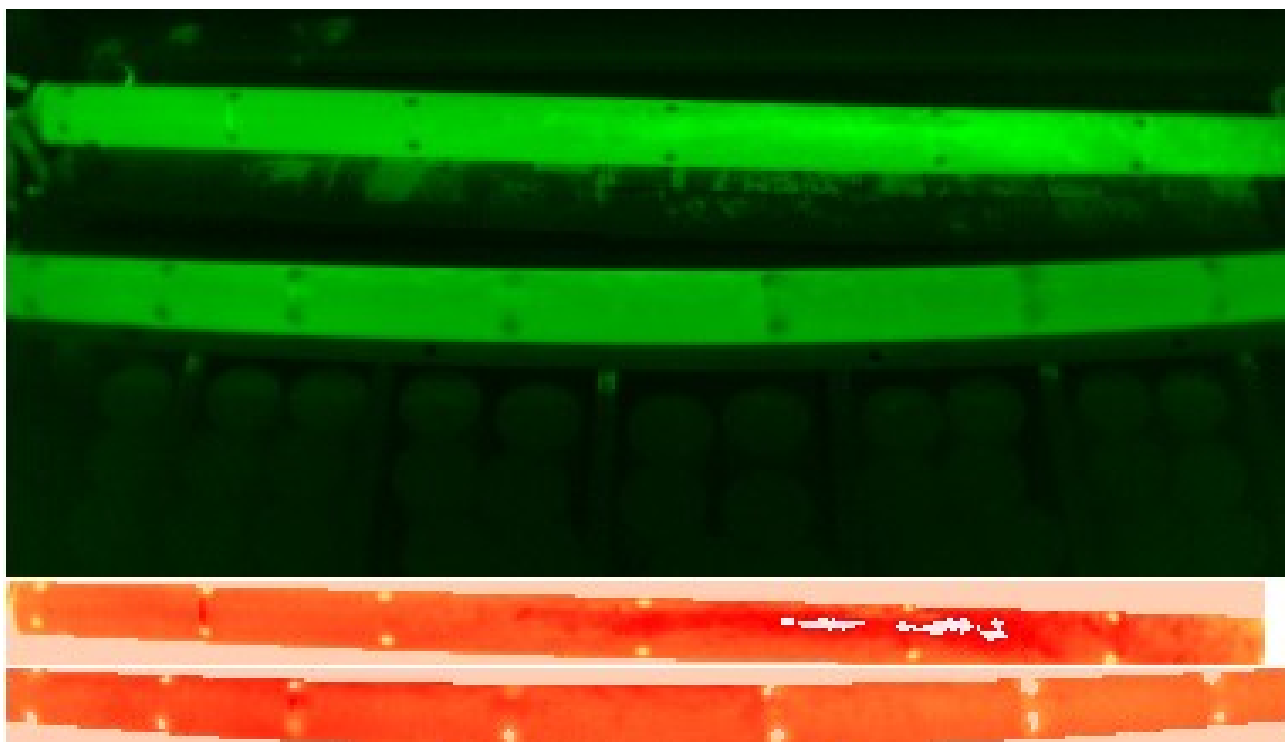
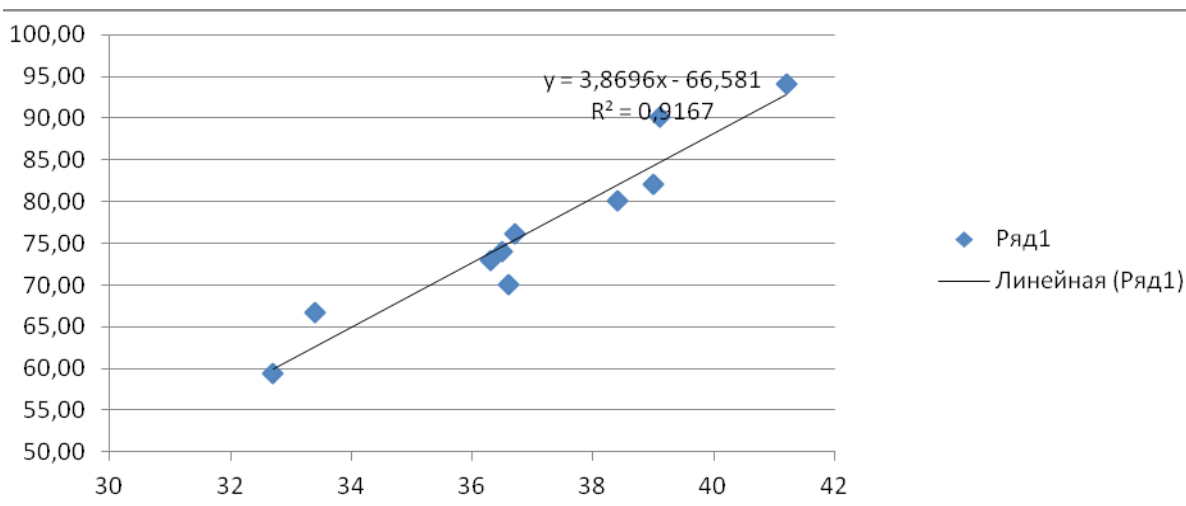
Диаграмма зависимости значений плотности ППУ от температуры на 16-ой минуте после заливки.



Труба 426/560

Номер образца	Масса образца		высота		радиус	объем	плотность кг/м3	Температура 16 минут После заливки
	грамм	кг	мм	м	м	м3		
1	2,38	0,00238	56	0,056	0,01425	3,57065E-05	66,65	33,4
2	2,69	0,00269	57	0,057	0,01425	3,63441E-05	74,01	36,5
3	2,56	0,00256	55	0,055	0,01425	3,50689E-05	73,00	36,3
4	3,13	0,00313	54,5	0,0545	0,01425	3,47501E-05	90,07	39,1
5	2,62	0,00262	54	0,054	0,01425	3,44313E-05	76,09	36,7
6	2,81	0,00281	55	0,055	0,01425	3,50689E-05	80,13	38,4
7	3,48	0,00348	58	0,058	0,01425	3,69817E-05	94,10	41,2
8	3,14	0,00314	60	0,06	0,01425	3,8257E-05	82,08	39
9	2,41	0,00241	54	0,054	0,01425	3,44313E-05	69,99	36,6
10	2,16	0,00216	57	0,057	0,01425	3,63441E-05	59,43	32,7

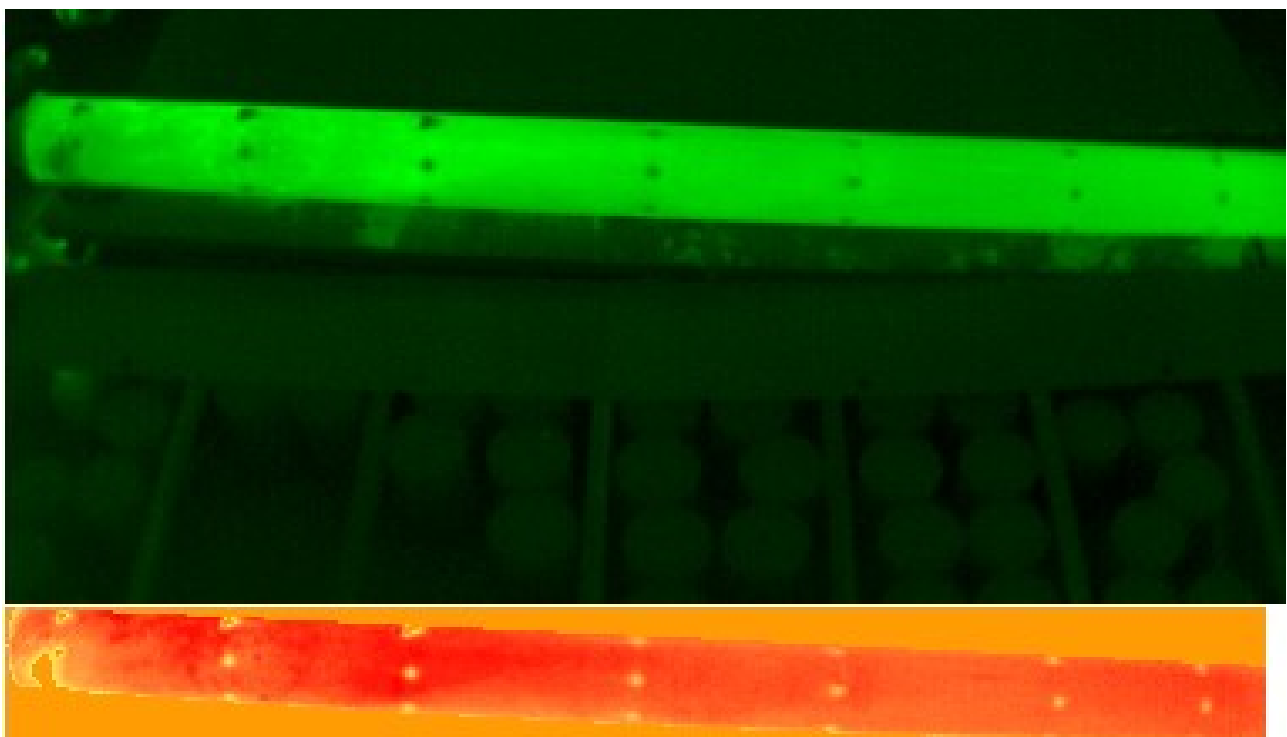
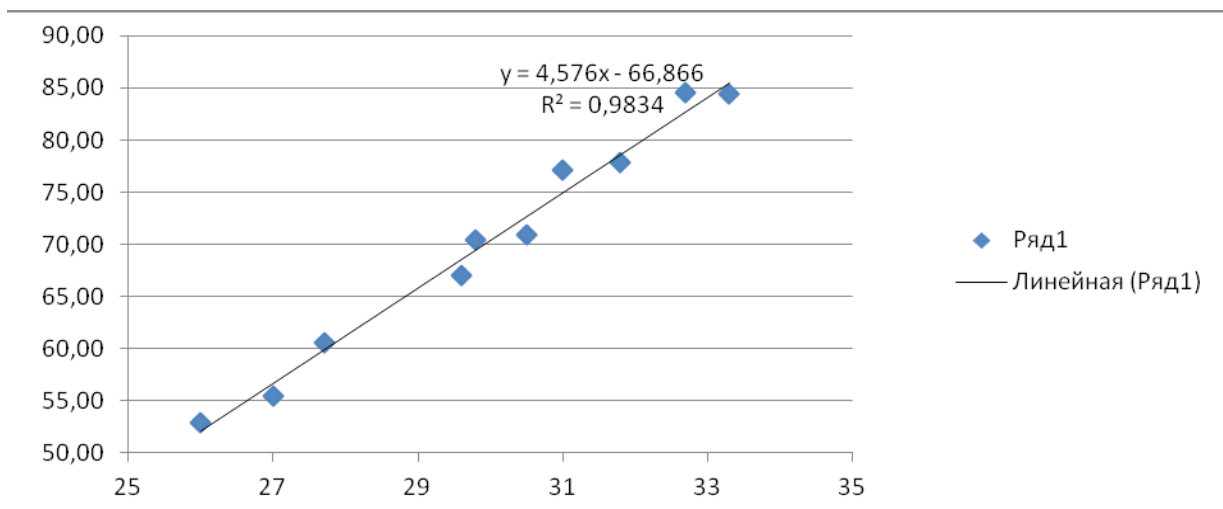
Диаграмма зависимости значений плотности от температуры 16 минут после заливки



Труба 530/710

Номер образц	Масса образца		высота		радиус	объем 16 минут после заливки	плотность  кг/м3	Температура 16 минут После заливки
	грамм	кг	мм	м	м			
1	2,76	0,00276	78	0,078	0,01425	4,97341E-05	55,50	27
2	3,91	0,00391	79,5	0,0795	0,01425	5,06905E-05	77,13	31
3	4,15	0,00415	77	0,077	0,01425	4,90965E-05	84,53	32,7
4	3,48	0,00348	77	0,077	0,01425	4,90965E-05	70,88	30,5
5	4,09	0,00409	76	0,076	0,01425	4,84588E-05	84,40	33,3
6	2,65	0,00265	78,5	0,0785	0,01425	5,00529E-05	52,94	26
7	3,27	0,00327	76,5	0,0765	0,01425	4,87776E-05	67,04	29,6
8	3,85	0,00385	77,5	0,0775	0,01425	4,94153E-05	77,91	31,8
9	3,55	0,00355	79	0,079	0,01425	5,03717E-05	70,48	29,8
10	3,01	0,00301	77,9	0,0779	0,01425	4,96703E-05	60,60	27,7

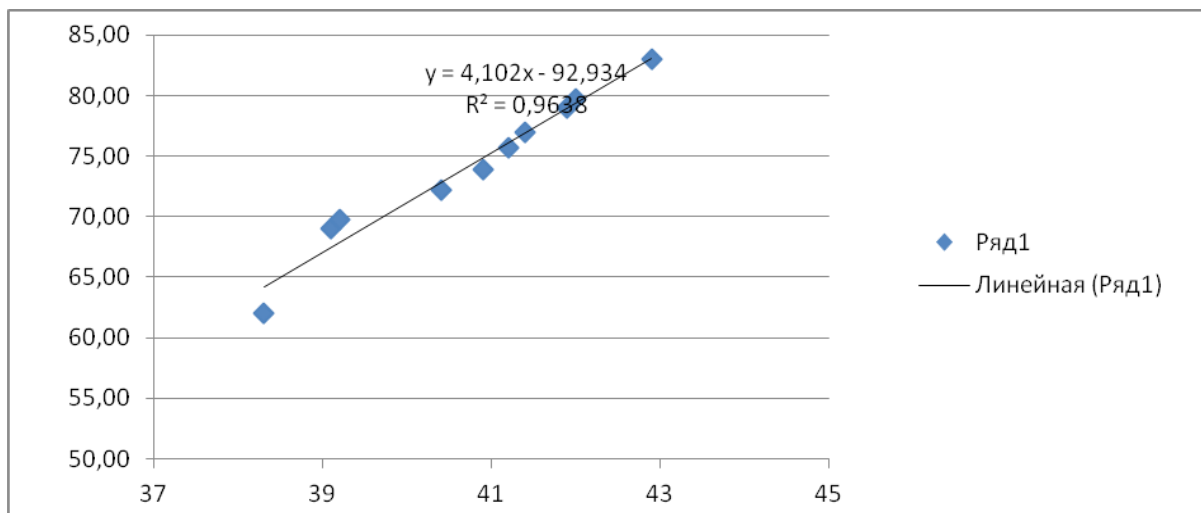
Диаграмма зависимости значений плотности от температуры 14 минут после заливки

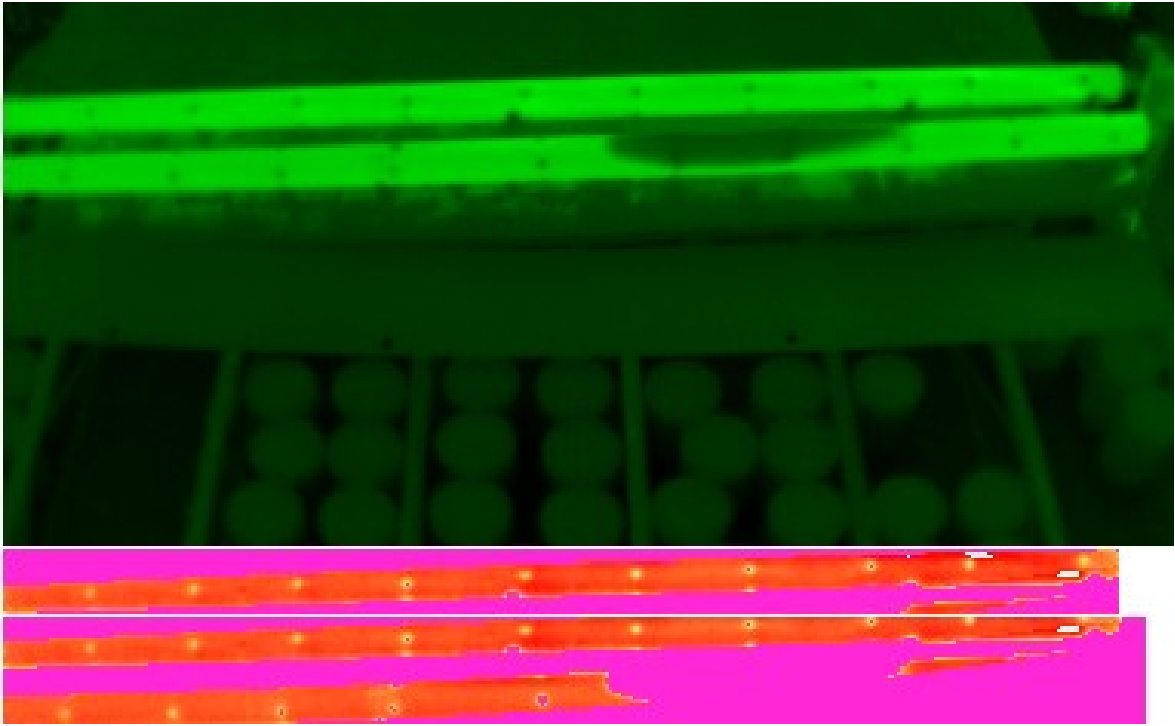


Труба 273/400

Номер образца	Масса образца		высота		радиус		объем м3	плотность кг/м3	Температура 16 минут после заливки
	грамм	кг	мм	м	мм	м			
1	2,7	0,0027	55	0,055	14,25	0,01425	3,50689E-05	76,99	41,4
2	2,82	0,00282	56	0,056	14,25	0,01425	3,57065E-05	78,98	41,9
3	2,59	0,00259	55	0,055	14,25	0,01425	3,50689E-05	73,85	40,9
4	2,51	0,00251	57	0,057	14,25	0,01425	3,63441E-05	69,06	39,1
5	2,24	0,00224	56,6	0,0566	14,25	0,01425	3,60891E-05	62,07	38,3
6	3,07	0,00307	58	0,058	14,25	0,01425	3,69817E-05	83,01	42,9
7	2,58	0,00258	58	0,058	14,25	0,01425	3,69817E-05	69,76	39,2
8	2,74	0,00274	59,5	0,0595	14,25	0,01425	3,79382E-05	72,22	40,4
9	2,75	0,00275	57	0,057	14,25	0,01425	3,63441E-05	75,67	41,2
10	2,95	0,00295	58	0,058	14,25	0,01425	3,69817E-05	79,77	42

Диаграмма зависимости значений плотности от температуры 16 минут после заливки

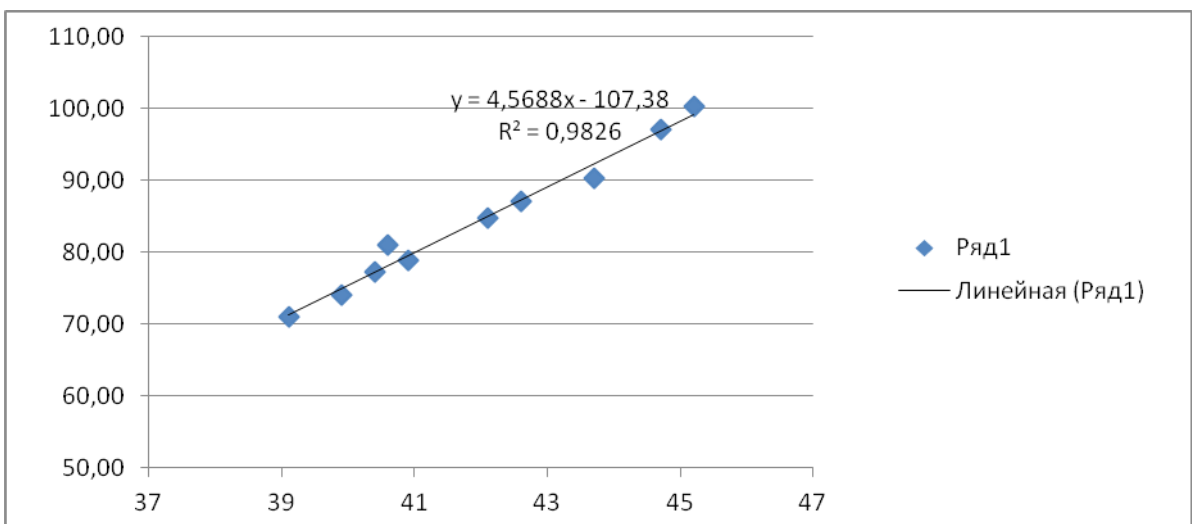


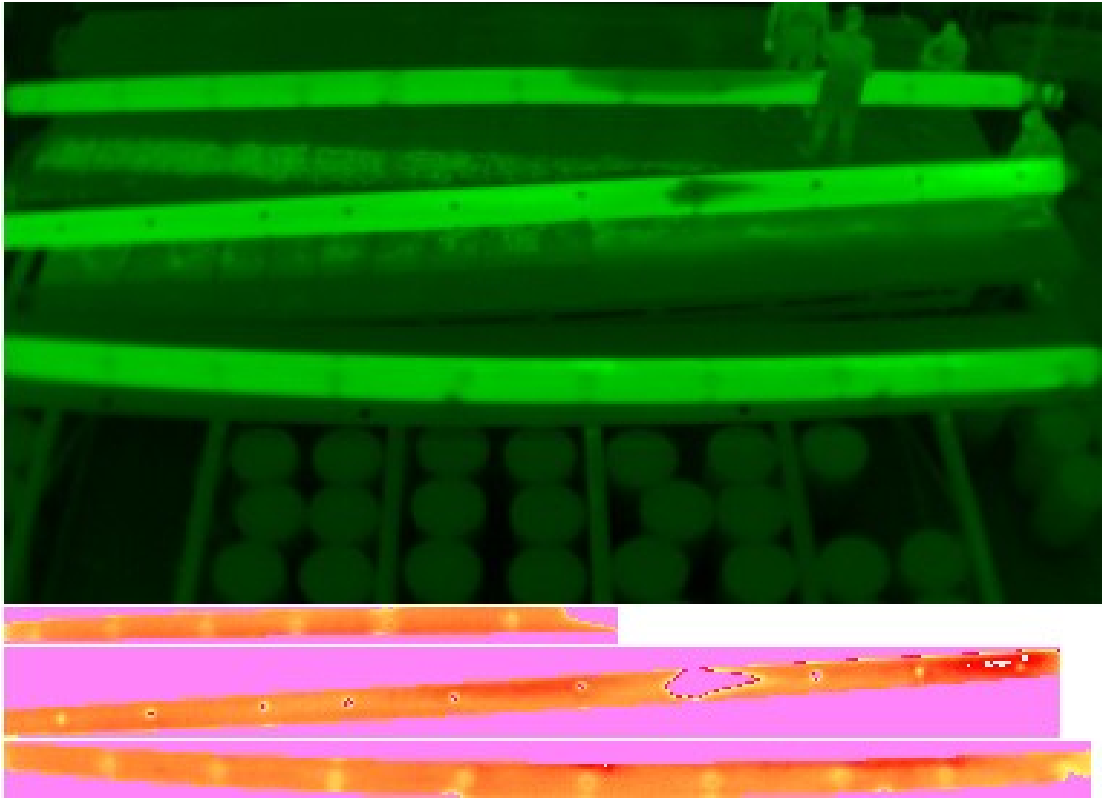


Труба 273/400

Номер образца	Масса образца		высота		радиус		объем м3	плотность кг/м3	Температура 16 минут после заливки
	грамм	кг	мм	м	мм	м			
1	2,89	0,00289	56	0,056	14,25	0,01425	3,57065E-05	80,94	40,6
2	3,08	0,00308	55,5	0,0555	14,25	0,01425	3,53877E-05	87,04	42,6
3	3,65	0,00365	59	0,059	14,25	0,01425	3,76194E-05	97,02	44,7
4	3,74	0,00374	58,5	0,0585	14,25	0,01425	3,73006E-05	100,27	45,2
5	3,11	0,00311	54	0,054	14,25	0,01425	3,44313E-05	90,32	43,7
6	2,71	0,00271	55	0,055	14,25	0,01425	3,50689E-05	77,28	40,4
7	2,58	0,00258	57	0,057	14,25	0,01425	3,63441E-05	70,99	39,1
8	2,99	0,00299	59,5	0,0595	14,25	0,01425	3,79382E-05	78,81	40,9
9	2,69	0,00269	57	0,057	14,25	0,01425	3,63441E-05	74,01	39,9
10	3,19	0,00319	59	0,059	14,25	0,01425	3,76194E-05	84,80	42,1

Диаграмма зависимости значений плотности от температуры 16 минут после заливки

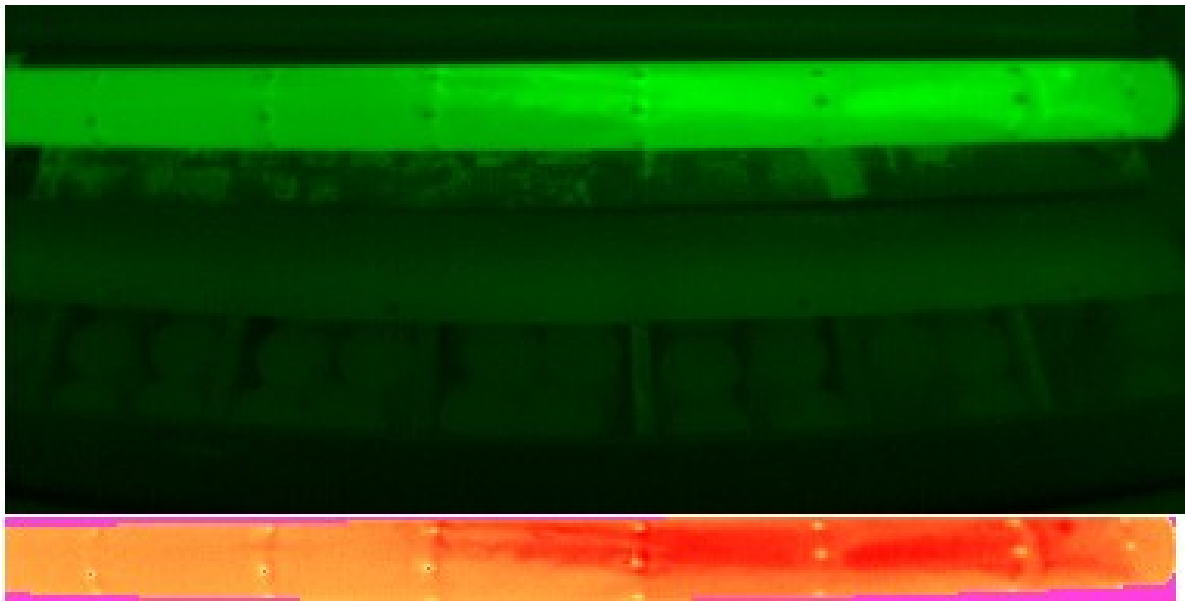
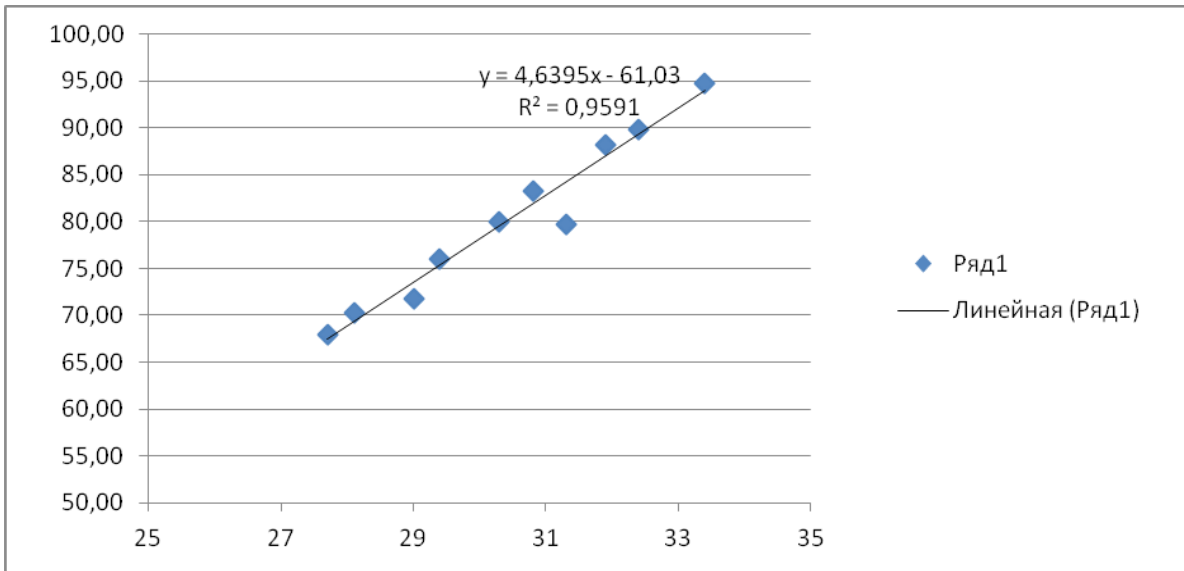




630/800

Номер образца	Масса образца		высота		радиус		объем м3	плотность кг/м3	Температура 16 минут после заливки
	грамм	кг	мм	м	мм	м			
1	3,12	0,00312	72	0,072	14,25	0,01425	4,59084E-05	67,96	27,7
2	3,28	0,00328	73,2	0,0732	14,25	0,01425	4,66735E-05	70,28	28,1
3	3,25	0,00325	71	0,071	14,25	0,01425	4,52708E-05	71,79	29
4	3,45	0,00345	71,2	0,0712	14,25	0,01425	4,53983E-05	75,99	29,4
5	3,72	0,00372	73	0,073	14,25	0,01425	4,6546E-05	79,92	30,3
6	3,81	0,00381	75	0,075	14,25	0,01425	4,78212E-05	79,67	31,3
7	4,23	0,00423	70	0,07	14,25	0,01425	4,46331E-05	94,77	33,4
8	3,94	0,00394	70,1	0,0701	14,25	0,01425	4,46969E-05	88,15	31,9
9	4,12	0,00412	72	0,072	14,25	0,01425	4,59084E-05	89,74	32,4
10	3,9	0,0039	73,5	0,0735	14,25	0,01425	4,68648E-05	83,22	30,8

Диаграмма зависимости значений плотности от температуры 15 минут после заливки

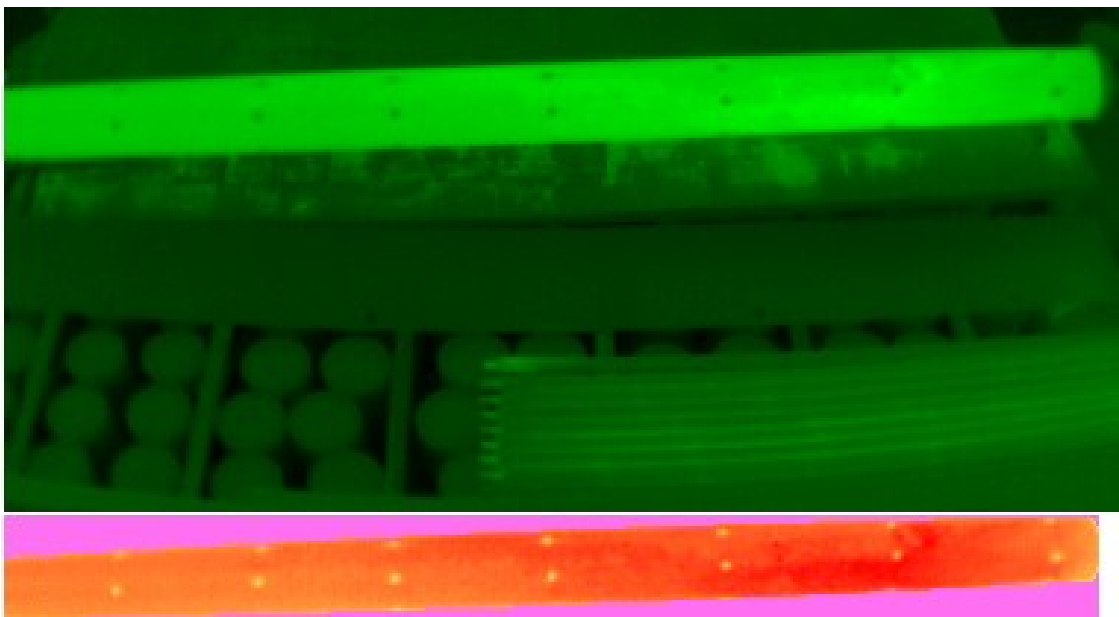
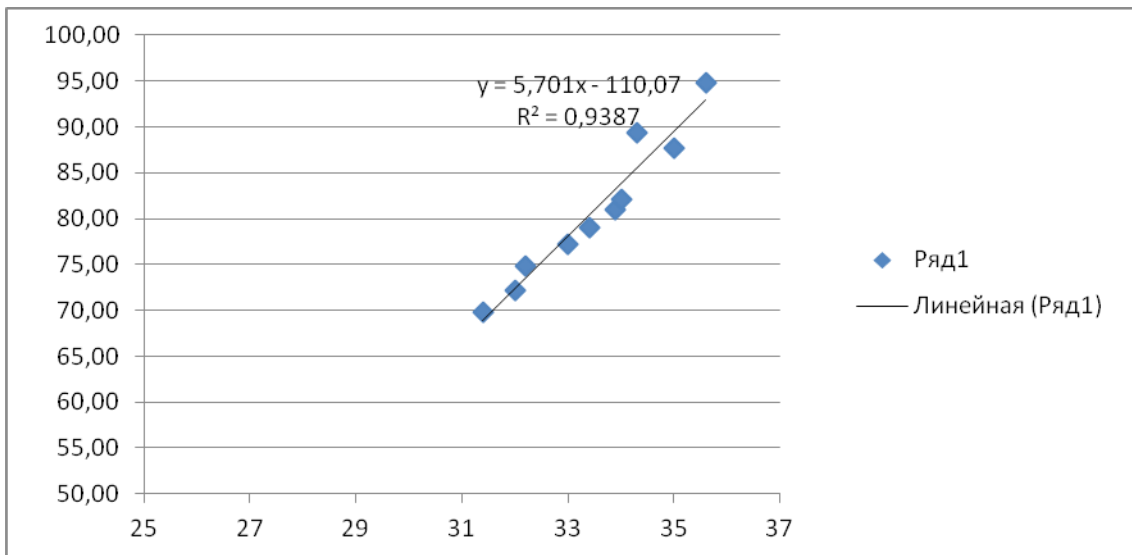


630/800

Номер образца	Масса образца		высота		радиус		объем м3	плотность кг/м3	Температура 16 минут после заливки
	грамм	кг	мм	м	мм	м			
1	3,35	0,00335	72,8	0,0728	14,25	0,01425	4,64185E-05	72,17	32
2	3,16	0,00316	71	0,071	14,25	0,01425	4,52708E-05	69,80	31,4
3	3,58	0,00358	75	0,075	14,25	0,01425	4,78212E-05	74,86	32,2
4	3,68	0,00368	74,8	0,0748	14,25	0,01425	4,76937E-05	77,16	33
5	3,68	0,00368	73	0,073	14,25	0,01425	4,6546E-05	79,06	33,4
6	3,87	0,00387	75	0,075	14,25	0,01425	4,78212E-05	80,93	33,9
7	4,35	0,00435	72	0,072	14,25	0,01425	4,59084E-05	94,75	35,6
8	3,98	0,00398	76	0,076	14,25	0,01425	4,84588E-05	82,13	34
9	4,12	0,00412	72,3	0,0723	14,25	0,01425	4,60997E-05	89,37	34,3
10	4,1	0,0041	73,3	0,0733	14,25	0,01425	4,67373E-05	87,72	35

Диаграмма зависимости значений плотности от температуры 16 минут после заливки





### Вывод:

При исследовании представленных образцов были выявлены следующие закономерности:

- при данном методе исследования зависимости температуры от плотности наши измерения показали линейную взаимосвязь данных параметров.
- Зависимость температуры от плотности определяется с точностью в диапазоне от 90 до 98 %.
- 2-10% - это погрешность измерений при определении плотности и места взятия образцов.

Точность измерения в данном методе, достигается тем, что исследуются все значения температуры пикселей на всей площади залитой трубы одновременно в одной снимке тепловизора.

Причем если обрабатывается 2 и более снимков труб, для каждой трубы показатели плотности рассчитываются индивидуально, т.к. температура труб постоянно изменяется с момента заливки.

Исходя из данных приведенных на таблицах №3-10, выявлено, что время съемки нужно подбирать исходя из технологических условий заливки, это дает более высокую точность расчета плотности в каждом образце.