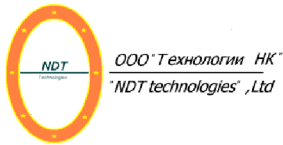


ООО «Технологии Неразрушающего Контроля»  
ОГРН 1085321007353, ИНН 5321128918, 173003, Россия, Великий Новгород, ул. Кооперативная 15-9,  
Телефон: 8 (960) 2044397, Факс: 8 (8162) 737347



## ОТЧЕТ

по контролю внутренних дефектов  
теплообменника газового охлаждения ТГО  
принадлежащего Курской АЭС

Технический директор ООО «Технологии НК»

Шаров А.Н.

г. Удомля

2010 г.

## 1. Введение

Дефекты трубопроводов часто являются причиной крупных аварий на промышленных предприятиях, о чем хорошо известно. Сколько инженеров несут ответственность, при завершении ремонта либо строительства особенно в химической, нефтяной и энергетической отраслях промышленности за исправность трубопроводов, трубы должны быть свободны от инородных тел, герметичны. Высокая ответственность ложится на плечи персонала обслуживающего трубопроводы, если имеются, какие либо дефекты. К примеру, ликвидация дефектов труб в котлах современных энергетических станций занимает не менее трех дней в связи с проблемами доступа и температуры, и включает в себя потерю средств, поскольку приводят к потерям производства. Ветошь, сварочные стержни и разбитые лампочки, были найдены в трубах электростанций, несмотря на строгие меры предосторожности, которые принимаются, чтобы избежать этой проблемы. Масштабы этого мусора очень низки, но если не удалять, то почти наверняка впоследствии данный факт вызовет отказ. Мусор в трубах и в других частях этой системы может иметь разрушительный эффект.

Столкнувшись с этой проблемой, CEGB (Центральная комиссия по производству электроэнергии, Великобритания) внесло важный вклад в область инспекции труб с использованием акустических методов. Настоящий документ подтверждает новое понятие в изучение методов контроля, а именно контроля трубы путем распространения звука в воздухе внутри трубы, а не через трубу, как работают ультразвуковые методы. Таким образом, длинные трубопроводы и отдельно трубы в каких либо теплообменных аппаратах рассматриваются быстро от начала до конца трубы.

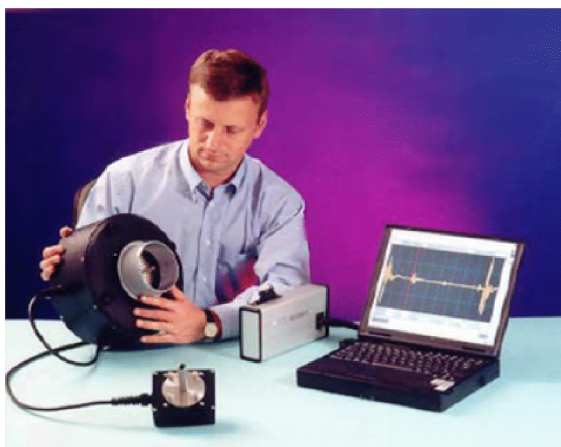
## 2. Постановка задачи

**Цель:** Контроль внутренних дефектов труб теплообменника газового охлаждения ТГО.

**Место проведения работ:** г. Удомля, ОАО ТАСМО

## 3. Используемое оборудование

**Acoustic Ranger 5000 (AR 5000)**, сер. № 01003 фирмы **Phoenix ISL** Великобритания - является новым инструментом для диагностики трубопроводов и труб теплообменного оборудования. Действие основано на использовании эхоимпульсного метода с использованием аудио частоты звуковых волн, распространяющихся в воздухе внутри трубы.



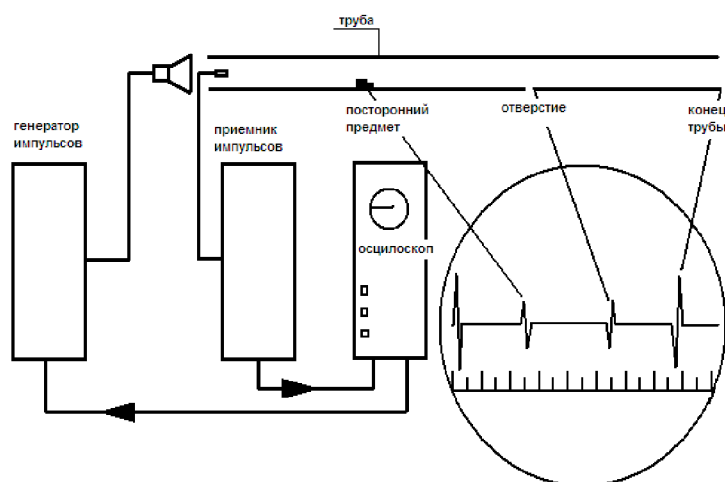
Разработка исследовательского отдела Центрального совета по электроэнергии (Великобритания), нашла широкое применение на электростанциях, в химической и нефтеперерабатывающей отрасли с целью сокращения эксплуатационных расходов. Аппаратура проста в использовании и в равной степени применима к прямым трубам или к трубам со сложной геометрией. В тех случаях, когда трубы имеют открытый доступ, обследование занимает около 300 труб в час.

Принцип прибора похож на работу гидролокационной или радиолокационной системы показан на рис. 1 звуковой импульс распространяется через воздух в трубе и возвращается эхом, которое фиксирует микрофон, и отображается на осциллографе. Время прохождения пропорционально пройденному расстоянию, позиция дефекта может быть определена с дисплея. Любые изменения в акустическом импедансе трубки будут производить эхо.

При низких частотах мощность эхо-сигнала, зависит от изменений, влияющих на скорость распространения волны под воздействием какого либо дефекта. Поэтому любые изменения в сечении трубы будут производить эхо. Резкое расширение, такие, как большой коррозионный

износ, можно обнаружить также легко, как и любое уменьшение сечения из-за отложений либо инородных тел, связанного с изменением поперечного сечения.

Рис. 1 – Принцип AR 5000



Эхоимпульс не может быть достаточным для оценки, как сигнал от конца трубы. Изменение акустического импеданса при переходе от трубы, где звук был ограничен в открытом пространстве, в основном связано с быстрым ростом амплитуды волны. Это создает равный по мощности эхоимпульс, который распространяется обратно вниз по трубе, как и в органе, где резонанс создается путем отражения звука от открытого участка трубы, причем рассеивается лишь небольшая часть энергии, излучаемой для нашего слуха.

В качестве примера чувствительности

инструмента, уменьшение площади поперечного сечения на 5 процентов и более могут быть обнаружены на расстоянии 20 метров при 40 мм, диаметре трубы. А увеличение площади в глубину на 1 мм будет обнаружены как был бы обнаружен шарик от подшипника диаметром 10 мм. Минимальный размер объектов, которые могут быть обнаружены, зависит от фоновых шумов, диаметра трубы и свойства датчика. А общее руководство для стандартного датчика 90 мм определяется номограммой на рисунке 2.

В случае с отверстиями (свищами) или утечками, отверстие диаметром 0,5 мм может быть обнаружено на расстоянии до 45 метров в трубе диаметром 25 мм. Для толстостенных труб минимальные дефекты также пропорциональны диаметру трубы.

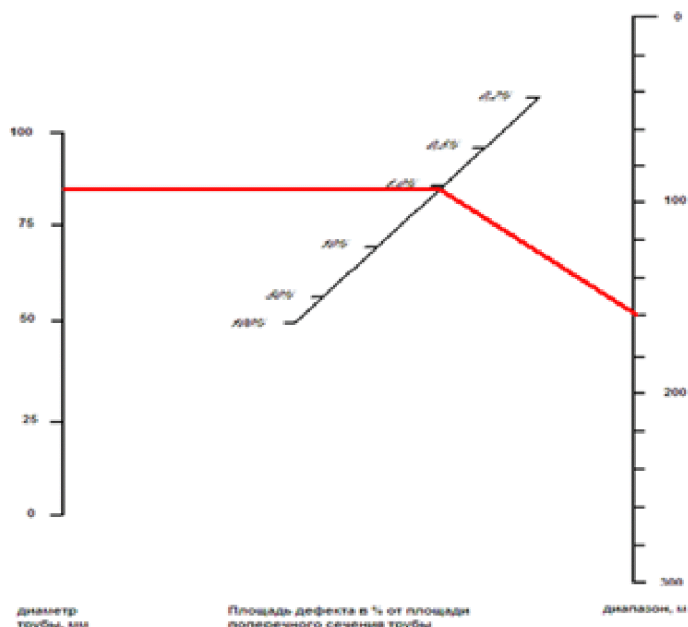


Рис. 2 – Номограмма минимального размера дефекта

#### 4. Краткая характеристика объекта контроля и окружающей среды

Труба теплообменная: 20x2

Температура воздуха во время контроля: 21 °С

Количество труб для контроля – 1138 шт.

Длина трубы – 4 метра

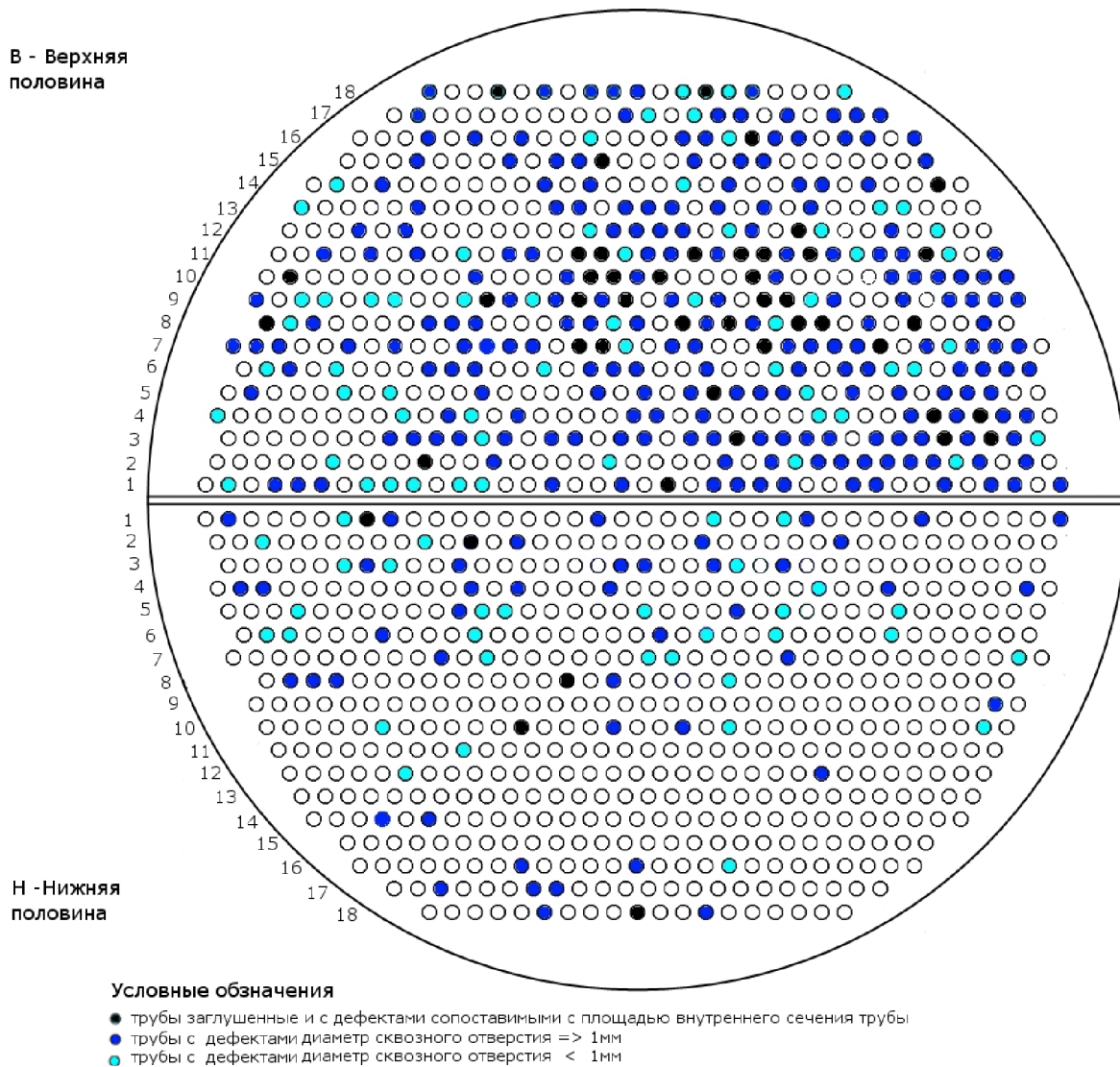
Время контроля одной трубы – до 15 секунд

Чувствительность при контроле отложений – 0,1 мм на сторону

## 5. Схема контроля

Принятая схема обозначения приведена на рис. 3, номера рядов обозначены слева, а номера труб считаются слева направо по возрастанию.

Рис. 3



## 6. Анализ данных.

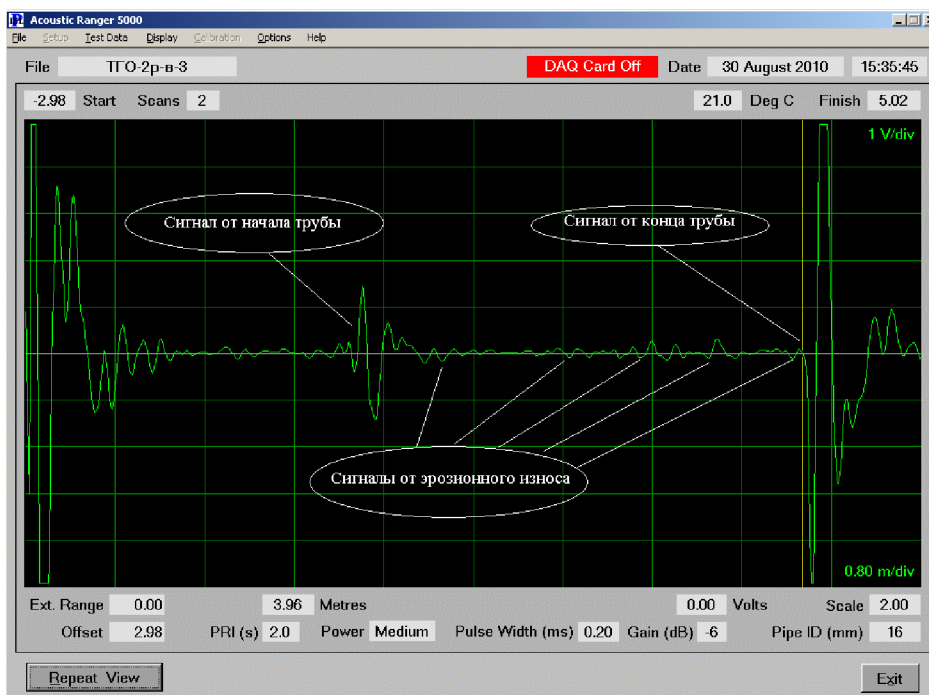
Всего принято для контроля 1138 труб из них:

- 383 трубы, имеют сквозные дефекты различной величины и на различной длине.
- 3 трубы заглушены.
- 1 труба вынута
- 751 имеют внутренний эрозионный износ до 80% от толщины стенки

## 6.1. Трубы, не имеющие сквозных дефектов

Картограмма кривых для труб, не имеющих сквозных дефектов представлена на рис.4, где отмечены сигналы от начала трубы и от ее конца, который является калибровочным для проведения измерений величины дефекта. Данная картограмма получена при измерении третьей трубы во втором ряду верхней половины. Данные трубы имеют множественные сигналы от эрозионного износа. Желтая линия курсора произвольно стоит в точке 3,83 метра от начала трубы.

Рис. 4

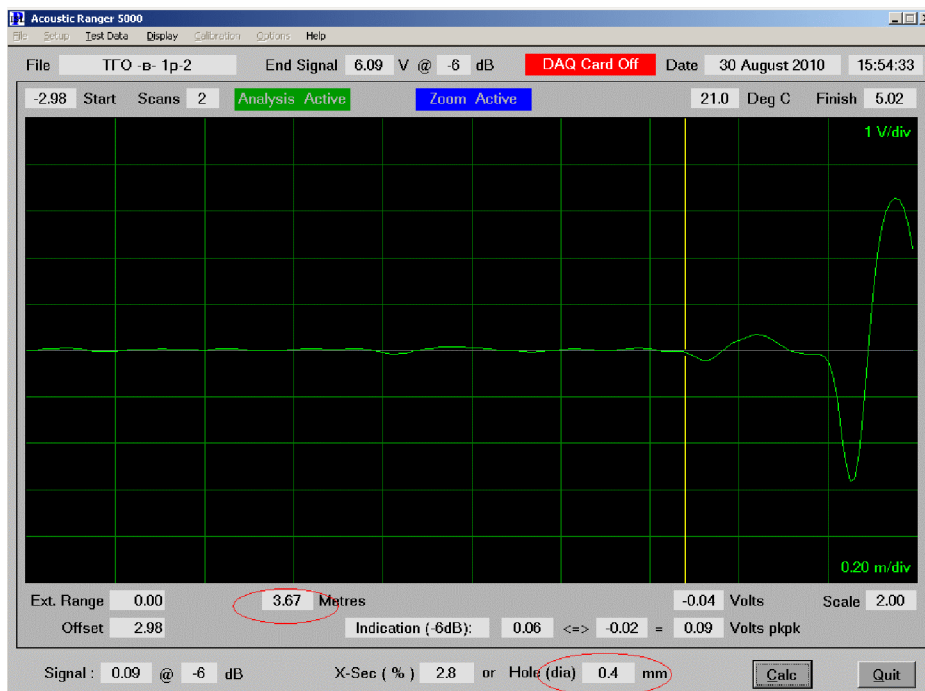


## 6.2. Трубы имеющие сквозные дефекты различной величины.

На рисунке 5 представлена картограмма полученная при контроле второй трубы в первом ряду верхней половины. Желтая линия курсора расположена на начале сквозного дефекта в точке 3,67 м от начала трубы, диаметр сквозного дефекта 0,4 мм.

Для труб со сквозными дефектами величина эрозионного износа в местах дефектов значительно превосходит величину сквозного отверстия, т.е. дефект имеет вид воронки, где только конусная часть лежит на наружной поверхности трубы. Общий эрозионный износ трубы в данном месте составляет 0,63 мм на сторону.

Рис.5



Данные для труб с дефектами приведены в приложении, в таблице 1, для каждой трубы имеется величина сквозного отверстия в миллиметрах и расстояние в метрах до дефекта от начала трубы.

Буква «р» обозначает, что величина сквозного дефекта и эрозионного износа соизмерима с площадью внутреннего сечения исправной трубы.

При наличии в трубе нескольких сквозных дефектов данные предоставлены по наибольшему значению.

**Перечень труб теплообменника газового охлаждения поз. ТГО Курская АЭС, имеющих сквозные дефекты при контроле 25/08/2010**

№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
1	1н	2	1,4/2,9
2	1н	7	0,7/3,48
3	1н	8	p/0,67
4	1н	9	1,2/1,41
5	1н	18	1,1/0,52
6	1н	23	0,7/0,49
7	1н	26	0,7/0,53
8	1н	27	1,1/3,57
9	1н	32	5,0/0,28
10	1н	38	1,1/1,7
11	2н	3	0,8/2,96
12	2н	10	0,9/1,07
13	2н	12	p/0,47
14	2н	14	1,3/3,35
15	2н	22	0,1/0,89
16	2н	28	1,6/0,4
17	3н	6	0,5/2,77
18	3н	7	2,3/0,57
19	3н	8	0,2/2,74
20	3н	11	4,6/0,38
21	3н	18	4,3/0,49
22	3н	19	1,3/0,94
23	3н	23	2,2/1,55
24	3н	24	0,8/1,41
25	3н	26	1,1/3,78
26	4н	2	0,7/1,6
27	4н	3	2,3/0,54
28	4н	12	1,3/1,2
29	4н	14	1,3/2,08
30	4н	18	1,4/1,18
31	4н	27	0,5/1,9
32	4н	30	1,4/1,26
33	4н	36	1,8/2,03
34	5н	4	0,1/0,71
35	5н	11	1,0/1,5
36	5н	12	0,2/0,92
37	5н	13	0,1/0,58
38	5н	19	0,2/1,85
39	5н	23	1,7/0,32
40	5н	25	0,4/3,05
41	5н	30	0,9/1,52
42	6н	2	0,3/1,89
43	6н	3	0,4/2,1
44	6н	7	1,5/1,84
45	6н	11	0,7/1,01

№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
46	6н	19	2,3/3,1
47	6н	21	0,9/2,42
48	6н	24	0,8/3,08
49	6н	29	0,1/3,82
50	7н	10	1,0/1,58
51	7н	12	0,6/3,08
52	7н	19	0,2/0,78
53	7н	20	0,1/0,86
54	7н	25	1,0/0,48
55	7н	35	0,9/2,61
56	8н	2	1,5/1,63
57	8н	3	1,0/3,21
58	8н	4	1,8/2,97
59	8н	14	заглушена
60	8н	16	2,2/1,33
61	8н	21	0,1/2,99
62	9н	33	0,9/1,7
63	10н	6	0,1/2,98
64	10н	12	заглушена
65	10н	16	2,3/2,87
66	10н	19	1,6/0,92
67	10н	21	0,8/0,63
68	10н	32	0,5/3,75
69	11н	9	0,1/3,37
70	12н	6	2,5/3,6
71	12н	24	1,0/2,6
72	14н	4	1,2/3,08
73	14н	6	1,7/3,64
74	16н	8	1,6/1,65
75	16н	13	1,4/1,6
76	16н	17	0,2/0,5
77	17н	3	2,0/3,4
78	17н	7	2,3/0,4
79	17н	8	1,6/0,5
80	18н	6	2,1/0,3
81	18н	10	заглушена
82	18н	13	1,1/0,4
83	1в	2	0,4/3,67
84	1в	4	1,6/2,32
85	1в	5	1,9/2,30
86	1в	6	1,9/2,5
87	1в	8	1,8/2,59
88	1в	9	0,9/2,51
89	1в	10	0,9/1,95

№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
90	1в	12	0,8/0,87
91	1в	13	0,8/1,73
92	1в	16	2,3/2,78
93	1в	19	2,0/2,06
94	1в	21	p/2,19
95	1в	23	1,8/0,98
96	1в	24	1,1/1,62
97	1в	25	2,7/1,82
98	1в	26	2,9/0,96
99	1в	29	2,7/2,45
100	1в	30	2,4/2,45
101	1в	33	1,5/0,39
102	1в	35	4,1/3,08
103	1в	36	2,2/3,29
104	1в	38	1,0/2,17
105	2в	6	0,7/2,6
106	2в	10	p/0,37
107	2в	13	1,0/3,07
108	2в	18	0,6/3,67
109	2в	22	p/2,52
110	2в	23	5,0/2,54
111	2в	25	2,1/0,89
112	2в	26	0,7/3,53
113	2в	27	1,6/2,39
114	2в	28	2,0/2,08
115	2в	29	2,0/1,8
116	2в	30	3,6/0,88
117	2в	31	2,0/1,16
118	2в	32	3,7/0,79
119	2в	33	0,7/3,11
120	2в	34	2,8/2,06
121	2в	36	3,5/1,25
122	3в	8	1,3/0,7
123	3в	9	3,4/1,93
124	3в	10	2,0/0,69
125	3в	11	1,2/3,28
126	3в	12	0,8/0,3
127	3в	13	1,8/1,54
128	3в	15	3,5/2,5
129	3в	16	1,3/2,45
130	3в	18	1,5/3,25
131	3в	19	1,0/3,49
132	3в	21	1,3/3,09
133	3в	22	2,7/2,22



№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
134	3В	23	р/2,38
135	3В	24	2,3/1,84
136	3В	25	1,3/3,39
137	3В	26	1,1/2,76
138	3В	27	3,3/1,18
139	3В	29	1,0/1,4
140	3В	30	5,0/1,86
141	3В	31	4,5/2,51
142	3В	32	р/2,22
143	3В	33	2,7/2,22
144	3В	34	р/2,37
145	3В	35	1,2/2,99
146	3В	36	0,7/3,28
147	4В	1	0,6/3,26
148	4В	9	0,8/2,15
149	4В	11	1,4/0,22
150	4В	12	0,8/2,89
151	4В	14	3,9/1,82
152	4В	19	1,0/2,33
153	4В	20	1,7/3,12
154	4В	22	2,0/3,56
155	4В	27	0,9/2,22
156	4В	28	0,9/2,22
157	4В	31	2,7/2,89
158	4В	32	р/1,81
159	4В	33	3,6/3,29
160	4В	34	р/1,8
161	4В	35	4,6/2,62
162	4В	36	1,6/1,27
163	5В	2	1,4/2,92
164	5В	6	0,4/3,08
165	5В	8	0,9/1,66
166	5В	12	1,4/1,99
167	5В	17	1,9/2,54
168	5В	19	1,5/2,06
169	5В	21	4,6/3,59
170	5В	22	р/3,25
171	5В	23	1,7/2,42
172	5В	24	1,6/3,27
173	5В	25	1,3/2,63
174	5В	26	0,9/0,96
175	5В	28	3,0/1,59
176	5В	30	4,6/3,63
177	5В	32	3,8/1,83
178	5В	33	1,3/3,25
179	5В	34	2,2/1,98
180	6В	2	0,9/1,94
181	6В	3	1,1/3,72
182	6В	5	0,8/2,55

№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
183	6В	9	1,3/3,3
184	6В	10	3,4/2,31
185	6В	11	3,7/1,77
186	6В	14	0,9/3,29
187	6В	16	2,4/3,26
188	6В	17	2,7/3,17
189	6В	18	2,1/0,37
190	6В	21	2,6/3,31
191	6В	24	0,3/0,32
192	6В	25	1,1/0,32
193	6В	27	3,6/2,95
194	6В	28	2,1/3,07
195	6В	29	0,9/2,97
196	6В	30	0,7/1,9
197	6В	32	3,6/3,78
198	6В	33	1,2/3,29
199	6В	34	2,4/1,92
200	6В	35	2,2/1,54
201	7В	1	1,1/2,98
202	7В	2	1,3/2,72
203	7В	3	1,9/2,64
204	7В	6	1,9/2,64
205	7В	8	0,7/1,78
206	7В	11	1,2/2,25
207	7В	12	1,1/2,09
208	7В	13	1,7/2,24
209	7В	14	1,3/3,16
210	7В	16	р/3,07
211	7В	17	р/2,08
212	7В	18	0,9/0,68
213	7В	20	1,3/2,28
214	7В	21	1,4/2,75
215	7В	24	р/3,15
216	7В	25	1,4/1,86
217	7В	26	1,3/1,93
218	7В	27	3,4/1,52
219	7В	28	3,4/3,00
220	7В	29	р/1,15
221	7В	31	3,0/2,69
222	7В	32	0,1/0,79
223	7В	33	4,7/1,43
224	7В	34	2,1/1,88
225	7В	35	1,9/2,24
226	8В	1	р/2,72
227	8В	2	0,3/2,72
228	8В	3	1,5/3,52
229	8В	8	1,6/3,64
230	8В	9	4,3/0,8
231	8В	10	1,7/2,22

№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
232	8В	14	1/0/1,11
233	8В	15	4,4/2,53
234	8В	16	0,7/2,79
235	8В	17	1,4/0,8
236	8В	19	р/3,42
237	8В	20	2,6/2,99
238	8В	21	р/3,19
239	8В	22	2,5/3,53
240	8В	23	0,6/2,66
241	8В	24	р/2,97
242	8В	25	р/3,34
243	8В	27	2,0/1,76
244	8В	29	р/3,49
245	8В	32	1,5/3,53
246	9В	1	1,5/2,14
247	9В	3	0,8/3,15
248	9В	4	0,2/2,86
249	9В	6	0,5/2,27
250	9В	7	0,3/0,82
251	9В	10	0,2/1,2
252	9В	11	р/0,31
253	9В	12	1,6/2,99
254	9В	13	0,3/2,79
255	9В	14	1,1/3,2
256	9В	15	р/1,87
257	9В	16	1,3/2,52
258	9В	17	р/2,52
259	9В	19	1,7/3,01
260	9В	20	0,8/3,44
261	9В	21	1,0/3,53
262	9В	23	р/3,55
263	9В	24	р/1,02
264	9В	25	0,9/1,74
265	9В	26	2,3/1,41
266	9В	29	2,2/2,98
267	9В	31	4,4/1,32
268	9В	32	3,4/2,57
269	9В	33	1,0/2,89
270	9В	34	2,4/3,59
271	10В	2	р/3,23
272	10В	10	2,1/3,63
273	10В	14	2,4/3,51
274	10В	15	р/3,66
275	10В	16	р/2,07
276	10В	17	3,3/2,71
277	10В	18	р/2,4
278	10В	22	Р/1,37
279	10В	23	2,4/3,43
280	10В	28	4,3/3,48



№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
281	10В	29	1,7/2,9
282	10В	30	1,3/3,69
283	10В	31	1,8/1,0
284	10В	32	4,2/2,09
285	10В	33	4,3/1,89
286	11В	3	5,5/3,44
287	11В	5	1,5/3,43
288	11В	7	1,4/3,87
289	11В	9	0,4/2,23
290	11В	11	4,0/1,65
291	11В	12	1,0/3,91
292	11В	14	p/1,59
293	11В	15	p/2,55
294	11В	16	0,8/1,17
295	11В	17	1,4/3,73
296	11В	18	1,3/3,8
297	11В	19	p/2,04
298	11В	20	1,5/3,76
299	11В	21	p/3,62
300	11В	22	p/2,29
301	11В	23	1,2/2,26
302	11В	24	p/1,62
303	11В	25	2,3/1,53
304	11В	26	0,3/2,61
305	11В	27	1,3/0,9
306	11В	28	3,1/1,25
307	11В	29	p/1,21
308	11В	30	0,9/1,22
309	11В	32	2,1/3,21
310	12В	4	1,6/3,07
311	12В	6	1,5/3,71
312	12В	14	0,3/3,26
313	12В	15	1,7/3,34
314	12В	16	1,9/2,93
315	12В	17	1,8/2,77
316	12В	18	1,6/2,81

№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
317	12В	20	0,6/3,48
318	12В	21	2,3/1,79
319	12В	23	p/1,89
320	12В	24	0,5/0,48
321	12В	27	1,0/3,86
322	12В	29	0,7/1,01
323	13В	1	0,8/1,55
324	13В	6	1,2/2,17
325	13В	12	1,1/2,9
326	13В	13	1,7/3,78
327	13В	15	1,8/3,66
328	13В	16	1,1/2,51
329	13В	17	1,9/2,75
330	13В	19	4,0/3,09
331	13В	21	1,2/3,34
332	13В	23	1,1/0,55
333	13В	26	0,8/1,05
334	13В	27	0,6/0,57
335	14В	2	0,9/2,11
336	14В	4	1,1/2,3
337	14В	11	2,4/2,37
338	14В	13	2,1/3,82
339	14В	17	0,4/3,78
340	14В	19	2,3/3,58
341	14В	22	1,2/2,55
342	14В	23	2,7/2,86
343	14В	25	2,3/2,02
344	14В	28	p/2,44
345	15В	4	2,0/3,74
346	15В	8	1,7/3,88
347	15В	10	2,5/2,06
348	15В	11	2,7/2,07
349	15В	12	p/2,69
350	15В	16	2,2/3,6
351	15В	18	1,0/3,52
352	15В	19	2,2/2,9

№ п/п	Номер ряда	Номер трубы	Диаметр сквозного дефекта в мм/ расстояние до дефекта в м.
353	15В	26	1,7/2,44
354	16В	4	1,1/1,42
355	16В	6	1,7/2,92
356	16В	8	1,5/0,65
357	16В	11	0,4/3,86
358	16В	15	1,8/3,2
359	16В	16	2,7/3,44
360	16В	17	0,6/0,58
361	16В	18	p/3,01
362	16В	19	1,1/0,54
363	16В	20	1,0/1,81
364	16В	22	1,3/2,15
365	16В	23	3,5/2,76
366	16В	25	1,1/1,64
367	17В	2	1,1/2,8
368	17В	11	1,4/2,77
369	17В	12	0,9/3,28
370	17В	14	0,8/2,91
371	17В	15	1,9/3,45
372	17В	16	2,0/1,81
373	17В	18	2,2/1,38
374	17В	20	3,4/1,38
375	17В	21	2,5/2,57
376	17В	22	2,3/2,6
377	18В	1	2,2/3,65
378	18В	4	Вырезана
379	18В	6	1,3/3,23
380	18В	8	1,5/3,23
381	18В	9	1,7/2,97
382	18В	10	1,2/2,86
383	18В	12	0,9/2,21
384	18В	13	p/2,28
385	18В	14	0,1/1,8
386	18В	15	2,5/3,83
387	18В	19	0,6/2,0