

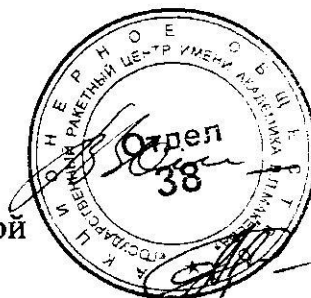
**Испытательный центр  
Государственного ракетного центра  
КБ им. академика В.П. Макеева**

**Отчёт № 38-20 от 01.06.2002 г.  
по результатам испытаний  
отопительных радиаторов ВСМПО  
на коррозионную стойкость**

Начальник отдела 38

Начальник испытательной  
станции

Ведущие исполнители



В.П. Золотин

А.А. Фёдоров

В.П. Таланкин

Л.А. Горб

Н.В. Камышева

## **1 Основание для работы**

1.1 Работа проводилась на основании технического задания СГТ-02-2001 г.

## **2 Цель и задачи испытаний**

2.1 Целью настоящих испытаний являлась проверка коррозионной стойкости и оценка срока службы радиаторов отопительных, изготовленных из прессованных профилей (сплав АД-31Т-5) черт. ПЛ.102.00.00, при неблагоприятных сочетаниях количественных характеристик показателей качества рабочей среды (теплоносителя – воды).

## **3 Объект испытаний**

3.1 Испытаниям подвергались:

- опытные радиаторы из алюминиевых прессованных профилей, 4 шт. - №1, №2, №3, №4, изготовленных согласно комплекту КД ПЛ.102.00.00 (пятисекционные);
- образцы, 30 шт., для оценки глубины коррозии.

Примечание: Образцы профилей, 5 шт., для сравнения.

3.2 Схема подсоединения радиаторов к технологической оснастке при проведении испытаний представлена на фото 1 Приложения 1.

## **4 Режимы и порядок проведения испытаний**

4.1 Испытания радиаторов №№ 1, 2, 3, 4 проводились одновременно при подсоединении каждого радиатора (отдельно) к технологической оснастке в соответствии с фото 1.

4.2 Внутри коллектора каждого радиатора помещались образцы-свидетели (по 7...8 шт.). Предварительно, перед началом испытаний, все образцы маркировались с №1 по №30, взвешивались, и для каждого образца проводилось измерение толщины.

4.3 После подготовки технологической оснастки внутрь радиаторов заливался теплоноситель – вода.

Примечание 1. В качестве теплоносителя использовалась горячая сетевая вода ТЭЦ Миасского машиностроительного завода (ММЗ, г. Миасс), соответствующая Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей РН ОЕЭС (глава 4, раздел 4, 8 ПТЭ; изд. XV, 1996 г.) РД 34.20.501.

Примечание 2. Следы металлической ртуты в теплоносителе отсутствуют.

После охлаждения горячей воды в закрытой ёмкости, при использовании следующих химических реактивов:

- NaOH ГОСТ 4328-77;
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ГОСТ 4204-77;
- CaSO<sub>4</sub> ГОСТ 3210-77;
- Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ГОСТ 9337-77

готовились растворы теплоносителя в соответствии с заданными режимами, приведёнными в табл.1.

Таблица 1.

Режим испытаний	Качество теплоносителя			№ радиатора №№ образцов
	pH	Содержание кислорода, мкг/кг	Общая жёсткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	
1	6,05	45...50	6,9	1 1...8
2	8,0	45...50	7,0	2 9...15
3	9,45	45...50	7,0	3 16...22
4	10,46	45...50	1,5	4 23...30

Примечание 3. При проведении испытаний по ТЗ №СГТ-02-2001 не было предусмотрено изучение влияния колебаний концентрации хлор-ионов в растворах теплоносителя. В сетевой и подпиточной воде ТЭЦ ММЗ г. Миасса концентрация хлор-ионов составляет от 4 до 8 мг/л. При использовании воды в качестве теплоносителя с большим содержанием хлор-ионов (или использовании хлористого натрия для уменьшения жёсткости воды) необходимы дополнительные испытания для подтверждения гарантийных сроков эксплуатации радиаторов.

4.4 После заливки растворов теплоносителя испытания радиаторов и образцов проводились по режимам, приведённым в табл. 2.

Таблица 2.

Номер радиатора	Номер раствора теплоносителя	Продолжительность испытаний при температуре, °С			Расход, кг/час
		97	70	50	
1	1	800	800	800	360
2	2	800	800	800	360
3	3	800	800	800	360
4	4	800	800	800	360

4.5 В процессе испытаний проводился ежедневный осмотр радиаторов, добавление соответствующего раствора теплоносителя.

После окончания испытаний каждого из температурных режимов проводился химический качественно-количественный анализ теплоносителя на содержание ионов  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$ , замер pH, измерение толщины и массы образцов.

Примечание. Акт 38-01/2002 г. после 800 часов.

Акт 38-10/2002 г. после 1600 часов.

Акт 38-16/2002 г. после 2400 часов.

## 5 Результаты испытаний

5.1 В результате ежедневных осмотров радиаторов №№ 1, 2, 3, 4 в процессе испытаний течи и капель теплоносителя – воды с наружной стороны не обнаружено.

5.2 Результаты химического анализа растворов теплоносителя и описание внешнего вида образцов после 2400 часов испытаний отражены в таблице 2 Акта № 38-16/2002 от 29.04.2002 г.

5.3 Общие результаты взвешивания и измерения толщины образцов до и после испытаний через 800, 1600, 2400 часов отражены в табл. 3.

Таблица 3.

№ п/п	Начало		800 часов		1600 часов		2400 часов		Δ
	вес	толщ.	вес	толщ.	вес	толщ.	вес	толщ.	
1	2,8641	1,24	2,8623	1,2					0,0018
2	2,6730	1,14	2,6673	1,15					0,0057
3	2,9010	1,24			2,8922	1,24			0,0088
4	2,6414	1,14			2,6400	1,14			0,0014
5	2,8725	1,30			2,8690	1,30			0,0025
6	2,8088	1,25					2,8059	1,26	0,0029
7	2,8074	1,28					2,8086	1,28	0,0016
8	2,8096	1,14					2,8068	1,14	0,0028
9	2,6551	1,14	2,6615	1,14					0,0030
10	2,6323	1,14	2,6292	1,14					0,0031
11	2,9050	1,25			2,9050	1,26			0,0082
12	2,6424	1,14			2,6424	1,14			0,0071
13	2,7128	1,15					2,7019	1,15	0,0109
14	2,8215	1,30					2,8096	1,28	0,0119
15	2,6030	1,14					2,5190	1,14	0,0840
16	2,6604	1,14	2,6541	1,14					0,0063
17	2,9006	1,24	2,8925	1,25					0,0081
18	2,5934	1,145			2,5745	1,145			0,0189
19	2,9752	1,24			2,9620	1,25			0,0132
20	2,8201	1,25					2,8064	1,25	0,0137
21	2,8263	1,24					2,8055	1,24	0,0208
22	2,6181	1,14					2,6036	1,15	0,0145
23	2,8832	1,25	2,8705	1,25					0,0127
24	2,6384	1,15	2,6300	1,25					0,0084
25	2,8748	1,285			2,8612	1,28			0,0136
26	2,5926	1,14			2,5788	1,14			0,0168
27	2,6530	1,14					2,6048	1,14	0,0482
28	2,9328	1,255					2,9008	1,25	0,0320
29	2,6371	1,15					2,6055	1,15	0,0316
30	2,8476	1,25					2,8069	1,26	0,0405

5.4 Расчёт общей скорости коррозии в соответствии с п. 6.2 Методики 38-4/2001 после 2400 часов испытаний, проведённый по формуле

$$k = \frac{m_0 - m_1}{F \cdot t},$$

где  $m_0$  – первоначальная масса образца;

$m_1$  – масса образца после испытаний;

F – площадь поверхности образца;

t – время испытаний.

показал, что скорость общей коррозии сплава АД31Т-5, выраженная в г/м<sup>2</sup>год, составляет (табл. 4):

Таблица 4.

Номер режима, рН	Скорость общей коррозии, г/м <sup>2</sup> год
1 (рН = 6)	5,3
2 (рН = 8)	22,2
3 (рН = 9,5)	38,5
4 (рН = 10,5)	75,0

5.5 Внешний осмотр внутренней поверхности радиаторов проводился на образцах, вырезанных в соответствии с рис. 1 из:

- профилей секций радиаторов,
- коллекторов.

Примечание. Вырезка образцов секций радиаторов и коллекторов производилась на входе «В» раствора теплоносителя и на выходе теплоносителя внизу «Н».

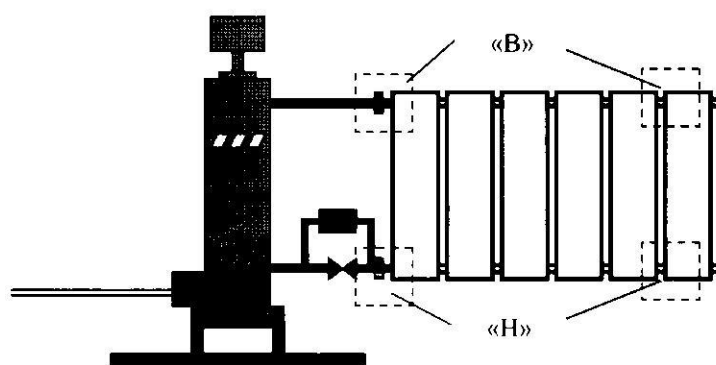


Рис.1. Места вырезки образцов.

5.6 Результаты внешнего осмотра образцов «В» и «Н» радиатора №1 (рН = 6).

По всей внутренней поверхности образцов обнаружен тёмный, тонкий, плотный слой налёта, частично смываемый водопроводной водой.

После травления по ГОСТ 9.907-83:

- В районе резьбовых поверхностей коллекторов коррозионных поражений нет;
- На образцах профилей секций радиаторов вся поверхность из блестящей (на контрольных образцах) стала светло-серой. При увеличении  $\times 4,8$  наблюдаются едва заметные точки с беловатым налётом.

5.7 Результаты внешнего осмотра образцов «В» и «Н» радиатора №2 (рН = 8).

По всей внутренней поверхности обнаружен тонкий плотный светло-коричневый налёт (ржавчина), не удаляемый промывкой водопроводной водой.

После травления по ГОСТ 9.907-83:

- В районе резьбовых поверхностей коллекторов коррозионных поражений нет. Гладкая поверхность коллекторов из светлой, блестящей (контрольные образцы) стала тёмно-серого цвета. При увеличении  $\times 4,8$  просматривается беловато-серый налёт – поверхностное растравливание сплава АД31Т-5.
- На образцах профилей секций радиаторов поверхность тёмно-серого цвета, и на образце «Н», вырезанном из нижней части секции в районе установки втулки, по всей окружности – растравливание поверхности шириной 1,5...2 мм.

5.8 Результаты внешнего осмотра образцов «В» и «Н» радиатора №3 (рН = 9,5).

По всей внутренней поверхности образцов обнаружен плотный тёмный налёт ржавчины, частично удаляющийся при промывке водопроводной водой.

После травления по ГОСТ 9.907-83:

- В районе резьбовых поверхностей коллекторов коррозионных поражений нет. Гладкая поверхность коллекторов – чистая, с незначительными потускнениями в виде точек, пятен.
- На образцах профилей секций радиаторов поверхность незначительно потускнела ( по сравнению с образцами-свидетелями). На поверхности образца «Н» в районе контакта с втулкой по всей окружности – поверхностное растравливание сплава АД31Т-5, шириной 0,5...1 мм.

5.9 Результаты внешнего осмотра образцов «В» и «Н» радиатора №4 (рН = 10,5).

По всей внутренней поверхности образцов обнаружен светлый плотный налёт ржавчины с намечающимися ореолами белых точек продуктов коррозии сплава АД31Т5.

После удаления продуктов коррозии по ГОСТ 9.907-83 обнаружено поверхностное растравливание внутренней поверхности образцов коллекторов и профилей секций радиаторов.

5.10 Фрагменты образцов, вырезанные из радиаторов №№ 1, 2, 3, 4, с коррозионными поражениями, обнаруженными при внешнем осмотре при увеличении х4,8, исследовались на микроскопе «Metalloplan» методом перефокусировки при увеличении х400 для определения глубины коррозионных поражений. Глубина определялась по микрометрической шкале ручки фокусировки микроскопа (цена деления – 10 мкм). Среднее значение определялось по 3...5 измерениям.

В табл. 5 представлены результаты измерения глубины коррозионных поражений на исследованных фрагментах.

Таблица 5.

Маркировка	Максимальная глубина, мкм	Среднее значение, мкм
1	30	30
1.1	40	30
2	110	80
2.1	80	50
3	60	50
3.1	70	60
4	85	80
4.1	360	260
4.2	260	170

5.11 Глубина коррозионных поражений, рассчитанная по формуле (Методика 38-4/2001, п. 6.1):

$$\frac{h_x}{h_1} = \frac{k \cdot \tau_x^{1/3}}{k \cdot \tau_1^{1/3}},$$

где  $h_1$  – максимальная глубина коррозионного поражения за срок испытаний;

$h_x$  – глубина коррозионного поражения за указанный срок эксплуатации;

$\tau_x$  – срок эксплуатации;

$\tau_1$  – время испытаний,

за 10 и 20 лет эксплуатации, представлена в табл. 6.

Таблица 6.

Номер режима испытаний	Глубина коррозионных поражений, мм,	
	За 10 лет эксплуатации	За 20 лет эксплуатации
1 (pH = 6)	0,01	0,12
2 (pH = 8)	0,26	0,32
3 (pH = 9,5)	0,25	0,28
4 (pH = 10,5)	1,16	1,46

## 6 Анализ результатов испытаний

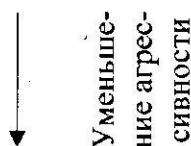
6.1 Радиаторы отопления, представляющие собой ребристую конструкцию из алюминиевого сплава АДЗ1Т-5 с толщиной стенки трубопровода 2 мм, прошли испытания с использованием питательной воды с различными качественно-количественными характеристиками и все сохранили герметичность.

6.2 Анализ данных химического состава растворов теплоносителя при режимах испытаний pH = 6; pH = 8; pH = 9,5; pH = 10,5 и температурах 90 °С; 70 °С; 50 °С показал, что:

- с увеличением времени испытаний и с уменьшением температуры испытаний коррозионные процессы несколько замедляются (но продолжаются);
- из-за малой растворимости продуктов коррозии и понижения температуры испытаний на внутренних поверхностях радиаторов наблюдается осаждение продуктов коррозии в виде плотного более-менее равномерного тонкого слоя, оказывающего в дальнейшем некоторое защитное действие на поверхности радиаторов от растворов теплоносителя.

6.3 По количеству ионов алюминия и железа в растворах теплоносителя наиболее агрессивной средой для сплавов АДЗ1Т-5 и технологической оснастки явились растворы:

АДЗ1Т-5  
pH = 10,5  
pH = 9,5  
pH = 8  
pH = 6



Технологическая оснастка  
pH = 9,5  
pH = 6  
pH = 8  
pH = 10,5

6.4 Общая скорость поверхностной коррозии и глубина коррозионных поражений для каждого из режимов представлена в табл. 7.

Таблица 7.

Номер радиатора	pH теплоносителя	Общая коррозия, г/м <sup>2</sup> год			Глубина максимальных коррозионных поражений, мм	
		За время испытаний	За 10 лет эксплуат.	За 20 лет экспл.	За 10 лет экспл.	За 20 лет экспл.
1	6	5,3	53	106	0,01	0,12
2	8	22,2	222	444	0,26	0,32
3	9,5	35,8	358	716	0,23	0,28
4	10,5	75,0	750	1500	1,29	1,62

## 7 Испытательное оборудование и средства измерений

Таблица 8.

Оборудование и средства измерения	Зав. №	Диапазон измерения	Класс точности (погрешность)	Дата очередной поверки
Котёл с блоком реле	4 шт	20...99 °С	-	-
Датчик температуры 1019 Град. Pt100	4 шт	-70...150 °С	0,25	11.2002
Датчик расхода ТДР 8-1-2	807095	0,05...0,25 л/с	± 1%	02.2003
Преобразователь измерений многоканальный Щ711/1	1482	-200...600 °С	± 0,25 °С	04.2003 г.
Микроскоп МБС-1	686211	x56	-	-
Весы лабораторные равноплечие ВЛР-200	758	0,001...200 г	± 0,001 г	10.10.2002 г.
Набор гирь Г-2-1110	1	0,01...100 г	± 0,005 %	08.11.2002 г.
Индикатор КИ	494714	0...10 мм	± 0,01 мм	04.2003 г.
Лупа увеличительная ТУЗ-3002-76	-	x3	-	-

## 8 Выводы

Принимая за критерий оценки коррозионной стойкости внутренней поверхности радиаторов характер изменения внешнего вида (общее коррозионное состояние) и глубину коррозионных поражений, можно сделать следующие выводы.

8.1 Результаты исследований подтверждают коррозионную стойкость материала АД31Т-5 отопительных радиаторов производства ВСМПО при эксплуатации в течение 20-летнего срока в средах теплоносителя по режимам 1 (рН = 6), 2 (рН = 8), 3 (рН = 9,5).

8.2 Эксплуатация отопительных радиаторов в средах теплоносителя режима 4 (рН = 10,5) недопустима в течение 10 лет из-за глубоких коррозионных поражений сплава АД31Т5.