

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»  
(ОмГУПС (ОМИИТ))

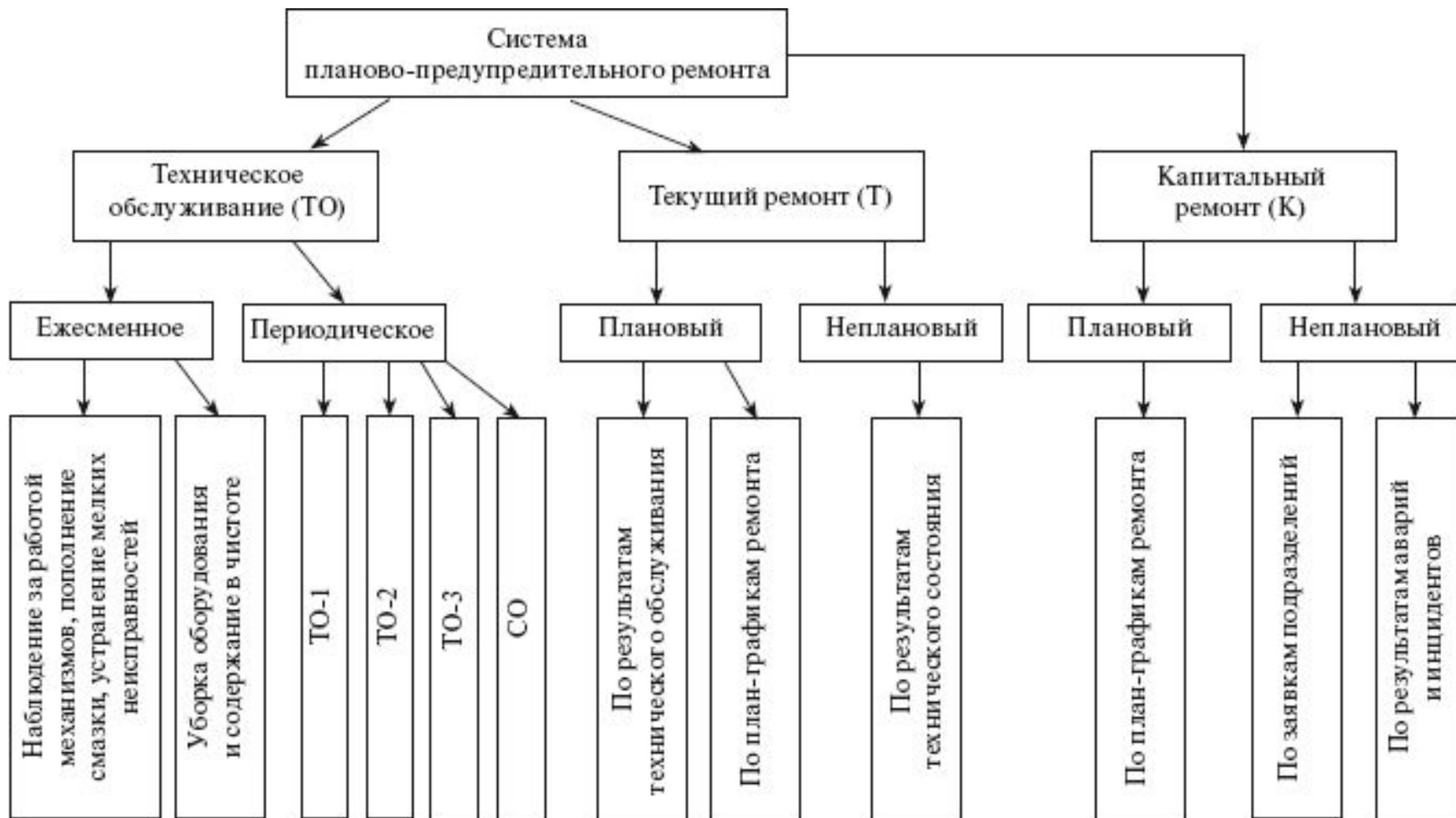
презентация дипломного проекта на тему

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ  
ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ  
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Омск 2016

Подготовил: студент Б-ЛТ-00088 А.А. Шутенко  
Руководитель: доцент кафедры «Локомотивы» В.Ф. Тарута»

# СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ТО И ТР ТЕПЛОВОЗОВ



## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РИ ТЕПЛОВОЗОВ



а) на типовой станции реостатных испытаний



б) на открытой площадке в кабине машиниста

# ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РИ

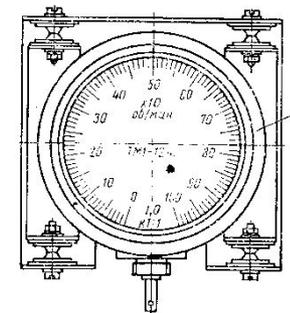
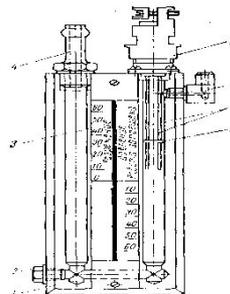
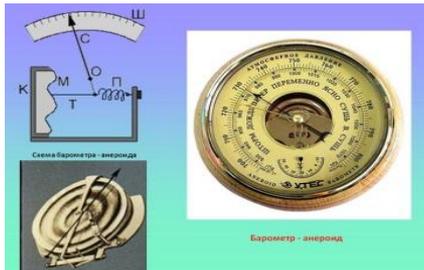
Наименование прибора	Диапазон измерения прибора, класс точности, погрешность	Измеряемые величины
Вольтамперметр М2017	0-1500 А, кл. 0,2 ±3, А	Ток главного генератора
Вольтамперметр М2015	0-1500 В, кл. 0,2 ±3, В	Напряжение главного генератора
Вольтамперметр М2010	0-100 А, кл. 0,2 ±0,2, А	Ток возбуждения главного генератора
Вольтметр М42300	0-150 В, кл. 1,5 ±0,3, В	Напряжение возбуждения генератора
Амперметр М42300	0-20 А, кл. 1,5 ±0,3, А	Ток возбуждения возбуждителя
Амперметр М381	0-5 А, кл. 1,5 ±0,075, А	Ток в токовых катушках реле перехода
Вольтамперметр М2015	0-15 А, кл. 0,2 ±0,033, А	Ток РТ и напряжение РТ
Вольтметр М42300	0-150 В, кл. 1,5 ±3, В	Напряжение вспомогательного генератора
Тахометр ТМ1-1М или тахометр ТЧ-10Р	0-1000 об/мин, кл. 1,0 ±10 об/мин	Частота вращения коленвала дизеля
Клапанное устройство модель 55202, УХЛЗ с манометром МТК, модель 1076, 160 кгс/см <sup>2</sup>	0-160 кгс/см <sup>2</sup> кл. 1,5	Давление вспышки в цилиндрах дизеля
Система измерительная температуры типа К69001	0-600 °С	Температура выхлопных газов после цилиндра дизеля и перед турбокомпрессором
Мановакуумметр типа МВ-ГОСТ-9933-75	0-24,5 гПа (0-250 мм вод.ст.) ±0,196 гПа (±2 мм вод.ст.)	Статический напор воздуха в тяговых электродвигателях
Секундомер СОПр-2а-3-ГОСТ-5072-79	0-60 сек ±0,2 сек	Продолжительность пуска дизеля
Термометр ТЛ-5 ГОСТ-215-73	0-150 °С ±0,5 °С	Температура воды и масла дизеля

↑ Перечень контролируемых при реостатных испытаниях тепловозов ТЭМ2 параметров

Требования к контролю параметров по ГОСТ 10448-80 →

Измеряемые параметры	Группа двигателей				
	Ia	IIa	IIIa	IVa	Va
1. Атмосферное давление	+	+	+	+	+
2. Температура воздуха на входе в двигатель или агрегат наддува (температура окружающей среды)	+	+	+	+	+
3. Влажность окружающей среды	+	+	+	+	+
4. Крутящий момент двигателя на валу отбора мощности	+	+	+	+	+
5. Частота вращения	+	+	+	+	+
6. Положение рейки топливного насоса или регулятора	+	+	+	+	+
7. Расход топлива	+	+	+	+	+
21. Температура воздуха после турбокомпрессора (нагнетателя)	o	o	o	+	+
22. Температура наддувочного воздуха после охладителя	o	o	+	+	+
23. Температура выпускного газа на выходе из цилиндра (блока)	o	o	+	+	+
24. Температура выпускных газов на входе в турбокомпрессор или другие системы наддува, работающие на выпускных газах	o	o	+	+	+
26. Температура охлаждающей жидкости на входе и выходе из двигателя (цилиндра)	+	+	+	+	+
27. Температура охлаждающей жидкости в отдельных цепях	o	o	o	+	+
28. Температура вторичной охлаждающей жидкости на входе и выходе из охладителя	o	o	o	+	+
29. Температура охлаждающей жидкости на входе и выходе из охладителя наддувочного воздуха	o	o	+	+	+
30. Температура смазочного масла на входе и (или) выходе из двигателя	o	o	+	+	+
31. Температура топлива	o	o	o	+	+
32. Расход смазочного масла цилиндрического (при наличии отдельной смазки цилиндров)	o	o	o	o	+
33. Частота вращения ротора турбокомпрессора	o	o	+	+	+
34. Вязкость топлива при работе на тяжелом топливе	o	o	o	+	+
35. Натуральный показатель ослабления светового потока или условные единицы БОП (FSN)	+	+	+	+	+
36. Удельный выброс вредного вещества	+	+	+	+	+

# ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДГУ ТЕПЛОВОЗОВ



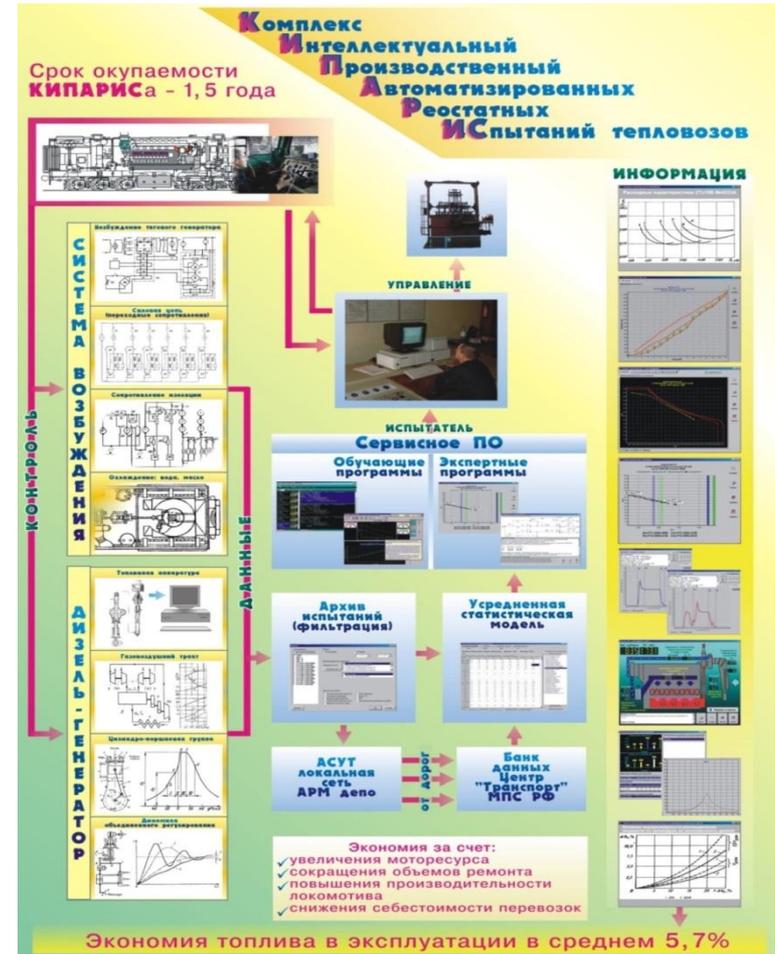
# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЗОВ



АСКИ Магистраль Переносной модуль «Гранит»

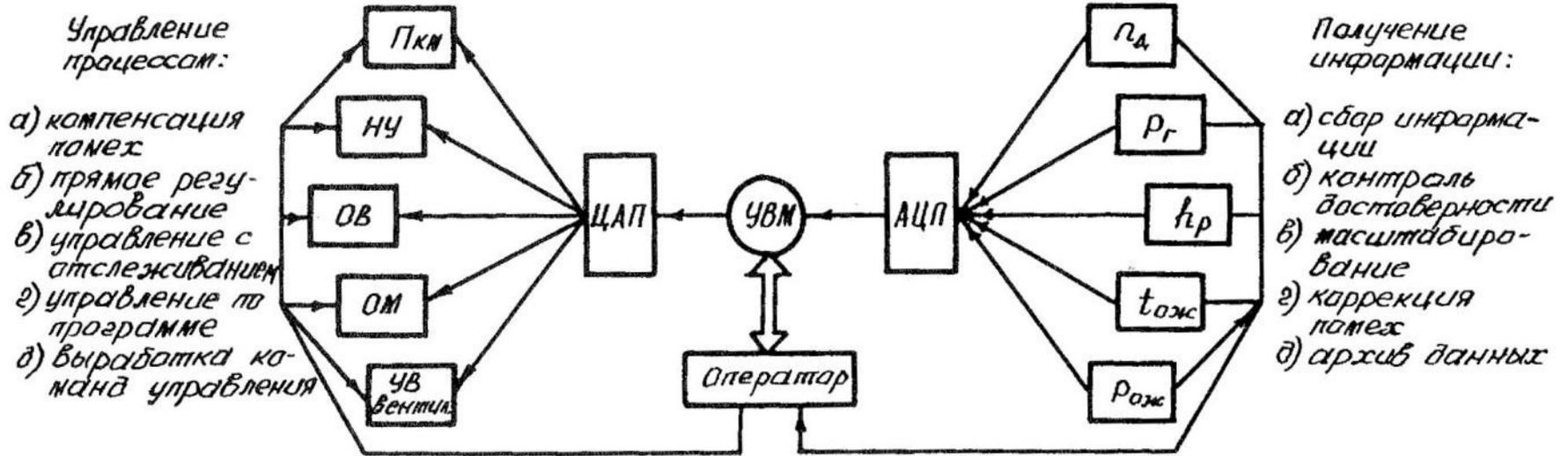


АСКИ Алмаз



АСКИ КИПАРИС

# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АСКИ ДЛЯ РИ ТЕПЛОВЗОВ



Управление с отслеживанием:

Входной поток  $I_e = \alpha m_e / dt = m_e = c \cdot h_e$   
 Выходной поток  $I_a = \alpha m_a / dt = m_a = c \cdot h_a$   
 $m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h$   $\rho \cdot S \cdot \frac{dh}{dt} = I_e - I_a$   $\rho \cdot S \int_{h_0}^{h_m} dh = 0$ ;  $h = h_0$

Нарушение стационарности процесса:

$$I_a = I_{a0} = c \cdot \lambda_{a0} \quad T_1, dh/dt = \lambda_{a0} \quad T_1 = \frac{\rho \cdot S}{c}$$

$$T_a = \int_{t_1}^{t_2} dt = \frac{T_1}{\lambda_{a0}} \int_{h_0}^{h_m} dh = \frac{T_1}{\lambda_{a0}} (h_m - h_0)$$

Коррекция помех:

$$\chi_{ср} = \frac{\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \chi_i$$

$$D(\chi_{ср}) = \sigma_{\chi_{ср}}^2 = \sigma^2/n \quad \sigma_{\chi_{ср}} = \sigma/\sqrt{n}$$

$$D(\chi_{ср}) = \sigma_{\chi_{ср}}^2 = (S_D)_{\chi_{ср}}^2 = S_D^2/n$$

Цифровая фильтрация информации:

$$\chi_a(t) + T \frac{d\chi_a(t)}{dt} = \chi_e(t); \quad t(k-1, k, k+1)$$

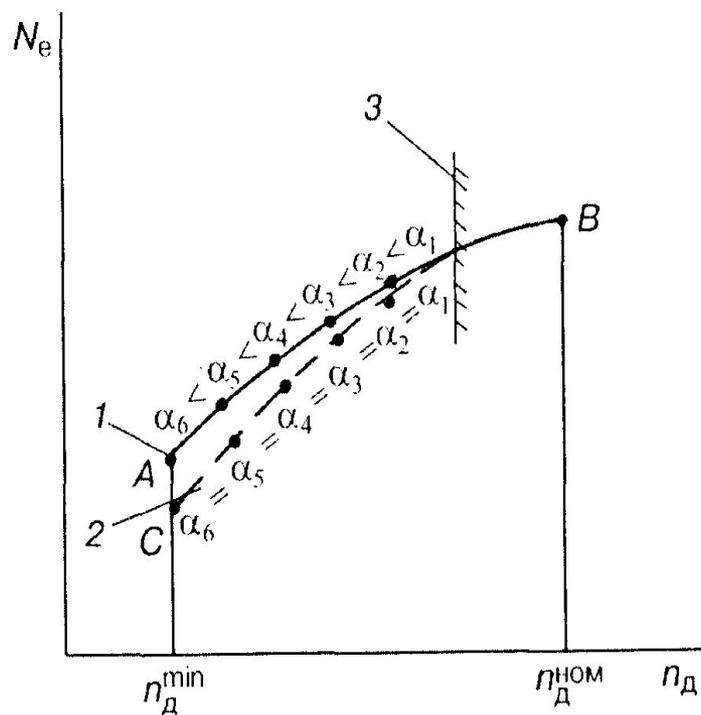
$$\chi_e(k) = \chi_a(k-1) + T \frac{\chi_a(k) - \chi_a(k-1)}{t_k - t_{k-1}}$$

$$\chi_a(k) = \chi_a(k-1) + \frac{\chi_e(k) - \chi_a(k-1)}{1 + (T/T_A)}$$

$$a = \frac{1}{1 + T/T_A} \quad T_A = t_k - t_{k-1}$$

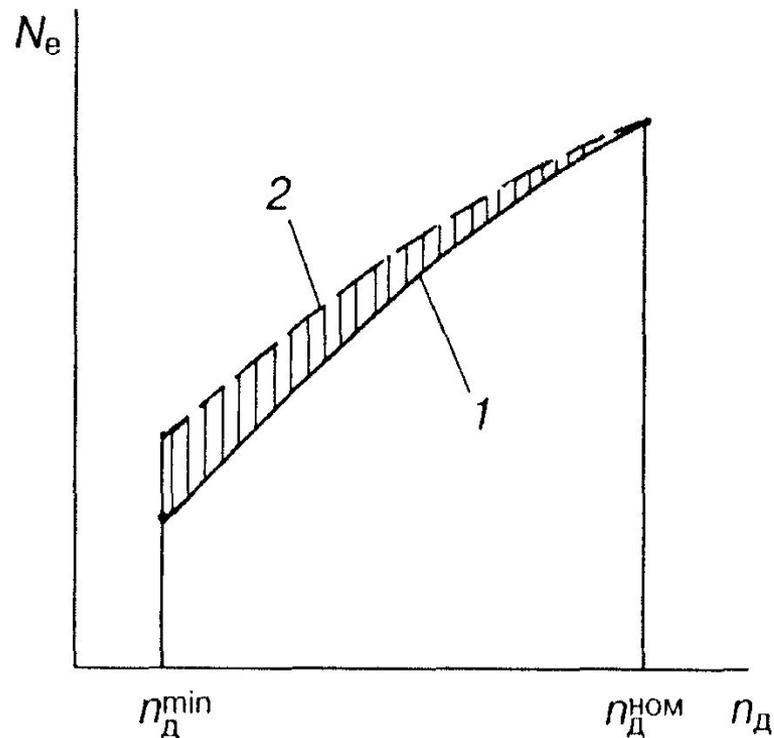
# ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ

По температуре выпускных газов



- 1(AB)–внешняя;
- 2(СВ)– ограничительная;
- 3 – граница минимально возможных значений  $\alpha$

По дымности

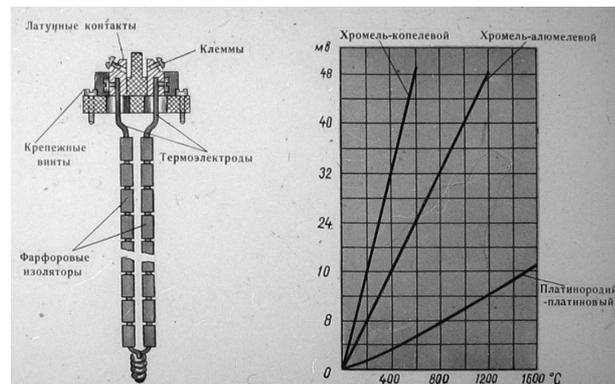


- 1) внешняя;
- 2) характеристика предела дымления

# ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ПРИ РИ ТЕПЛОВОЗОВ



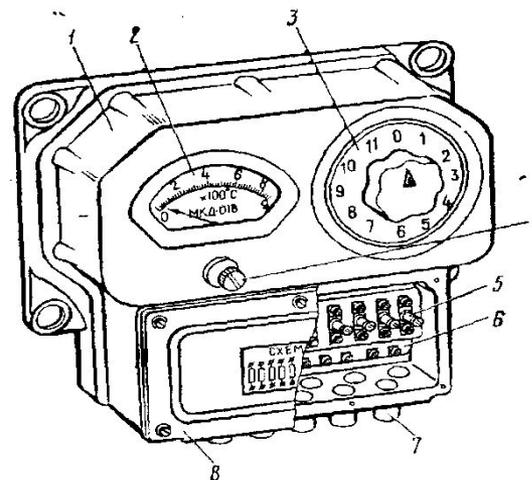
Термопара (внешний вид)



Термопара: устройство; характеристики



Термоуказатель ТУЭ-48 с терморезистором ПП-2



Милливольтметр МКД-018 со встроенным переключателем

# КИПАРИС: ПРОТОКОЛ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РИ ТЕПЛОВОЗА ТЭМ2

ТЧР-1  
Зырянно-Сибирская ТР

10.07.2014

## ПРОТОКОЛ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЗА

СЕРИИ ТЭМ2 № 2547

Начало испытаний: 10.07.2014 08:07. Окончание испытаний: 10.07.2014 12:23.

Вид испытаний: Контрольные испытания по записи  
*регулировка мощности*

1. Температура окружающего воздуха 22 °С    2. Барометрическое давление 98.0(735) кПа(мм.рт.ст.)

3. Частота вращения вала дизеля на холостом ходу (Nd хх) и под нагрузкой (Nd)

Позиция КМ	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Допуск, об/мин	300±15	300±15	300±15	330±10	400±10	480±10	570±10	650±10	750±5
Nд хх, об/мин	301	301	298	322	399	499	562	659	749
Nд, об/мин	303	311	315	340	410	500	574	662	750

4. Срабатывание предельного регулятора 840 Гц(об/мин)

5. Внешняя характеристика тягового генератора

6. Сопротивление изоляции  
1) Силовой цепи : 0.5 МОм  
2) Цепи управления : 0.3 МОм

7. Срабатывание реле переходов

Реле	Включение		Отключение	
	Iг, А	Uг, В	Iг, А	Uг, В
РП1				
РП2				

8. Тепловозная характеристика

Мощность, кВт

Позиция КМ

Мощность ДГУ на 8 позиции, приведенная к нормальным условиям\*, 754 кВт

\*нормальные условия: температура окружающей среды 20°С, барометрическое давление 100 мм рт.ст., относительная влажность воздуха 70%

9. Параметры ДГУ

Цилиндр	1	2	3	4	5	6
Pc, МПа(кгс/см2)	0.0(0)	0.0(0)	0.0(0)	0.0(0)	0.0(0)	0.0(0)
Pz, МПа(кгс/см2)	6.7(68)	6.7(68)	6.7(68)	6.7(68)	6.7(68)	6.7(68)

10. Стат. напор воздуха над коллекторами ТЭД и над коллектором генератора, кПа(мм.вод.ст.)

ТЭД1	ТЭД2	ТЭД3	ТЭД4	ТЭД5	ТЭД6	ГГ
0.00(0)	0.00(0)	0.00(0)	0.00(0)	0.00(0)	0.00(0)	0.00(0)

11. Временной срез при съеме тепловозной характеристики

Позиция КМ	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Pг, кВт	0	33	84	109	196	321	444	584	747
Iг, А	0	263	382	434	586	752	902	1102	1253
Uг, В	0	123	220	252	335	426	492	530	596
Uвг, В	75.8	75.6	75.8	75.6	75.4	75.6	75.4	74.9	75.0
Nдиз, об/мин	303	311	315	340	410	500	574	662	750
Tн, °С	44	44	44	44	43	43	43	54	54
Pн, кгс/см2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.16	0.33	0.59
Tц1, °С	161	159	193	227	309	396	408	430	471
Tц2, °С	163	161	201	249	325	412	417	427	490
Tц3, °С	140	147	193	237	314	398	418	417	474
Tц4, °С	167	163	199	242	310	403	422	433	484
Tц5, °С	114	104	150	201	284	385	410	435	490
Tц6, °С	150	159	209	249	308	391	410	452	486

12. Неисправности, требующие устранения после проведения испытаний:

1. Долгая стабилизация оборотов РЧО.
2. Течь топлива по гайке коллектора Эго ТНВД.
3. Не работает манометр давления топлива.

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. АПК БОРТ исправен. /Расцужина Л.В./
2. Пломбы ТЧР-1, Шели И.Г./
3. Топливо 4151/4031кг.

Мастер реостатных испытаний

Кузнецов М.П.

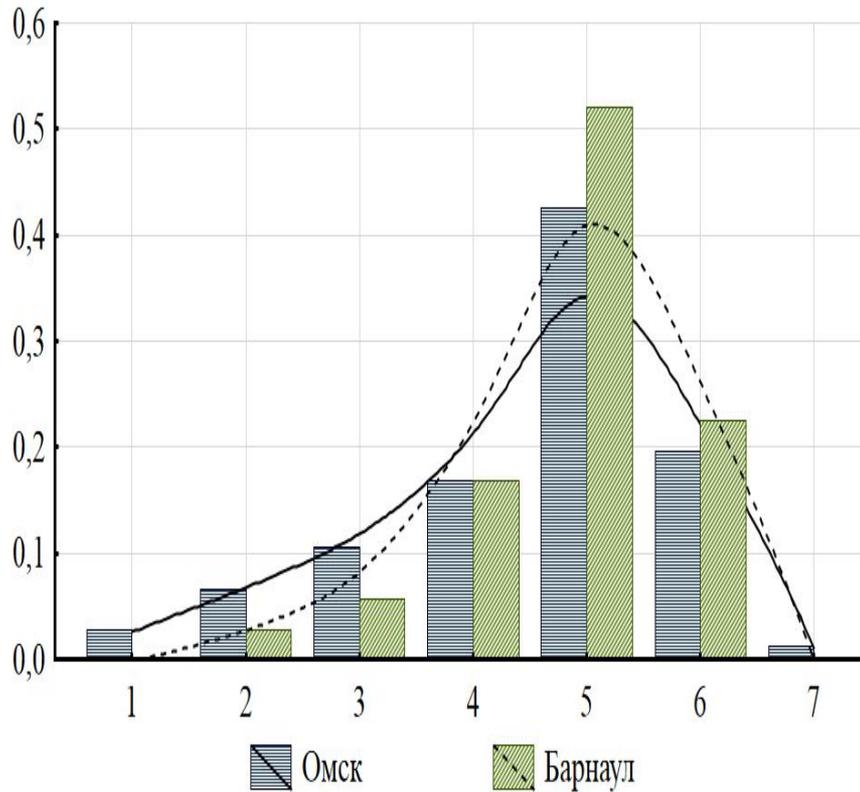
# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ ДГУ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РИ ТЕПЛОВОЗОВ ТЭМ2

№ №п/п <i>i</i>	Интервал $\alpha_i - \beta_i$	Середина интервала $x_i = \frac{\alpha_i + \beta_i}{2}$	Частота $n_i$	Частость $\omega_i = \frac{n_i}{n}$		№ №п/п <i>i</i>	Интервал $\alpha_i - \beta_i$	Середина интервала $x_i = \frac{\alpha_i + \beta_i}{2}$	Частота $n_i$	Частот ь $\omega_i = \frac{n_i}{n}$
1	520 – 550	535	2	0,04		1	373 – 424	399	5	0,02
2	551 – 581	566	3	0,04		2	425 – 476	450	7	0,03
3	582 – 612	597	1	0,01		3	477 – 528	503	12	0,05
4	613 – 643	628	1	0,01		4	529 – 580	554	20	0,08
5	644 – 674	659	10	0,14		5	581 – 632	607	21	0,08
6	675 – 705	690	16	0,23		6	633 – 684	658	40	0,15
7	706 – 736	721	18	0,25		7	685 – 736	711	82	0,32
8	737 – 767	752	13	0,18		8	737 – 788	762	65	0,25
9	768 – 798	783	6	0,08		9	789 – 840	815	2	0,01
10	799 - 829	814	1	0,02		10	841 - 892	866	2	0,01
Локомотивное депо Б.						Локомотивное депо О.				

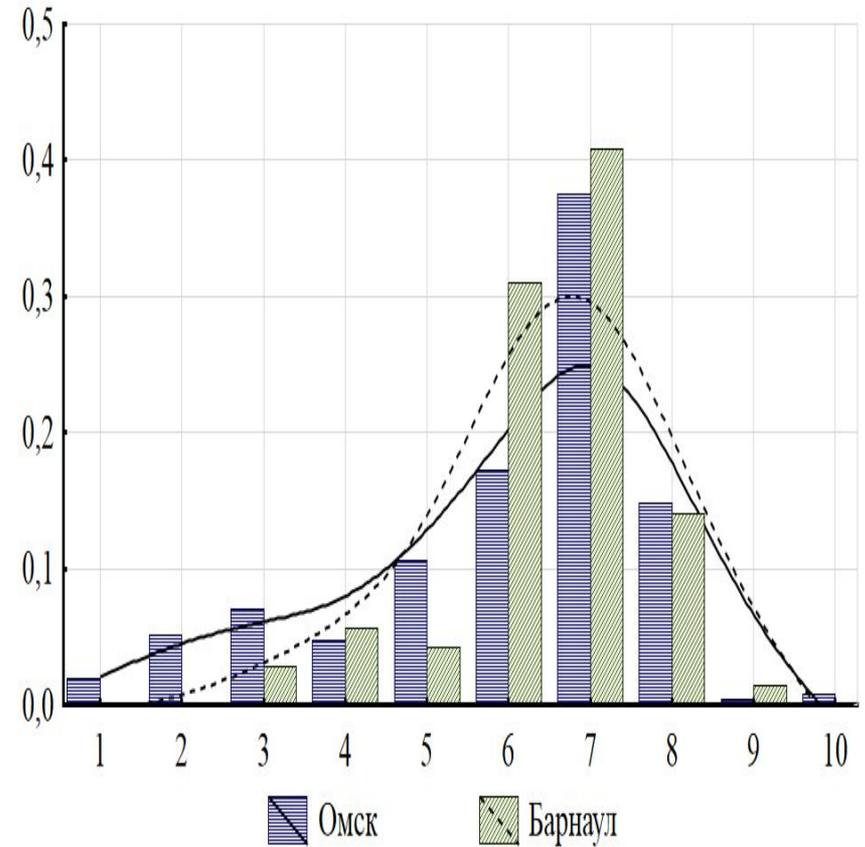
# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ВЫПУСКНЫХ ГАЗОВ ПО ЦИЛИНДРАМ ДИЗЕЛЕЙ

№№п/п <i>i</i>	Интервал $\alpha_i - \beta_i$	Середина интервала $x_i = \frac{\alpha_i + \beta_i}{2}$	Частота $n_i$	Частость $\omega_i = \frac{n_i}{n}$	№№п/п <i>i</i>	Интервал $\alpha_i - \beta_i$	Середина интервала $x_i = \frac{\alpha_i + \beta_i}{2}$	Частота $n_i$	Частость $\omega_i = \frac{n_i}{n}$
1	255 – 295	275	9	0,02	1	258 - 299	298	2	0,00
2	296 – 336	316	8	0,02	2	300 – 341	340	1	0,00
3	337 – 377	357	26	0,06	3	342 – 383	382	51	0,03
4	378 – 418	398	62	0,15	4	384 – 425	424	177	0,12
5	419 – 459	439	116	0,27	5	426 – 467	466	554	0,37
6	460 – 500	480	125	0,30	6	468 – 509	508	457	0,30
7	501 – 541	521	38	0,09	7	510 – 551	550	204	0,13
8	542 – 582	562	16	0,04	8	552 – 593	592	63	0,04
9	583 – 623	603	9	0,02	9	594 – 635	634	22	0,01
10	624 - 664	644	13	0,03	10	636 - 677	676	7	0
Локомотивное депо Б.					Локомотивное депо О.				

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЙ



Распределение показателей мощности локомотивов серии ТЭМ2 при реостатных испытаниях



Распределение показателей средней температуры по цилиндрам локомотивов серии ТЭМ2 при реостатных испытаниях

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕЖИМОВ ОБКАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДГУ ТЕПЛОВОЗОВ ТИПА ТЭМ2 (ТЭМ18ДМ)

Показатели режимов обкаточных испытаний дизель-генератора ПДГ1М

Позиция КМ	Частота вращения коленвала, мин <sup>-1</sup>	Мощность дизель-генератора, кВт	Продолжительность режима, мин	Продолжительность режима, час	Часовой расход топлива, кг/час	Расход топлива, кг
0	300±12	холостой ход	10	0,167	7,2	1,2
1	300±12	25±10	10	0,167	11,9	2,0
2	300±12	85±10	10	0,167	17,4	2,9
3	330	130±15	15	0,250	27,5	6,9
4	400	230±15	20	0,333	50,1	16,7
5	480	350±15	25	0,417	77,1	32,2
6	570	490±15	40	0,667	108,7	72,5
7	650	620±15	60	1,000	138,0	138,0
8	750±7,5	750±15	50	0,833	167,3	139,4
Суммарный расход топлива на проведение типовых обкаточных испытаний (ΣВт), кг						Σ = 411,8

а) традиционная обкатка ДГУ

Показатели режимов обкаточных испытаний дизель-генератора ПДГ4А

Позиция КМ	Частота вращения коленвала, мин <sup>-1</sup>	Мощность дизель-генератора, кВт	Продолжительность режима, мин	Продолжительность режима, час	Часовой расход топлива, кг/час	Расход топлива, кг
0	300 <sup>+6,-2</sup>	холостой ход	10	0,167	6,7	1,1
1	300 <sup>+6,-2</sup>	25±10	10	0,167	11,4	1,9
2	300 <sup>+6,-2</sup>	70±10	10	0,167	14,8	2,5
3	330±10	130±10	10	0,167	29,2	4,9
5	480±14	260	10	0,167	60,3	10,1
6	570±17	415	10	0,167	97,3	16,3
7	650±20	630	20	0,333	148,7	49,5
8	750 <sup>+7,-11</sup>	780	60	1,000	184,6	18,4
		830	20	0,333	196,5	65,4
6	570±17	415	10	0,167	97,3	16,3
Суммарный расход топлива на проведение ускоренных испытаний (ΣВу), кг						Σ = 352,4

б) ускоренная обкатка ДГУ

# СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ СТАНЦИИ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЗОВ



а) в производственном помещении  
станции РИ



б) в дизельном помещении тепловоза