



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ
ИНСТИТУТ «НАМИ»

ул. Автомоторная, д. 2, г. Москва, 125438
www.nami.ru; e-mail: info@nami.ru



Тел.: +7 (495) 456-57-00
Факс: +7 (495) 456-31-32

№ _____

на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Технический директор
ФГУП «НАМИ»



Цейтлин А.Л.

«22» сентября 2017 г.

ПРОТОКОЛ №2640/192

**испытаний тормозных колодок для дисковых тормозов легковых
автомобилей марки HYUNDAI SOLARIS.**

МОСКВА 2017 г.

114537 *
* - asterisk symbol

1. ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ.

Работа выполнена в соответствии с Договором № 2643.Д.К.НТУ.0917. 5380 от 07.09.2017 г. с ООО «КЁТЛ».

ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ.

Испытаниям подвергались тормозные колодки, предназначенные для комплектации дисковых тормозов автомобиля HYUNDAI SOLARIS, представленные ООО «КЁТЛ», в паре с оригинальным тормозным диском.

На испытания представлены следующие образцы изделий.

Наименование	Маркировка	Количество
Колодки тормозные	KOTL E ₂₂ 3548KT 2010\0\17 90R-C-RU.AB29.B 13824	4 шт. (1 комплект)
Диск тормозной	HYUNDAI 51712-0U000	1 шт.

3. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ.

Определение свойств тормозных колодок, представленных на испытания. В процессе испытаний определялись фрикционные свойства, износостойкость тормозных колодок за весь цикл испытаний, их влияние на износ тормозного диска, а также прочность соединения фрикционной накладки с основанием колодки.

4. УСЛОВИЯ И ОБЪЁМ ИСПЫТАНИЙ.

4.1 Испытания представленных тормозных колодок проводились в специализированной лаборатории Испытательного Центра продукции автомобилестроения ФГУП «НАМИ» с применением стендового оборудования.

4.2 Показатели фрикционных свойств и износостойкости тормозных колодок, а также их влияние на износ тормозного диска определялись в ходе испытаний на инерционном динамометрическом стенде СТН-НАМИ (идентификационный №5-0101, свидетельство об аттестации АМП № 0000192 от 19.06.2017). Колодки испытывались в составе натурального узла тормозного механизма автомобиля HYUNDAI SOLARIS с вентилируемым диском. Установка тормозного механизма автомобиля HYUNDAI SOLARIS на стенде показана на Рис. 1. Установка тормозных колодок в тормозном механизме автомобиля HYUNDAI SOLARIS показана на Рис. 2.

Данному виду испытаний подвергалась пара (два образца) из представленного комплекта колодок.

4.2.1 Испытания проводились по типовой методике ФГУП НАМИ и сводились к следующему:

В процессе испытаний вал с инерционными массами и установленном на нем тормозным диском разгонялись приводом стенда до заданной частоты вращения. Затормаживание осуществлялось воздействием исследуемых колодок на тормозной

диск с заданным усилием, которое определялось подаваемым давлением в привод тормозного механизма.

Характеристики эффективности торможения определялись в виде зависимости среднего тормозного момента от:

- приводного усилия (давления в тормозном цилиндре) при заданной начальной скорости торможения;
- начальной скорости торможения при заданной величине приводного усилия (давления в тормозном цилиндре);
- температуры тормозных накладок.

4.2.2 При испытаниях колодок температура в зоне контакта фрикционной пары определялась на рабочей поверхности тормозного диска на радиусе трения скользящей термопарой типа «хромель-алюмель».

4.3. Подготовка к испытаниям.

4.3.1. Подбор инерционной массы.

Для подбора инерционной массы согласно рекомендациям, изложенным в Правилах № 90 ООН для использования инерционным динамометре, использовалась формула:

$$I = 0,77 \times \frac{m}{2} \times r_k^2 \text{ [кг} \times \text{м}^2\text{]},$$

где m - полная масса автомобиля=1565 кг;

0,77 - коэффициент, учитывающий перераспределение масс при торможении:

r_k - статический радиус качения колеса = 0,283 м,

$$I=47,2 \text{ кг} \times \text{м}^2$$

Таким образом, с учетом имеющегося в комплекте стенда набора технологических грузов, на валу стенда были установлены вращательные инерционные массы с суммарным моментом инерции, равным 44 кг × м².

4.3.2. Расчет скорости вращения вала стенда в начале торможения.

Расчет был произведен по формуле:

$$h = \frac{30 \times V}{3,6\pi \times R_k} \text{ [об/мин}^2\text{]},$$

где V - скорость автомобиля, км/ч;

r_k - статический радиус колеса;

n – скорость вращения вала стенда в начале торможения

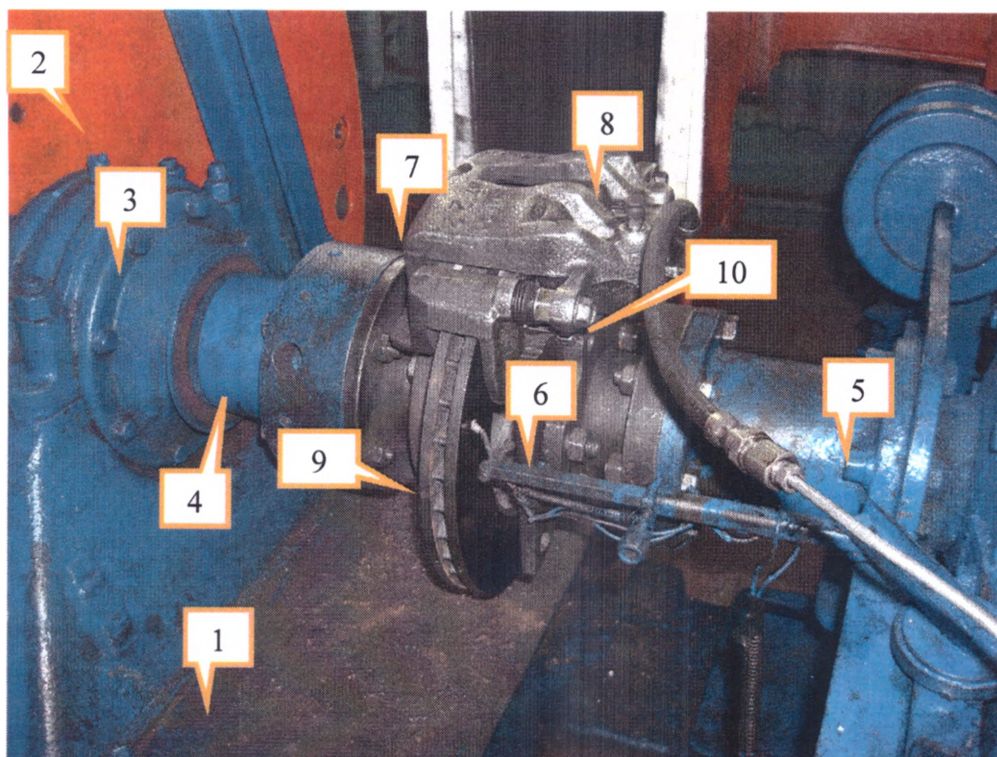


Рис. 1. Установка тормозного механизма автомобиля HYUNDAI SOLARIS на стенде СТН-НАМИ

1- станина стенда; 2 – инерционные массы; 3 – передний подшипник; 4 – вал стенда; 5 – подвижная бабка стенда; 6 - переходник; 7 – тормозной механизм; 8 – реактивная штанга; 9 – термопара; 10 – гидропривод.

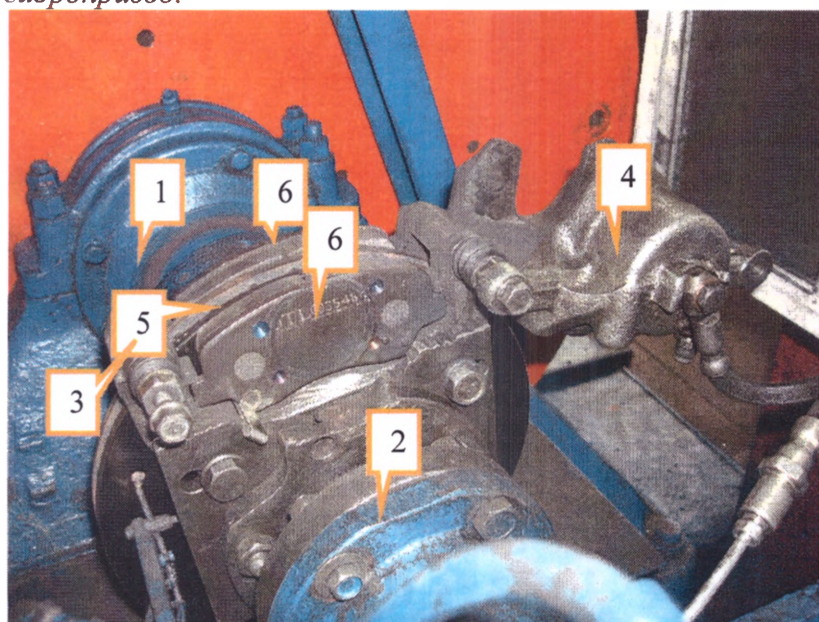


Рис. 2. Установка тормозных колодок в тормозном механизме автомобиля HYUNDAI SOLARIS на стенде СТН-НАМИ (суппорт откинут)

1 – вал стенда; 2 – подвижная бабка; 3 - скоба; 4 – суппорт; 5 – тормозной диск; 6 – тормозные колодки.

4.4 Первоначально исследуемая пара тормозных колодок подвергалась приработке рабочей поверхности фрикционной накладки – достижению пятна контакта с тормозным диском не менее 90% от всей площади накладки. Приработка осуществлялась на стенде при следующих параметрах режима:

- температура диска в начале торможения $T_{нач}=100\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- скорость движения автомобиля с $V_{нач}=60\text{ км/ч}$ до $V_{кон}=0\text{ км/ч}$;
- давление жидкости в приводе $P=50\text{ кг/см}^2$.

4.5 Последующий этап стендовых испытаний по определению фрикционных свойств и износостойкости тормозных колодок и их влияния на износ тормозного диска включал в себя последовательность циклов, которые указаны в Таблице 1 с проведением измерений толщин тормозных колодок между ними. Толщина диска определялась до начала испытаний и после завершения полного цикла.

Таблица 1.

Цикл испытания, усл. №	Температура диска в начале торможения, $^{\circ}\text{C}$	Скорость движения авт., км/ч		Давление рабочей жидкости в приводе, кг/см^2	Время цикла, сек	Количество торможений в цикле
		Начальная	Конечная			
Испытание №1 (до «FADE»)	100	100	0	20 40 50 60 80		
Испытание №2 (до «FADE»)	100	40 60 80 100 120 140	0	50		
Испытание №3 (до «FADE»)	50 100 150 200 250 300 350 400	100	0	50		
Испытание №4 («FADE»), первый период		100	50	50	45	25
Испытание №4 («FADE»), второй период		100	50	50	45	25

(продолжение)

Цикл испытания, усл. №	Температура диска в начале торможения, °С	Скорость движения авт., км/ч		Давление рабочей жидкости в приводе, кг/см ²	Время цикла, сек	Количество торможений в цикле
		Начальная	Конечная			
Испытание №5 (после «FADE»)	100	100	0	20 40 50 60 80		
Испытание №6 (после «FADE»)	100	40 60 80 100 120 140	0	50		
Испытание №7 (после «FADE»)	50 100 150 200 250 300 350 400	100	0	50		

4.6. Износостойкость колодок определялась по уменьшению толщины тормозной колодки с помощью микрометра в четырех точках, равно расположенных по контуру накладки, в каждом цикле испытаний. Схема замеров износостойкости колодок представлена на Рис. 3. В местах замера перед испытаниями на металлическом основании колодок высверливались конусообразные лунки, как показано на рисунке. За результат принималось среднее значение износов, полученных в каждой из четырех точек.

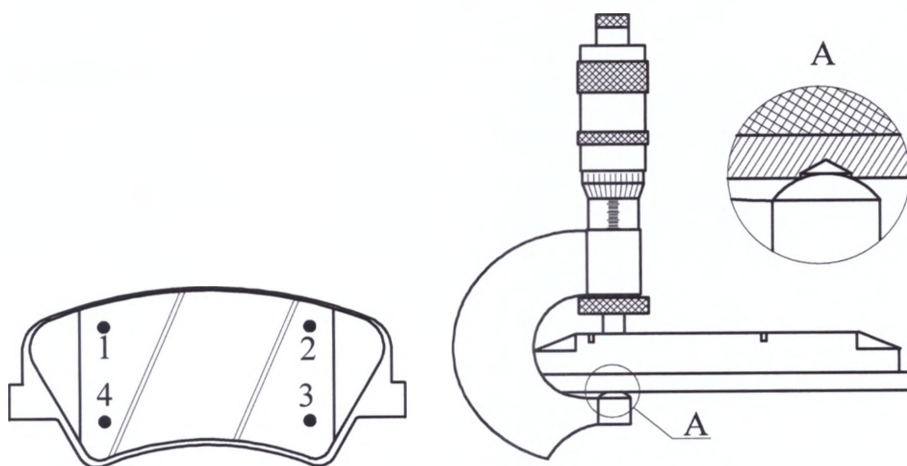


Рис. 3. Схема замеров толщины колодки
1,2,3,4 - точки замеров

4.6.1 Износ диска определялся с помощью микрометра в четырех точках, равно расположенных по радиусу трения диска (см. Рис 4.). За результат принималось среднее значение износов, полученных в каждой из - четырех точек. Для большей точности процедура повторялась трижды.

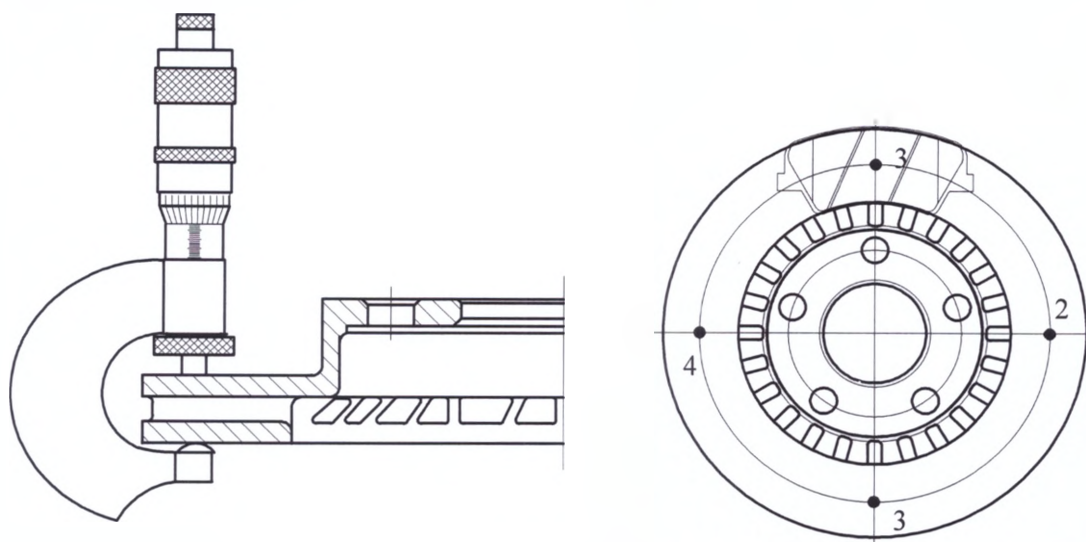


Рис. 4. Схема замеров износа диска
1,2,3,4 - точки замеров

4.7 В условиях стендовых испытаний определялся показатель прочности клеевого соединения накладки с колодкой на соответствие требованиям Правил ООН №90-02 (п. 5.2.2.1.1.).

Методика проведения испытаний согласно ГОСТ Р ИСО 6312-2007 «Транспорт дорожный. Накладки тормозные. Метод испытания на сдвиг накладки с колодкой в сборе для дисковых и барабанных тормозов». При определении прочности соединения накладки с колодкой площадь накладки принималась равной 52,0 см².

Статическое нагружение до разрушения клеевого соединения накладки с колодкой осуществлялось на машине испытательной электромеханической WDW-300, свидетельство о поверке АПН № 0081245 от 20.10.2016.

Данному виду испытаний с определением свойств прочности связи фрикционной накладки подвергалась вторая пара из представленных образцов тормозных колодок.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ.

В объеме проведенных испытаний в стендовых условиях для представленных тормозных колодок, примененных в узле дискового тормоза автомобиля HYUNDAI Solaris, получены следующие результаты.

5.1 Фрикционные свойства тормозных колодок представлены аналитическими и графическими зависимостями коэффициента трения от приводного усилия, начальной скорости торможения и температуры накладки (диска) и обобщенно сведены в Таблицах 2 и 3.

5.2. Коэффициент трения накладки μ вычислялся по формуле:

$$\mu = \frac{M}{2 \times S_n \times R_{тр.} \times P}$$

Где M - тормозной момент, определенных в ходе испытания; кгс*м

S_n - площадь поршня суппорта; см²

$R_{тр.}$ - радиус трения; м

P - давление в приводе, кгс/см².

Для тормозного механизма автомобилей HYUNDAI Solaris представленная формула выглядит следующим образом:

$$\mu = 0,218 \times \frac{M}{P}$$

Колодки KÖTL

Таблица 2. - Оценка эффективности

Испытания	№1 (До «FADE»)			№5 (После «FADE»)		
Постоянные параметры: $T \leq 100^\circ\text{C}$, $V_{нач.} = 100 \text{ км/ч}$, $V_{кон.} = 0 \text{ км/ч}$, $P = 50 \text{ кг/см}^2$						
Давление	P факт.	Момент	Коэффициент	P факт.	Момент	Коэффициент
20	20	42	0,46	21	36	0,37
40	40	88	0,48	40	76	0,41
50	50	110	0,48	50	95	0,41
60	60	130	0,47	60	123	0,45
80	80	167	0,46	80	167	0,46

Испытания	№2 (До «FADE»)			№6 (После «FADE»)		
Постоянные параметры: $T_{нач.} \leq 100^\circ\text{C}$, $V_{кон.} = 0 \text{ км/ч}$, $P = 50 \text{ кг/см}^2$						
Скорость	P факт.	Момент	Коэффициент	P факт.	Момент	Коэффициент
40	50	110	0,48	50	100	0,44
60	50	111	0,48	50	100	0,44
80	50	112	0,49	50	101	0,44
100	50	112	0,49	50	103	0,45
120	50	97	0,43	51	109	0,47
140	50	89	0,39	50	93	0,41

Испытания	№3 (До «FADE»)			№7 (После «FADE»)		
Постоянные параметры: $V_{нач.} = 100 \text{ км/ч}$, $V_{кон.} = 0 \text{ км/ч}$, $P = 50 \text{ кг/см}^2$						
Температура	P факт.	Момент	Коэффициент	P факт.	Момент	Коэффициент
50	50	97	0,42	50	88	0,38
100	50	110	0,48	50	98	0,43
150	50	102	0,44	51	114	0,49
200	50	90	0,39	50	109	0,48
250	50	84	0,37	50	96	0,42
300	50	83	0,36	50	94	0,41
350	50	76	0,33	50	96	0,42
400	50	70	0,31	50	98	0,43

(продолжение)

Испытания «FADE»								
Постоянные параметры: V нач.=100 км/ч, V кон. =50 км/ч, P= 50 кг/см ² , кол-во циклов 25								
№ п/п	1-й период				2-й период			
	Т°С	P факт.	M торм.	Коэфф.	Т°С	P факт.	M торм.	Коэфф.
1	30	50	76	0,33	30	50	69	0,30
2	80	50	80	0,35	80	50	74	0,32
3	110	50	84	0,37	110	50	80	0,35
4	140	50	96	0,42	140	50	90	0,39
5	165	50	96	0,42	165	50	96	0,42
6	185	50	94	0,41	185	50	98	0,43
7	205	50	92	0,40	205	50	105	0,46
8	220	50	88	0,38	220	50	100	0,44
9	230	50	88	0,38	235	50	96	0,42
10	238	50	83	0,36	245	50	90	0,39
11	246	50	83	0,36	260	50	81	0,35
12	252	50	82	0,36	265	50	85	0,37
13	260	50	84	0,37	270	50	86	0,37
14	265	50	84	0,37	275	50	88	0,38
15	270	50	84	0,37	280	50	88	0,38
16	275	50	86	0,37	285	50	88	0,38
17	280	50	86	0,37	290	50	88	0,38
18	285	50	85	0,37	295	50	90	0,39
19	290	50	85	0,37	300	50	90	0,39
20	295	50	85	0,37	305	50	96	0,42
21	300	50	85	0,37	310	50	98	0,43
22	305	50	85	0,37	315	50	98	0,43
23	310	50	90	0,39	320	50	100	0,44
24	315	50	93	0,40	325	50	100	0,44
25	320	50	88	0,38	330	50	100	0,44

Таблица 3 – Оценка эффективности.

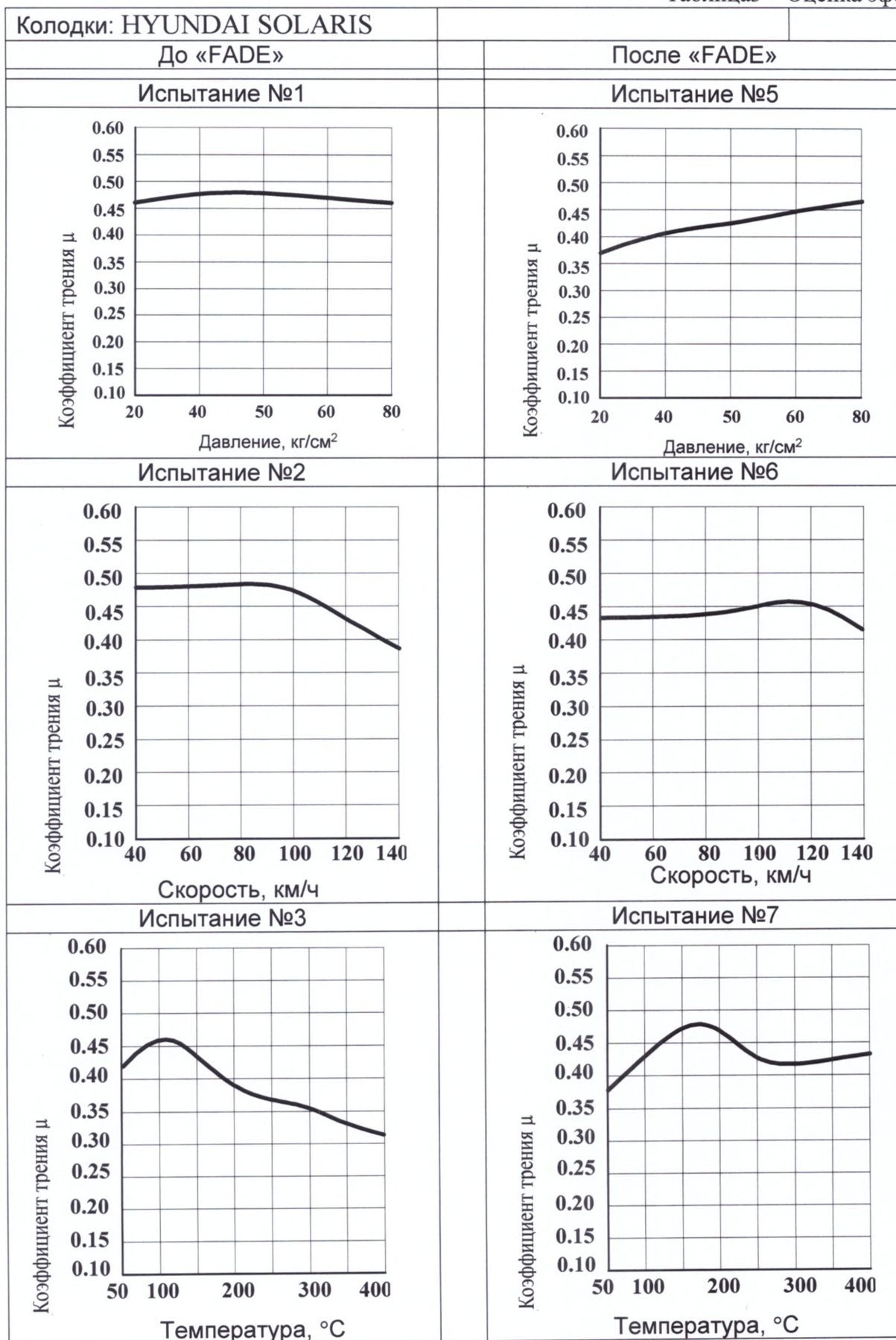
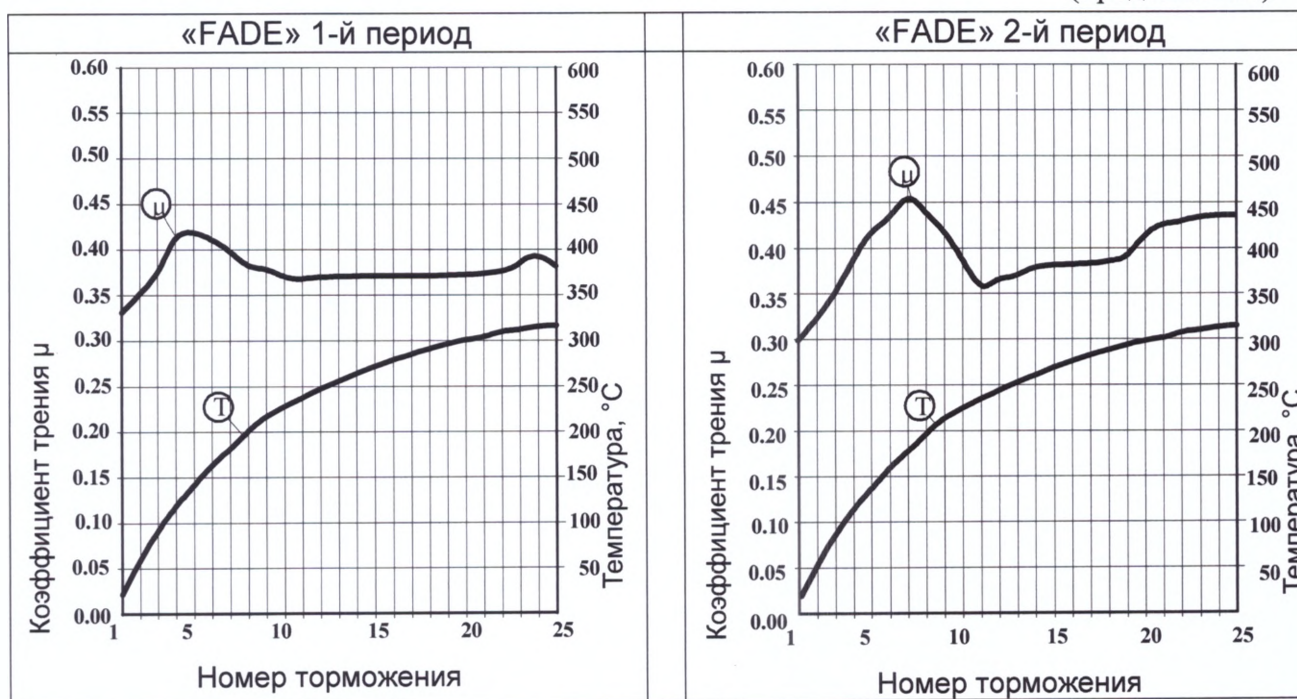


Таблица 3– Оценка эффективности.
(продолжение)

μ - коэффициент трения

T- усредненная температура

5.2 Результаты испытаний по определению износостойкости колодок и износа диска за циклы испытаний сведены в Таблицу 4.

Таблица 4. – Оценка износостойкости.

Колодка	Износ колодок, мм				Износ диска, мм
	До FADE	На FADE	После FADE	Общий	
KÖTL	0,09	0,16	0,12	0,37	0,007

5.3 Результаты испытаний по определению прочности соединения фрикционной накладки к основанию колодки представлены в Таблице 5.

Таблица 5. -Оценка прочности соединения

Колодка	Прочность соединения накладки с основанием колодки, МПа	Нормативное требование Правил ООН №90, МПа
KÖTL	4,0...4,3	2,5, не менее

5.4 Внешний вид колодок и дисков после испытаний представлены на Рис. 5. и 6.



Рис. 5.

Внешний вид колодок KÖTL после испытаний, а) по определению эффективности и износостойкости б) по определению прочности соединения фрикционной накладки к основанию колодки

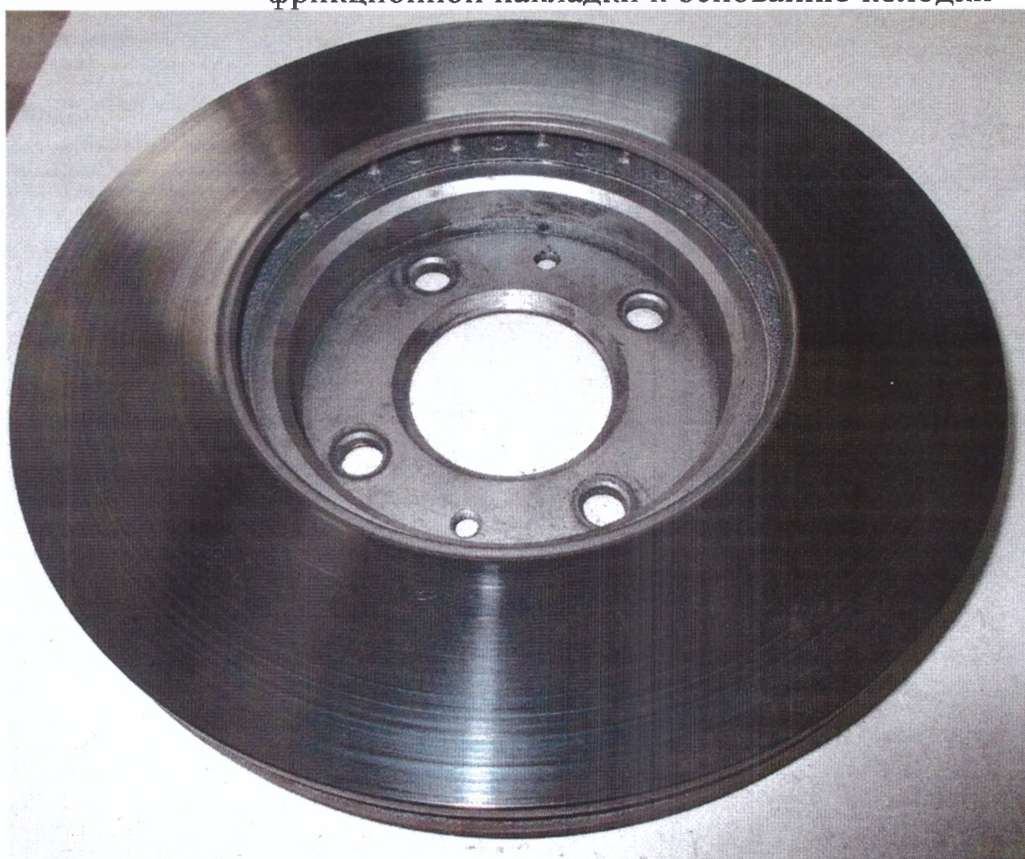


Рис.6. Внешний вид тормозного диска после испытаний.

6. Выводы.

По результатам проведенного в стендовых условиях объема испытаний, представленных образцов тормозных колодок KÖTL можно сделать следующие выводы.

6.1. Эффективность торможения (коэффициент трения) высокая (в «холодном» состоянии $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$), но нестабильная по скорости и температуре при испытаниях №2 и №3. После испытания FADE происходит стабилизация коэффициента трения на уровне 0,42-0,44.

В целом эффективность торможения следует считать удовлетворительной и, по экспертной оценке, она соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств»:

6.2. Износ колодок за цикл испытаний составила 0,37 мм. Износостойкость можно оценить: как высокую.

6.3. Износ диска при работе с колодками KÖTL составил за цикл испытаний 0,007 мм, что свидетельствует о низкой агрессивности по отношению к контртелу.

6.4. Прочность соединения фрикционных накладок с их основаниями составила 4,0...4,3 МПа и удовлетворяет требованиям Правил ООН №90-02 (п. 5.2.2.1.1. - 2,5 МПа, не менее).

6.5. Тональных шумов («писка», «скрипа» и т.п.) в ходе испытаний не выявлено.

Директор ИЦПА ФГУП «НАМИ»

Кислицын Р.А.

Начальник Управления испытаний АТС и их компонентов ФГУП «НАМИ»

Наследков А.Ю.

Старший научный сотрудник ФГУП «НАМИ»

Батуров С.Н.

Младший научный сотрудник ФГУП «НАМИ»

Болтовский М.А.