

Научно-исследовательский центр - лаборатория
«Триботехника»

кафедры «Комбинированные двигатели и альтернативные
энергоустановки» (Э-2) МГТУ им. Н.Э. Баумана

(основана в 1987 г. как научно-исследовательское подразделение отдела 2.1 НИИЭМ
МГТУ им. Н.Э. Баумана. Руководитель: д.т.н., проф. С.В. Путинцев; состав: к.т.н., доц. С.П.
Чирский; к.т.н., доц. С.А. Аникин; маг. т.т., асп. С.С. Стрельникова; бак. т.т., инж. С.С.
Деменкова)

Краткая информация о направлениях деятельности, решаемых задачах, средствах
достижения и характере получаемых результатов

г. Москва

2022 г.

Направления деятельности:

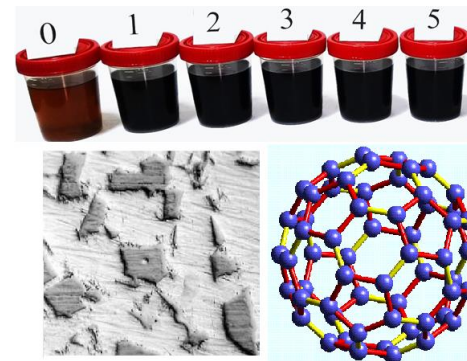
- Участие в программах фундаментальных и прикладных проектов в области трибологии и трибометрии инновационных материалов для энергетического машиностроения
- Комплексное (лабораторное, макетное и стендовое моторное) тестирование энергосберегающих моторных масел и антифрикционно-противоизносных присадок в рамках учебного процесса и по заказам сторонних организаций
- Разработка и оценка служебных свойств инновационных энерго- и ресурсосберегающих материалов для поршневых машин
- Создание новых методов, средств и приборов в области трибометрии поршневых двигателей, а также эксплуатационных и конструкционных материалов
- Обеспечение выполнения экспериментально-исследовательских работ для КП, ВКР и НКР студентов
- и аспирантов

Объекты исследований:

Смазочные материалы
и присадки



Композиционные
и порошковые
материалы



Детали, конструкционные
материалы, а также энерго-
и ресурсосберегающие
покрытия деталей

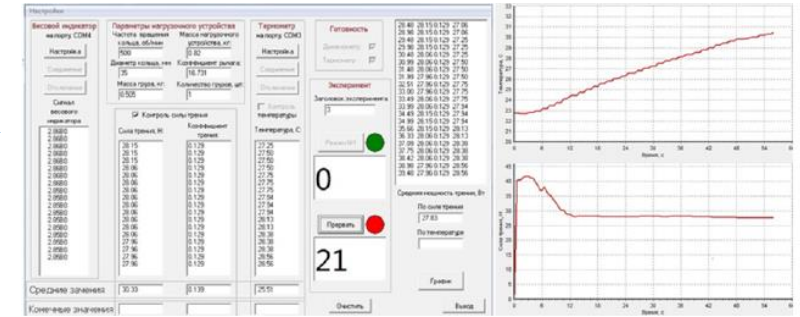


ОРИГИНАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ЛАБОРАТОРИИ «ТРИБОТЕХНИКА»



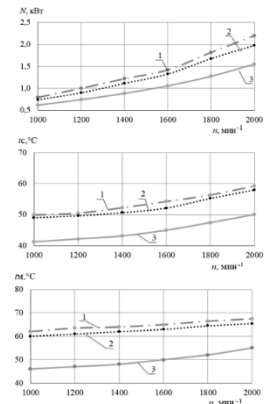
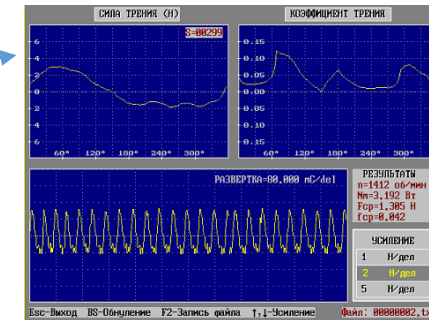
Этап 1 – лабораторное тестирование материалов на оригинальном аналоговом трибометре (Пат. РФ 2709444 С1) по ускоренной методике:

1 – трибоизмерительный рычаг; 2 – масляная ванна с датчиком температуры; 3 – блок управления; 4 – монитор; 5 – весовой индикатор; 6 – преобразователь сигналов



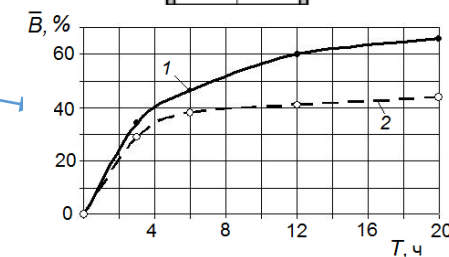
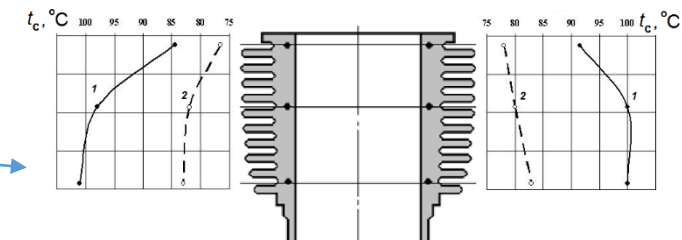
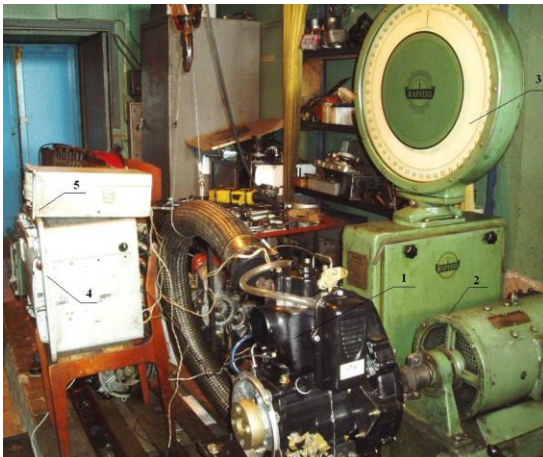
Этап 2 – натурное моделирование процессов трения и износа на оригинальном поршневом трибометре (А.с. 1264022) и макетной установке на базе дизеля ТМЗ-450Д:

1 – поршневой трибометр;
2 – приводной электродвигатель



Этап 3 – стендовые моторные испытания объектов на трение и износ соответственно по ускоренным методам температурных полей трения и искусственных баз (Пат. РФ 154315):

1 – дизель ТМЗ-450Д;
2 – балансирующая машина;
3 – весовое устройство;
4,5 – электронно-механические потенциометры для измерения обусловленных трением температур цилиндра



(Активизируйте изображение и нажмите кнопку Пуск под ним)

Очистить

Направления моделирования и оптимизации процессов:

1. Динамики, гидродинамики, трения и изнашивания в смазываемых сопряжениях ЦПГ и КШМ поршневых четырехтактных двигателей.
2. Смазки-охлаждения поршня при его движении в цилиндре.
3. Маслоснабжения трущихся поверхностей сопряжений «цилиндр – юбка поршня», «поршневой палец – втулка шатуна» и «цилиндр – поршневое кольцо».

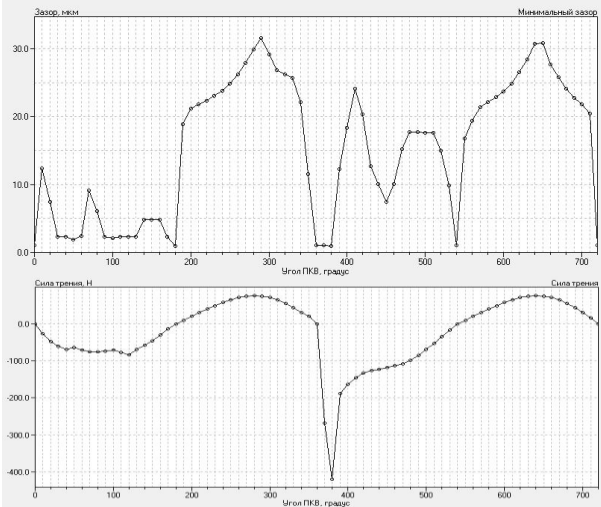
Решаемые задачи:

1. Минимизация потерь на трение и износ смазываемых сопряжений ЦПГ и КШМ.
2. Экспертная оценка энергоэффективности применяемых форм, топографии, физико-химических свойств трущихся поверхностей деталей, а также применяемых для их изготовления и смазки конструкционных материалов, покрытий, моторных масел и присадок.
3. Прогнозирование ожидаемого энерго- и ресурсосбережения при трибологической модернизации конструкций и переходе на новые конструкционные и смазочные материалы.

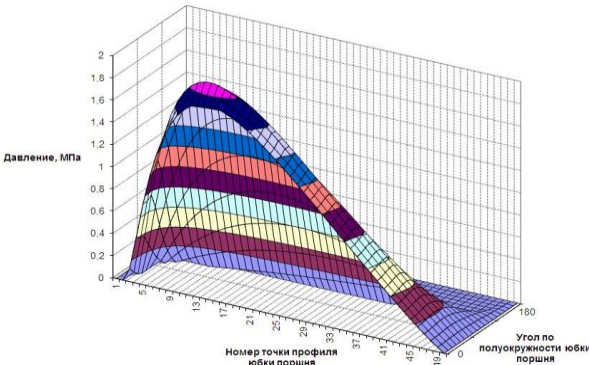
Средства расчетного моделирования (оригинальные разработки):

1. Программный комплекс PISTON-DHT – моделирование динамики, гидродинамики и трибологии поршня
2. Расчетные рабочие (без развитого интерфейса) программы:
 - 2.1 RING – моделирование динамики, гидродинамики и трибологии поршневого кольца
 - 2.2 BEARING – то же для подшипников коленчатого вала
 - 2.3 HOT-COOL – прямая и обратная температурная конвертация профиля юбки поршня
 - 2.4 MASLO – автоматизация обработки результатов трибологического тестирования масел
 - 2.5 CRJet – моделирование процесса струйного маслоснабжения ЦПГ из шатуна
 - 2.6 CSJet – то же для шатунного подшипника
 - 2.7 PISTON-HTA – анализатор гидродинамики и трибологии юбки поршня

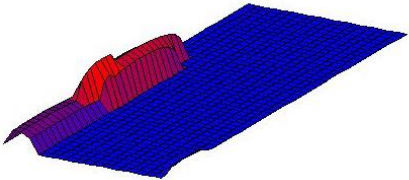
Программный комплекс PISTON-DHT



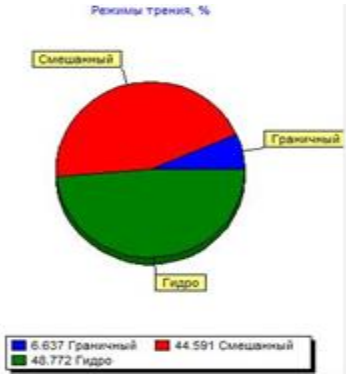
Минимальная толщина масляного слоя в зазоре и сила трения между юбкой поршня и цилиндром в функции угла ПКВ



Распределение гидродинамического давления масла по развертке полуокружности юбки поршня для заданного угла ПКВ

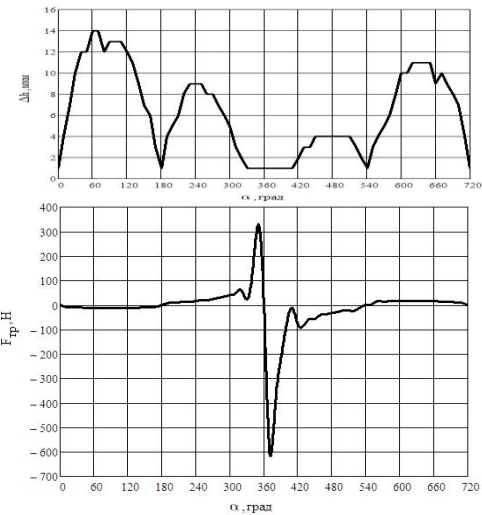


Развертка износа юбки на период заданной наработки



Идентификация режимов трения в ЦПГ

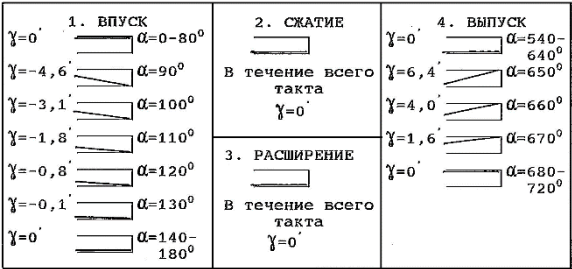
Рабочая программа RING



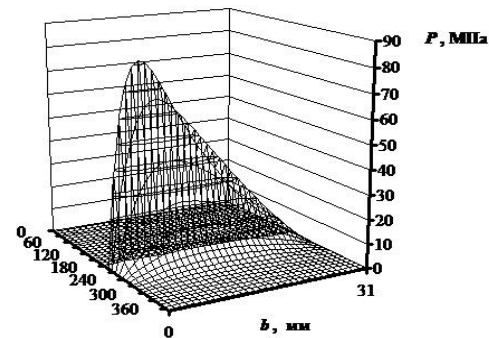
Изменение минимальной толщины слоя масла и силы трения в сопряжении "поршневое кольцо-цилиндр» в течение рабочего цикла четырехтактного ДВС

α , град	Торец	α , град	Торец
0	В	360	В
30	В	390	Н
60	В	420	Н
90	Н	450	Н
120	Н	480	Н
150	Н	510	Н
180	В	540	В
210	Н	570	Н
240	Н	600	Н
270	Н	630	Н
300	Н	660	В
330	Н	690	В

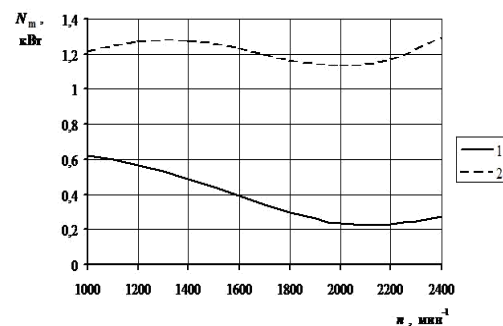
Осевая перекладка и угол скручивания в канавке поршневого компрессионного кольца в течение рабочего цикла четырехтактного ДВС



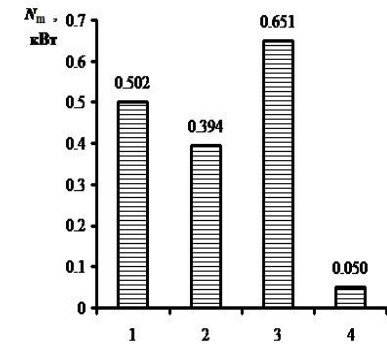
Рабочая программа BEARING



Распределение гидродинамического давления масла по развернутой поверхности вкладыша центрального коренного подшипника

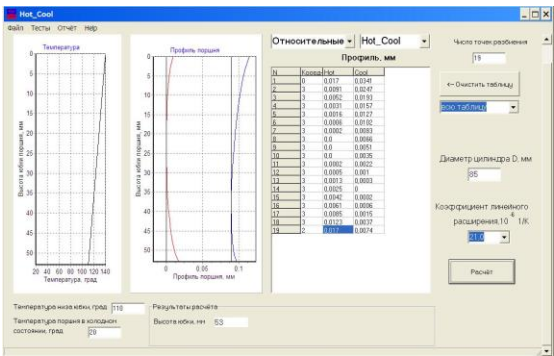


Характеристика механических потерь для центрального коренного подшипника:
1 - вкладыши без канавки; 2 - вкладыши с канавкой



Распределение механических потерь по различным подшипникам КШМ дизеля: 1- верхние шатунные; 2 - нижние шатунные; 3 - коренные; 4 - упорный

Рабочая программа HOT-COOL



Автоматизированная трибологическая
паспортизация антифрикционных присадок
к моторному маслу

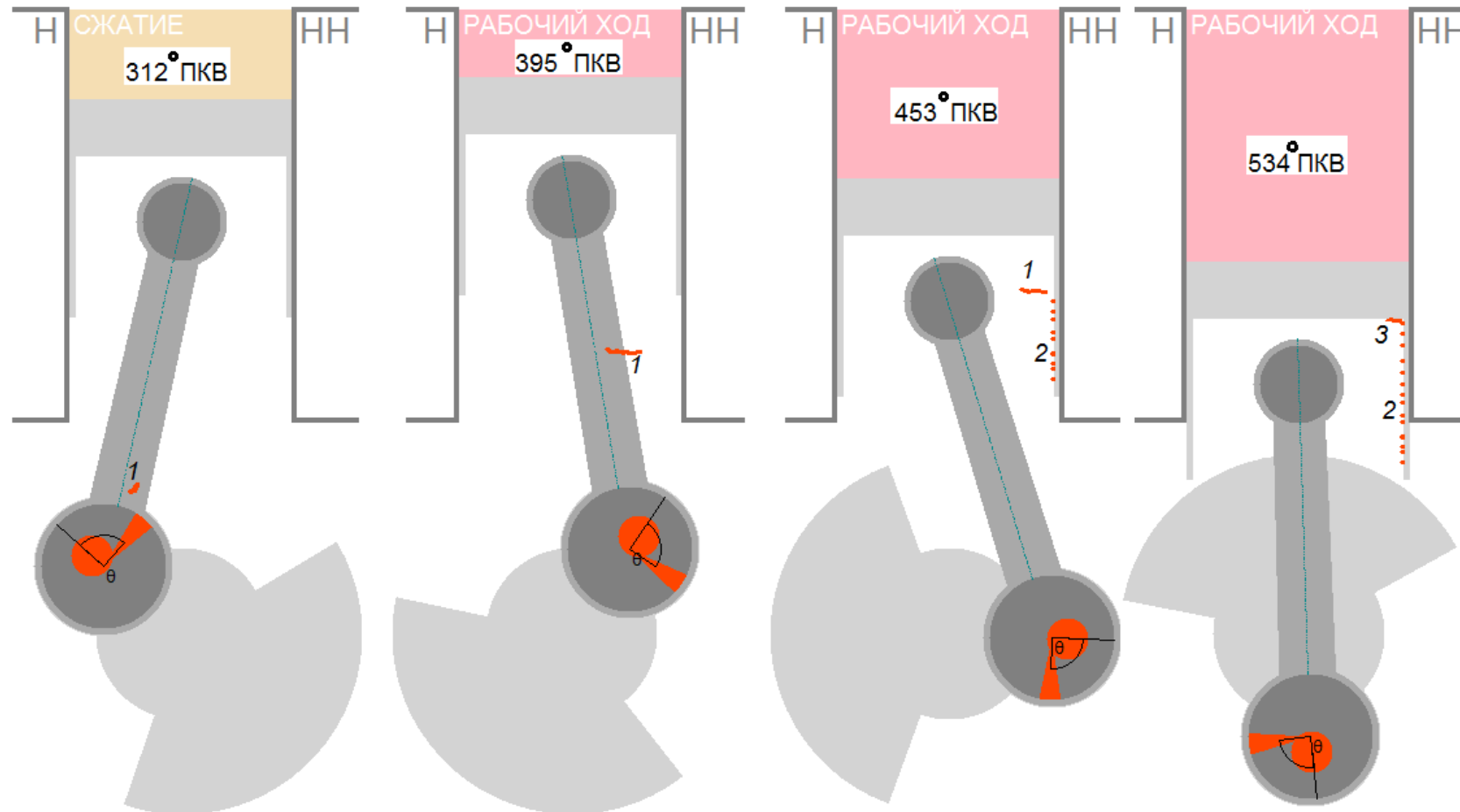
Конвертирование горячего профиля юбки поршня в холодный (чертежный) и наоборот

Рабочая программа Maslo

№ объекта испытаний	Снижение конечного значения силы трения по сравнению с базовым объектом		Антифрикционный рейтинг
	Абсолютное, Н	Относительно е, %	
1	1,77	7	9
2	4,61	17	1
3	3,93	15	3
4	2,55	10	7
5	3,94	15	4
6	3,54	14	5
7	2,46	9	8
8	4,03	16	2
9	2,85	11	6

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

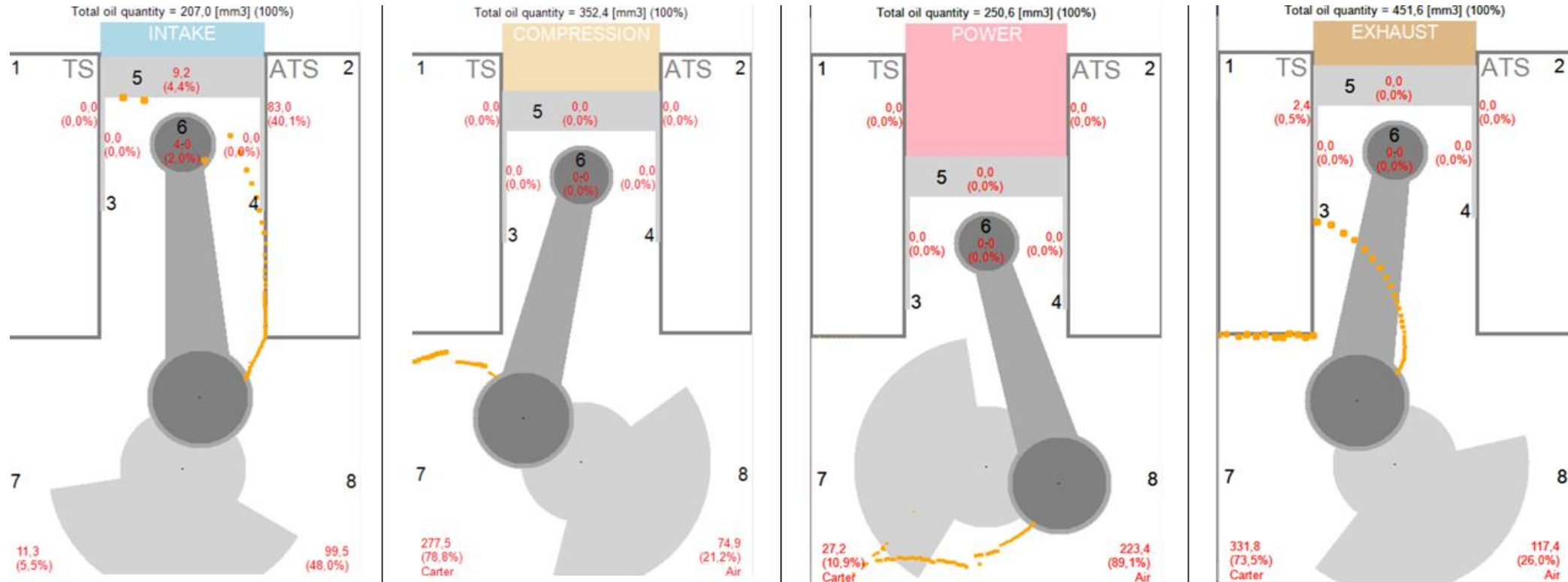
Рабочая программа CRJet



Визуализация процесса струйного маслоснабжения сопряжения «цилиндр - поршень» в течение рабочего процесса быстроходного дизеля за счет выброса струй масла из специальных отверстий в стержне шатуна: 1 - порция струи моторного масла; 2 - распределение порции 1 по внутренней поверхности юбки поршня; 3 - распределение порции 1 по внутренней поверхности дна поршня

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Рабочая программа CSJet

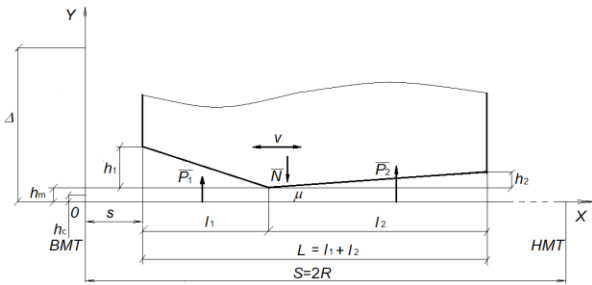


Визуализация процесса струйного маслоснабжения сопряжения «цилиндр - поршень» в течение рабочего процесса быстроходного дизеля за счет выброса струй масла из зазоров вращающегося шатунного подшипника с расчетом распределения и оценки количества масла, попавшего в характерные зоны:

- 1 - нагруженная сторона стенки цилиндра; 2 – то же для ненагруженной стороны стенки цилиндра; 3 – внутренняя поверхность юбки поршня с нагруженной стороны; 4 – то же для ненагруженной стороны; 5 – внутренняя поверхность днища поршня; 6 – сопряжение «поршневой палец-втулка шатуна»; 7 – стенки картера; 8 – внутреннее пространство картера (масляный туман)

Рабочая программа PISTON-HTA

Расчетная модель равновесия юбки поршня на слое масла

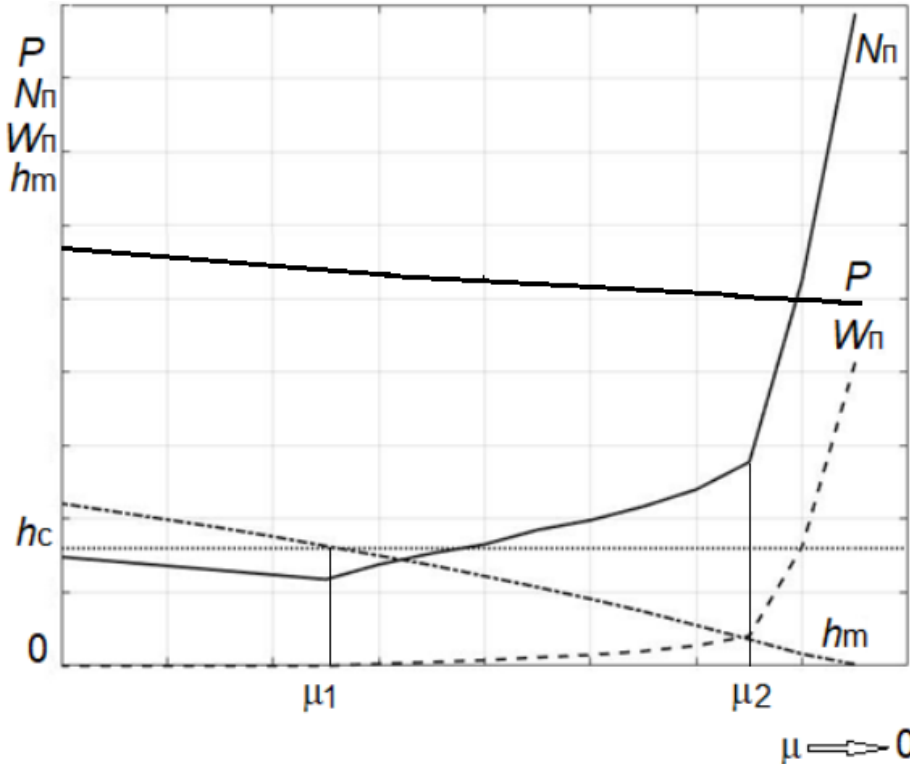


α , °ПКВ	$N(\alpha)$, Н
0	0
30	-632
60	-317
90	540
120	895
150	562
180	0
210	-573
240	-973
270	-781
300	-274
330	-696
360	0
390	2373
420	1411
450	1478
480	1376
510	736
540	0
570	-595
600	-955
630	-615
660	234
690	568
720	0

Обозначение	Размерность	Значение
n	мин ⁻¹	3000
n_{100}	сСт	16
r_{100}	кг/м ³	814
R	мм	40
D	мм	85,03
l	-	294
Δ	мкм	45
h_1	мкм	15
h_2	мкм	41
l_1	мм	28
l_2	мм	24
R_z^s	мкм	5
R_z^c	мкм	3
$HВ$	МПа	115
f	-	0,1
T	ч	1000
v_s	-	0,3
v_c	-	0,3
E_s	ГПа	70
E_c	ГПа	130

Входные данные
к расчету

Результат расчетного анализа - влияние вязкости масла
на основные показатели гидродинамики и трибологии юбки поршня



P – гидродинамическая несущая способность слоя масла в зазоре «юбка поршня-цилиндр»; $N_{\text{п}}$ - мощность потерь на трение; $W_{\text{п}}$ – износ; $h_{\text{м}}$ – минимальная толщина слоя масла в зазоре; $h_{\text{с}}$ – критическое значение $h_{\text{м}}$; 1, 2 – признаки соответственно верхней и нижней границ рационально минимальной вязкости масла