

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет Им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Факультет – автотранспортный

Кафедра – Тепловые двигатели и энергетические установки (ТДиЭУ)

«Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей поршневых двигателей»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Направление подготовки – 13.04.03 – Энергетическое машиностроение

Программа (профиль) - магистр

Форма обучения – очное

Владимир 2017

Выполнение курсового проекта идет параллельно с выполнением заданий практических занятий и лабораторных работ в соответствии с методическими указаниями.

Выполнение курсового проекта включает:

Исследование теплового и напряженного состояния (ТНДС) поршневой группы.

При этом учитываются следующие факторы нагружения:

- ✓ температурное поле на режиме номинальной мощности и холостого хода;
- ✓ газовые силы;
- ✓ силы инерции;
- ✓ контакт поршневого пальца с шатуном и поршнем
- ✓ Физическая нелинейность материалов поршневой группы

Выполнение курсового проекта включает следующие этапы:

1. Создание трехмерной модели в среде трехмерного моделирования, а также чертеж модели с размерностью зон теплообмена.
2. Создание КЭМ поршневой группы, Задание кинематических граничных условий и граничных условий контакта, задание ГУ теплообмена, Задание свойств материала.
3. Решение стационарной задачи теплопроводности для режима холостого хода.
4. Решение стационарной задачи теплопроводности для режима номинальной мощности.
5. Создание исследования переходного термического процесса.
6. Анализ температурного состояния поршня для обоих режимов, создание графиков изменения температуры на поверхности поршня в радиальном и осевом

направлении. Вычерчивание графиков термических результатов относительно времени.

7. Расчет НДС поршневой группы по первому (температурное и механическое нагружение) и второму варианту нагружения (температура, сила давления газов и силы инерция).

8. Анализ НДС пальца и поршневой головки шатуна, определение локальных зон (узлов конечно-элементной модели) с высокой концентрацией напряжений для каждой из деталей и определение запасов прочности для выбранных узлов.

Отчет по проделанной работе должен включать:

1. Титульный лист, оформление с названием отдельных пунктов расчета.
2. Цели расчета.
3. Факторы, участвующие в расчете. Объяснить какие факторы и как связаны с поршневой группой.
4. Этапы решения
5. Описание конечноэлементной модели (чертеж модели поршневой группы с размерностью зон, количество конечных элементов, тип элементов, описание свойств материала, граничные элементы кинематические и силовые - эскизная схема приложенных граничных условий (давление, закрепление, температура, конвекция, инерция и т.д.), описание решателя программы и выбор расчетного шага.
6. Результаты расчетов (графики теплового расчета - распределение температуры в поршне на различных расчетных режимах, графики распределение температуры на поверхности поршня в двух направлениях, результаты расчета напряженно-деформированного состояния, графики изменения НДС в поршне по высоте и диаметру)
7. Таблица расчетных напряжений для двух режимов.
8. Расчет и анализ прочности отдельных элементов поршневой группы (коэффициенты запаса прочности кромки камеры сгорания, днища сгорания, первой межкольцевой перемычки, соединения юбки и бобышки, пальца, головки шатуна и др. элементов в зависимости от конструкции модели, но не менее 5 элементов)

9. Анализ проведенного расчета, выводы и рекомендации, список литературы.
10. Качественно подготовленный расчет содержит 12-15 иллюстраций (вместе с графиками), 3-5 таблиц, и включает 6-10 листов печатного текста.

Пример части выполнения курсового проекта приведен в приложении.

ЦЕЛЬ РАСЧЕТА: Исследование теплового и напряженного состояния (ТНДС) поршневой группы дизеля ЯМЗ-534. Учитывались следующие факторы нагружения:

- температурное поле на режиме номинальной мощности;
- газовые силы (P_z);
- силы инерции;

Первый вариант расчета учитывал одновременное воздействие всех трех факторов нагружения, второй не учитывал влияния газовых сил. Для решения использовался метод конечных элементов в трехмерной постановке. В модель включались поршень, палец, поршневая головка шатуна.

Расчет включал следующие этапы:

- создание трехмерной модели в среде трехмерного моделирования КОМПАС;
- создание конечно-элементной модели поршневой группы;
- задание кинематических граничных условий и поверхностей контакта;
- задание граничных условий теплообмена;
- решение стационарной задачи теплопроводности;
- анализ температурного состояния поршня;
- расчет напряженно-деформированного состояния поршневой группы по первому и второму вариантам нагружения;
- анализ напряженного состояния поршня, пальца и поршневой головки шатуна, определение локальных зон (узлов конечно-элементной модели) с высокой концентрацией напряжений для каждой из деталей и определение запасов прочности для выбранных узлов.

Конечно-элементная модель поршневой группы.

Модель состояла из 44374 узлов и 224311 элементов. Базовым элементом являлся четырех узловой тетраэдр. Для обеспечения свободного деформирования входящих в модель деталей в ней использовались контактные конечные элементы. Кроме того использование контактных элементов позволяет моделировать условия натяга, то есть при расчете учитывать напряжения, возникающие при запрессовке втулки или пальца в поршневую головку шатуна.

Симметричность прилагаемой нагрузки относительно оси цилиндра позволило рассматривать только $\frac{1}{4}$ часть поршня, с приложением соответствующих кинематических граничных условий к плоскостям сечений.

Значения ускорения поршня и P_z взяты из кинематического и теплового расчетов соответственно и составили; $j_{\text{п}} = 13376 \text{ м/с}^2$, $P_z = 15,7 \text{ МПа}$.

При расчете теплового состояния поршня использовались граничные условия теплообмена III рода (α , Вт/(м² К) – коэффициент теплоотдачи с окружающей средой на поверхности поршня и T_{∞} , °С – температура окружающей среды, например, средняя за цикл температура газов), полученные по литературным источникам и результатам научно-исследовательских работ, проводимых на кафедре.

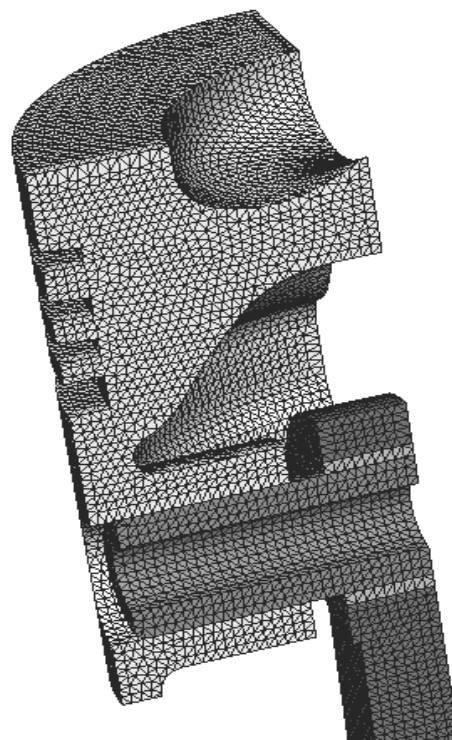


Рис.1 Конечно-элементная модель поршня

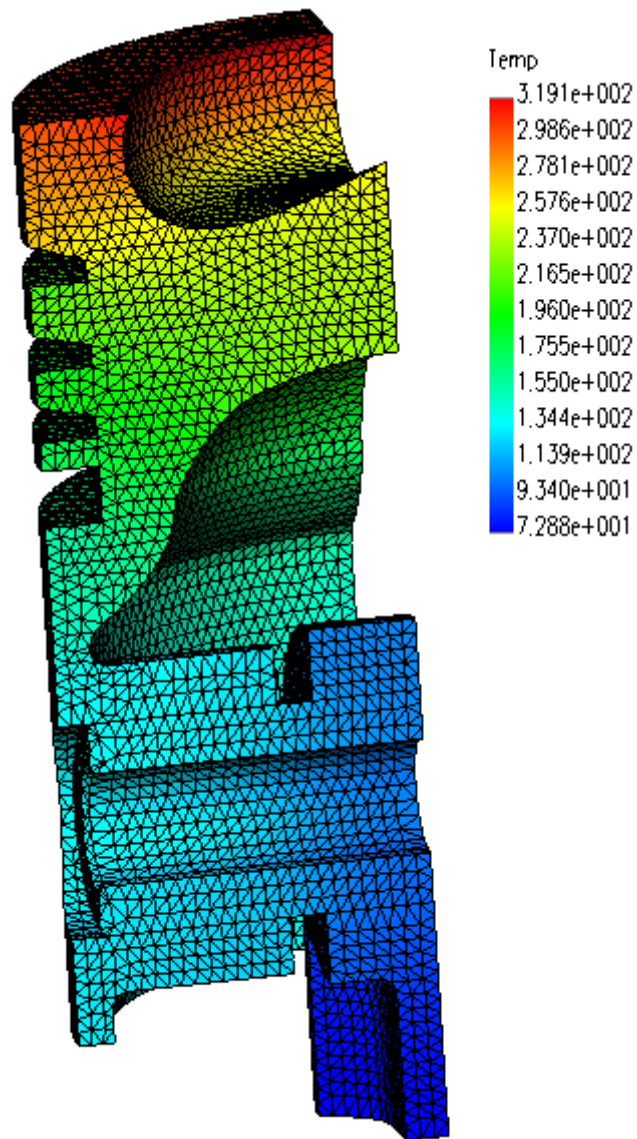
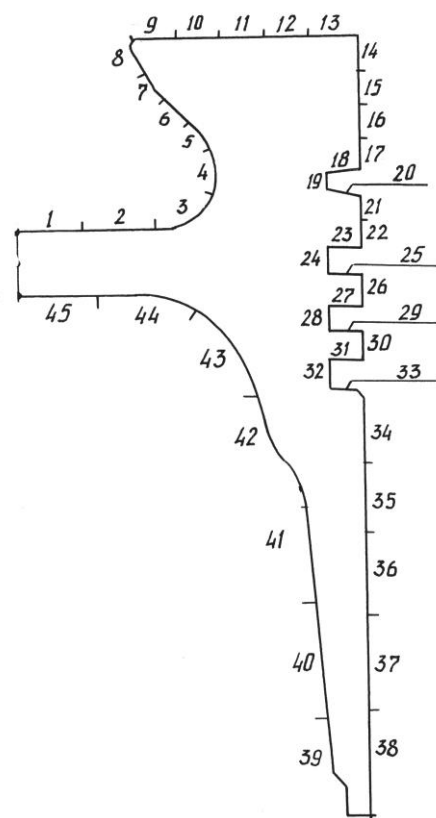
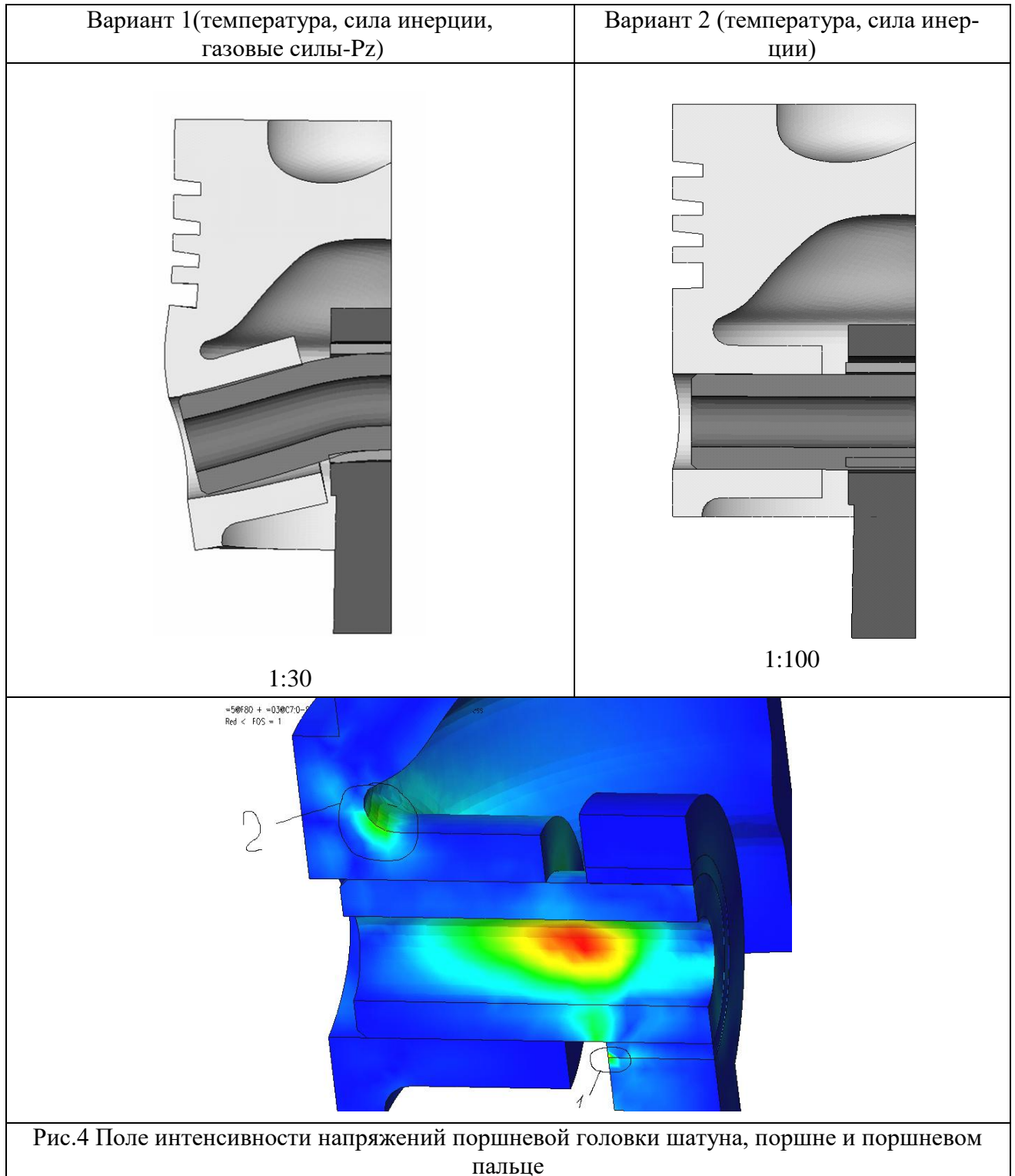


Рис. 2 Тепловое состояние поршня на режиме номинальной мощности

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ТЕПЛОБМЕНА НА РЕЖИМЕ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ		
	α , Вт/(м ² К)	T_{∞} , К
1	400,0	923,0
2	400,0	923,0
3	400,0	923,0
4	400,0	923,0
5	700,0	973,0
6	700,0	973,0
7	700,0	973,0
8	700,0	973,0
9	650,0	923,0
10	650,0	923,0
11	650,0	923,0
12	650,0	923,0
13	650,0	923,0
14	650,0	523,0
15	650,0	523,0
16	650,0	523,0
17	650,0	523,0
18	900,0	523,0
19	0,0	503,0
20	18000,0	473,0
21	400,0	463,0
22	400,0	463,0
23	600,0	453,0
24	0,0	453,0
25	16000,0	453,0
26	400,0	453,0
27	400,0	453,0
28	0,0	453,0
29	14000,0	443,0
30	400,0	433,0
31	500,0	433,0
32	0,0	423,0
33	12000,0	423,0
34	600,0	423,0
35	600,0	423,0
36	600,0	423,0
37	600,0	423,0
38	600,0 -	423,0
39	250,0	363,0
40	250,0	363,0
41	250,0	363,0
42	250,0	363,0
43	250,0	363,0
44	250,0	363,0
46	250,0	363,0



**РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ.**



Значения тензора, главных и интенсивности напряжений представлены в таблице.

Область № 2

τ, c	$\sigma_x,$ МПа	$\sigma_y,$ МПа	$\sigma_z,$ МПа	$\tau_{xy},$ МПа	$\tau_{yz},$ МПа	$\tau_{zx},$ МПа	$\sigma_1,$ МПа	$\sigma_2,$ МПа	$\sigma_3,$ МПа
Вариант 1	-350,1	-85,9	-75,2	0,058	-15,6	-40,9	-90,58	-112,7	-259,8
Вариант 2	1,0	0,95	0	0,3	-0,2	0,4	1,1	0,5	0,3

Определение запаса прочности по критериям усталостного разрушения:
 Определим амплитуды нормальных и касательных напряжений цикла нагружения:

$$\sigma_{xa} = (\sigma_{x \max} - \sigma_{x \min}) / 2 = (1 - (-350,1)) / 2 = 175,5$$

$$\sigma_{ya} = (\sigma_{y \max} - \sigma_{y \min}) / 2 = (0,95 + 85,9) / 2 = 43,4$$

$$\sigma_{za} = (\sigma_{z \max} - \sigma_{z \min}) / 2 = (75,2) / 2 = 37,6$$

$$\tau_{xya} = (\tau_{xy \max} - \tau_{xy \min}) / 2 = (0,3 - 0,058) / 2 = 0,125$$

$$\tau_{xza} = (\tau_{xz \max} - \tau_{xz \min}) / 2 = (0,4 + 40,9) / 2 = 20,65$$

$$\tau_{yza} = (\tau_{yz \max} - \tau_{yz \min}) / 2 = (-0,2 + 15,6) / 2 = 7,7$$

Определим интенсивность амплитуд переменных напряжений цикла:

$$\sigma_{ia} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_{xa} - \sigma_{ya})^2 + (\sigma_{ya} - \sigma_{za})^2 + (\sigma_{xa} - \sigma_{za})^2 + 6(\tau_{xya}^2 + \tau_{yza}^2 + \tau_{xza}^2)} = 141,7$$

Запас прочности :

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma} \beta_{\sigma}} \sigma_{ia} + \psi_{\sigma} \sigma_{1 \max}} = 2,3$$

$\sigma_{1 \max}$ – максимальное главное напряжение (P1)

$K_{\sigma} = 1,2$ – эффективный коэффициент концентрации напряжений при изгибе;

$\varepsilon_{\sigma} = 0,80$ – коэффициент, учитывающий масштабный эффект изгибе;

$\beta = 1,1$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$\psi_{\sigma} = \sigma_{-1} / \sigma_B = 0,5$ – коэффициент, учитывающий влияние постоянной составляющей цикла напряжений на сопротивление усталости изгибе.

$\sigma_{-1} = 450$ МПа – предел усталости материала;

$\sigma_B = 900$ – предел прочности материала