

Найденные параметры математической модели электромагнита (10) могут быть использованы при моделировании переходных процессов в электронной системе.

Список литературы:

1. Руденко А.Н. Устойчивость модели САРЧ дизеля с электронным регулятором // Новые работы в области совершенствования систем и агрегатов дизелей. Сборник научн. трудов ЦНИДИ п/ред. В.И.Балакина. -Ленинград, 1987. с. 46-58.

УДК 621.43.016

А.В.Тринёв, канд. техн. наук, А.Н. Авраменко, инж., И.А. Москалев, инж.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ ТАРЕЛКИ КЛАПАНА НА ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫПУСКНЫХ КЛАПАНОВ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Введение

На протяжении многих лет расчетный анализ теплонапряженного состояния деталей сложной геометрической формы был связан с определенными трудностями, связанными главным образом, с невозможностью учесть все конструктивные особенности детали и длительным процессом подготовки исходных данных.

Развитие современных программных комплексов, использующих CAD/CAE технологии, позволило существенно расширить диапазон решаемых технических задач. В первую очередь это касается возможности учета сложной внутренней и внешней геометрии исследуемых деталей, возможности моделирования трехмерных сборок деталей с учетом кинематических взаимосвязей и точного вычисления массогабаритных характеристик этих деталей.

Использование таких программных комплексов позволяет значительно уменьшить затраты времени, связанные с подготовкой исходных данных, необходимых для расчета теплонапряженного состояния (задание геометрии детали, граничных условий зада-

чи теплопроводности и механики).

Анализ публикаций

Анализу теплонапряженного состояния (ТНС) выпускных клапанов и влиянию конструктивных вариантов тарелки на ТНС клапана в литературных источниках уделяется недостаточное внимание и зачастую результаты анализ носят противоречивый характер.

Так, например, проф. Дьяченко Н.Х. и проф. Костин А.К. в работе [1] приводят сравнительный анализ изменения температурного поля клапана в зависимости от геометрии тарелки. В данной работе анализируются клапаны с выпуклой и вогнутой формой тарелки, при этом авторы отмечают снижение температуры в центре тарелки клапана на $20 - 29^{\circ}\text{C}$ для клапана с выпуклой формой тарелки и увеличение температуры в центре тарелки клапана в среднем на 20°C , для клапана с вогнутой формой тарелки, по сравнению с температурой серийного клапана. Для расчетного анализа температурного состояния клапана использовался метод электротепловой ана-

логии, который, по свидетельству авторов [1], обладает погрешностью до 15%.

Такие результаты имеют определенные расхождения с основными положениями теории теплопередачи и требуют более детального анализа с целью определения действительных закономерностей изменения температуры клапана при изменении конструкции тарелки.

Цель и постановка задачи

Целью работы является повышение надежности выпускных клапанов автотракторного дизеля за счет уменьшения составляющих теплонапряженного состояния.

В проведенном расчетном анализе ставились и решались такие задачи:

- сравнительный анализ полученных результатов моделирования с результатами других авторов;
- анализ ТНС выпускного клапана для различных конструктивных вариантов тарелки клапана;
- оценочный анализ влияния конструктивных вариантов тарелки клапана на изменение массы клапана и сил инерции в газораспределительном механизме;
- выявление перспективных конструктивных вариантов тарелки клапана.

Основные этапы исследования

Расчетный анализ теплонапряженного состояния выпускного клапана был выполнен с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в стационарной постановке. При расчете использовалась трехмерная модель клапана, которая позволяет учитывать окружающую неравномерность температурного поля и составляющие осевых усилий задачи механики. В данной работе для анализа напряженного состояния был выбран универсальный комплексный показатель напряженности – “интенсивность напряжений”.

Моделирование теплонапряженного состояния выпускного клапана проводилось для клапана дизеля СМД18Н на режиме с $N_e = 73,6$ кВт при $n = 1800$ мин⁻¹, материал клапана – сталь 40Х10С2М.

В работе анализировались конструктивные варианты выпускного клапана с различными формами тарелки: серийный клапан, клапан с выпуклой формой тарелки сплошной, клапан с выпуклой формой тарелки и полостью в тарелке, клапан с вогнутой формой тарелки сплошной. Граничные условия (ГУ) задачи механики и теплопроводности, были восстановлены с учетом результатов термометрии выпускного клапана дизеля СМД-18Н проведенной А.В. Тринёвым и опубликованных в работе [2]. Схема задания и значения ГУ 3го рода приведены на рис.1 и в таблице 1.

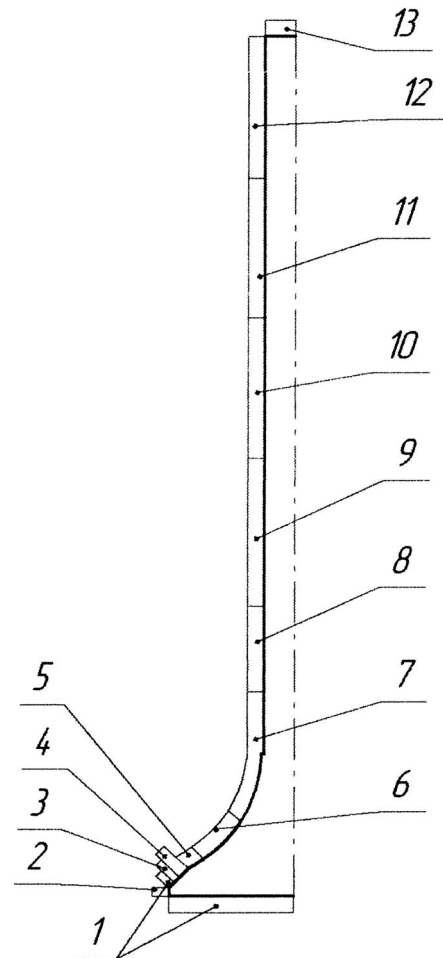


Рис. 1. Схема задания ГУ 3го рода

Таблица 1. Значения ГУ 3го рода

Режим	$N_e = 73,6 \text{ кВт},$ $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$	
Зона	ГУ 3го рода	
	$\alpha, \text{ Вт/м}^2\text{К}$	$t, ^\circ\text{C}$
1	700	900
2	800	900
3	2000	335
4	680	720
5	680	710
6	680	650
7	450	250
8	420	200
9	400	180
10	350	150
11	240	130
12	100	85
13	65	80

Расчетный анализ ТНС серийного клапана

Для расчетного варианта серийного клапана температура в центре тарелки достигает 750°C , по тороидной части температура изменяется от 720 до 590°C . На опорной фаске клапана температура не превышает 700°C (рис.2).

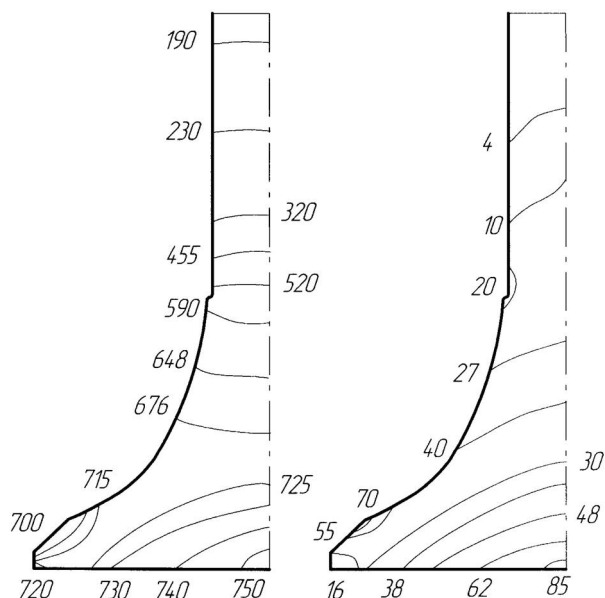


Рис.2. Поле температур и интенсивность напряжений серийного клапана

Для рассмотренного варианта интенсивность напряжений, в центре тарелки достигает 85 МПа, по опорной фаске - 70 МПа, по тороидной части тарелки напряжения изменяются от 58 до 27 МПа (рис.2).

Расчетный анализ ТНС сплошного клапана с выпуклой формой тарелки

Для расчетного варианта клапана с выпуклой формой тарелки высота выпуклости основания тарелки была принята 5,5 мм, а радиус дуги, образующей выпуклость 50 мм. Диаметр тарелки клапана равен 45 мм.

Для клапана с выпуклой формой тарелки наблюдается приrost температур в среднем на 10 - 15 $^\circ\text{C}$. Максимальная температура в центре тарелки клапана достигает 760°C , что на 10 $^\circ\text{C}$ больше чем для серийного клапана. По опорной фаске и тороидной поверхности температура практически не изменилась по сравнению с температурой серийного клапана и равняется 700 и 690°C соответственно (рис.3). Такой приrost температуры основания тарелки клапана, по сравнению с серийным клапаном, объясняется увеличенной теплообменной поверхностью тарелки (площадь основания тарелки $F = 1681,92 \text{ мм}^2$, а для серийного $F = 1590,43 \text{ мм}^2$). При этом в соответствии с формулой Ньютона-Рихмана для конвективного теплообмена:

$$Q = \alpha(t_c - t_{жс})F.$$

Тепловой поток Q пропорционален поверхности теплообмена F и разности температур стенки и жидкости $(t_c - t_{жс})$ [3], и следовательно с увеличением площади F увеличивается количество подведенной теплоты к тарелке клапана, которая при неизменной площади поверхности опорной фаски и стержня клапана и коэффициенте теплоотдачи α не успевает отводиться через седло и стержень клапана в систему охлаждения.

Выпуклая форма тарелки практически не оказывает влияния на температуру стержня клапана.

Для клапана с выпуклой формой тарелки интенсивность напряжений в центре тарелки достигает 65 МПа, что на 20 МПа меньше чем для серийного клапана, максимальные значения напряжений отмечены на опорной фаске клапана - 135 МПа, что на 65 МПа больше чем для серийного клапана. По тороидной поверхности клапана интенсивность напряжений

изменялась с 45 до 10 МПа. Напряжения по стержню не превышают 20 МПа (рис.3).

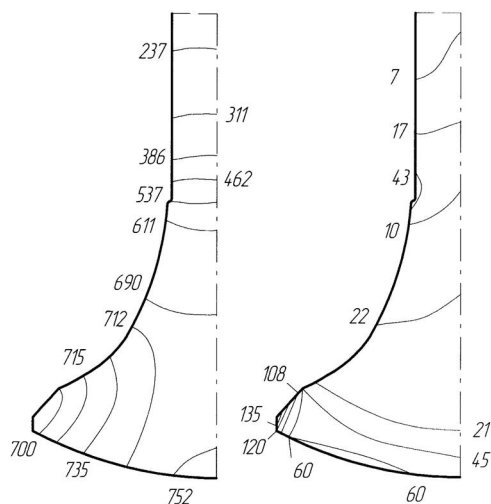


Рис.3. Поле температур и интенсивность напряжений выпуклого клапана

Расчетный анализ ТНС клапана с выпуклой формой тарелки и полостью в тарелке

Для варианта с выпуклой формой тарелки и полостью в тарелке очертания внутренней полости повторяют наружный контур клапана. Толщина стенки основания тарелки равна 3.5 мм.

У расчетного варианта с выпуклой формой тарелки клапана и полостью в тарелке прирост температур составляет в среднем 20 – 45 °С по сравнению с серийным клапаном и 10 – 29 °С с вариантом сплошного клапана с выпуклой формой тарелки соответственно. Такой прирост температур объясняется увеличенной тепловоспринимающей площадью основания тарелки клапана F и уменьшением объема металла в тарелке и соответственно недостаточной теплопроводящей способностью стенок полый тарелки. Полость в тарелке также практически не влияет на температуру стержня клапана (рис.4).

Для клапана с выпуклой формой тарелки и полостью в тарелке интенсивность окружающих напряжений в центре тарелки достигает 130 МПа, что на 45 МПа больше чем для серийного клапана; напряжения по опорной фаске клапана достигают 160 МПа (для серийного 70 МПа). По тороидной поверхности

клапана интенсивность напряжений изменяется от 54 до 36 МПа. Напряжения по стержню клапана не превышают 20 МПа. (рис.4).

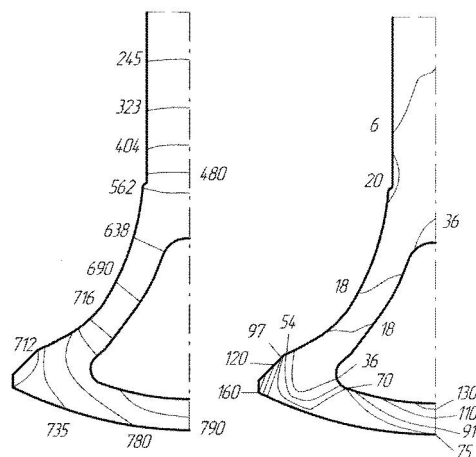


Рис.4. Поле температур и интенсивность напряжений выпуклого полого клапана

Расчетный анализ ТНС клапана с вогнутой формой тарелки

Клапан с вогнутой формой тарелки имеет глубину вогнутости основания тарелки равную 4,8 мм, а радиус дуги, образующей вогнутость 50 мм.

Для расчетного варианта с вогнутой формой тарелки клапана температура в центре тарелки достигает 735 °С, что на 15 °С меньше чем для серийного клапана. На опорной фаске клапана температура не превышает 717 – 725 °С. По тороидной поверхности клапана температура изменяется от 740 до 590 °С. Вогнутая форма тарелки практически не оказывает влияния на температурное поле стержня клапана (рис.5). Для рассмотренного конструктивного варианта клапана, не смотря на увеличение площади тепловоспринимающей поверхности основания тарелки $F = 1648,31 \text{ мм}^2$ (у серийного $F = 1590,43 \text{ мм}^2$) максимальная температура в центре тарелки незначительно снижается – это объясняется увеличенной тепловой проводимостью стенки, образованной опорной фаской, тороидной поверхностью тарелки и вогнутым основанием тарелки клапана.

Интенсивность напряжений в центре тарелки клапана достигает 97 МПа, что на 12 МПа больше чем у серийного клапана. По фаске напряжения не

превышают 70 МПа, а по тороидной поверхности тарелки клапана напряжения изменяются от 50 до 30 МПа. Напряжения по стержню не превышают 18 МПа (рис.5).

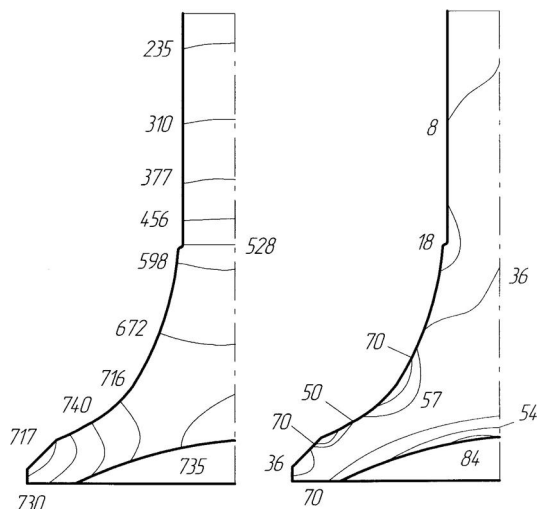


Рис.5. Поле температур и интенсивность напряжений вогнутого клапана

С использованием методики расчета газораспределительного механизма (ГРМ) [4], были получены значения сил инерции (СИ) в ГРМ в зависимости от конструктивных особенностей тарелки клапана. Так, для варианта с выпуклой формой тарелки клапана масса клапана увеличилась на 12%, по сравнению с серийным клапаном, что привело необходимости увеличить максимальную силу пружины клапана на 9%; для варианта с выпуклой формой тарелки клапана и полостью в тарелке, масса клапана и, соответственно, СИ практически не изменились; для варианта клапана с вогнутой формой тарелки масса клапана снизилась на 7,5%, а требуемая максимальная сила пружины клапана снизилась на 3,5%.

Выводы

В результате проведенной работы можно отметить:

–выпуклая форма тарелки клапана приводит к увеличению максимальной температуры в центре тарелки на 10 °С, что связано с увеличением площади тепловоспринимающей поверхности основания тарелки. Также отмечается перераспределение максимальных значений интенсивности напряжений из центра тарелки на опорную фаску - интенсивность напряжений в центре тарелки снизилась на 25 МПа,

тогда как на опорной фаске напряжения возросли на 65 МПа (для серийного клапана 70 МПа) и достигают 135 МПа, что близко к критическим напряжениям при данных температурах клапана. Такое увеличение напряжений негативно сказывается на ресурсе клапана;

–для расчетного варианта с выпуклой формой тарелки и полостью в тарелке наблюдается приrost составляющих теплонапряженного состояния: максимальная температура в центре тарелки клапана увеличилась 30 °С, а интенсивность напряжений по опорной фаске клапана достигает 160 МПа;

–для клапана с внутренней полостью в тарелке не удалось получить эффект по снижению напряжений в тарелке клапана, так как решалась задача в стационарной постановке, не позволяющая учесть неравномерность нагрева детали по времени, вызывающую забросы напряжений, что характерно для работы деталей камеры сгорания. Следовательно, конструкция клапана с внутренней полостью требуют дальнейшего изучения с учетом переходных процессов сброса - наброса нагрузки;

–у расчетного варианта с вогнутой формой тарелки отмечается незначительное снижение температуры в центре тарелки, которое можно объяснить увеличенной тепловой проводимостью стенки, образованной опорной фаской, тороидной поверхностью тарелки и вогнутым основанием тарелки клапана. При этом отмечается незначительное снижение интенсивности напряжений на опорной фаске;

–для всех рассмотренных расчетных вариантов изменение формы тарелки клапана, а также наличие внутренней полости, не оказывало заметного влияния на массы клапана и СИ в ГРМ по сравнению с массами и СИ серийного клапана.

Список литературы:

1. Дьяченко Н.Х. Теория двигателей внутреннего сгорания / Л., 1974. - 552 с.
2. Тринёв А.В. Улучшение напряженно-деформированного состояния выпускных клапанов форсированных тракторных дизелей: Дисс. канд. техн. наук / Харьков, 1995. - 217 с.
3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи / М.: Энергия, 1977. - 344 с.
4. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / М.: В.Ш., 2002. - 496 с.