

**ZESZYTY NAUKOWE NR 1(73)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE**

EXPLO-SHIP 2004

Владимир Пухов

**Влияние конструктивных особенностей распылителей
двигателя ZD72/48 на их склонность к заклиниванию**

Ключевые слова: распылитель, надежность, заклинивание иглы, деформации,
напряженно-деформированное состояние

Приводятся результаты расчета методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния распылителей двигателя ZD72/48 разных конструкций (с выточкой и без нее); показано влияние тепловых и механических нагрузок, а также конструктивных особенностей на величину деформаций корпуса распылителя этого двигателя.

**Influence of ZD72/48 Engine Atomizers Design Features
on Their Tendency to Seizure**

Key words: atomizer, reliability, nozzle needle seizure, deformations,
tense-deformed condition

The present article is devoted to the results of calculation of ZD72/48 type (of different models – with and without undercut) engine atomizers in tense-deformed condition by the finite elements method. Besides, the article deals with the influence of heat and mechanical loads and design features on the atomizer body deformation for that type of engine.

Введение

Многочисленные статистические данные, анализ литературы по надежности судовых дизелей, а также информация от эксплуатационников позволяет утверждать, что наименее надежным звеном судовых дизелей является топливная аппаратура (ТА). В самой топливной аппаратуре наиболее слабым элементом являются распылители, которые выходят из строя, в основном, по двум причинам: подтекание (износ) конического уплотнения и заклинивание. Анализ причин заклинивания позволяет сделать вывод о том, что причинами этого являются либо механические примеси и вода в топливе (что может быть устранено качественной топливоподготовкой), либо чрезмерные деформации корпуса, приводящие к уменьшению (до отрицательных величин) прецизионного зазора в паре игла-направляющая. Такие деформации могут быть обусловлены либо слишком большими (больше нормальных) монтажными усилиями (при нормальной конструкции), либо неудачной конструкцией распылителя, когда даже при нормальных усилиях при сборке форсунки деформации на определенных участках имеют отрицательные величины (отрицательные деформации уменьшают величину зазора). В любом случае для определения причины заклинивания необходимо уметь определять деформации по всей длине направляющей корпуса при различных условиях работы (нагружения) и при внесении тех или иных изменений в конструкцию распылителя. Такая задача применительно к распылителям двигателя ZD72/48 и решается ниже.

Постановка задачи и общая методика расчета напряженно-деформированного состояния корпуса распылителя

Необходимость определения величин деформации корпуса распылителя двигателя ZD72/48 предопределена жалобами эксплуатационников и наличием двух вариантов его конструкции (с выточкой под резиновое уплотнительное кольцо и без выточки). Расчет проводился методом конечных элементов с использованием программы TDN2, позволяющей определять поля температур, деформаций и перемещений. На рис. 1 показаны сечения распылителей обеих конструкций. Следует отметить, что наличие полостей охлаждения привело к увеличению поверхностей уплотнения, что в определенной степени усложняет задачу правильного назначения величин нормальных усилий по этим поверхностям. Значения температур, коэффициентов теплоотдачи, нормальные и тангенциальные

усилия (определяющие граничные условия) рассчитывались с учетом опыта, имеющегося на кафедре судовых энергетических установок университета. В частности, для расчета величин удельных контактных усилий p_k в коническом уплотнении при нахождении иглы в седле в момент между впрысками использовалось уравнение [2]:

$$p_k = (p_{(\phi)} - p_{(T)}) \frac{d_u^2 - d_o^2}{4b_n \sin \alpha (d_o - b_n \sin \alpha)} \quad (1)$$

а необходимое для обеспечения герметичности давление уплотнения p_y (по границе 13) – по формуле:

$$p_y = p_T \left[(1,0 + 9,55 \sum R_a) (\sum R_a / b_n)^{0,1+0,6 \sum R_a} \right] \quad (2)$$

где:

- $p_{(\phi)}$ – давление подъема иглы форсунки, МПа или кг/см²;
- p_T – давление топлива (меняется в различные периоды работы распылителя);
- d_u, d_o – диаметр иглы и основания конуса иглы, соответственно;
- 2α – угол конуса иглы (корпуса) распылителя;
- $\sum Ra$ – суммарная шероховатость сопрягающихся поверхностей, мкм;
- b_n – ширина уплотнительного пояска конуса иглы, мм.

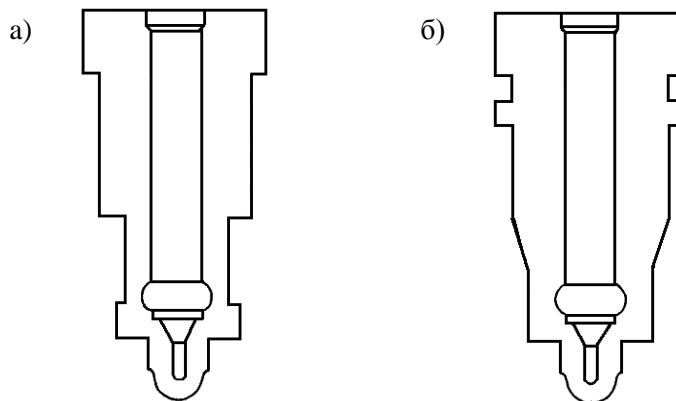


Рис. 1. Конструкции распылителей без выточки (а) и с выточкой (б) двигателя ZD72/48
 Fig. 1. Designs of ZD 72/48 engine atomizers without undercut (left drawing) and with undercut (right drawing)

Расчет проводился по следующим вариантам (номера вариантов соответствуют цифрам на рис. 2):

- 1 – работа на двигателе, момент впрыска;
- 2 – работа на двигателе, между впрысками;
- 3 – работа на стенде, момент впрыска;
- 4 – работа на стенде, между впрысками (в этих четырех вариантах монтажные усилия нормальные);
- 5 – работа на стенде, между впрысками, монтажные усилия увеличены в 5 раз. Эти пять вариантов расчета выполнены для распылителя без выточки. Для распылителя с выточкой проведены расчеты для вариантов:
- 7 – работа на двигателе, момент впрыска (монтажные усилия нормальные);
- 8 – работа на двигателе, момент впрыска (монтажные усилия увеличены в 5 раз);
- 9 – работа на стенде, момент впрыска, (монтажные усилия увеличены в 5 раз).

Результаты расчета

Результаты расчета деформаций направляющей корпуса распылителя представлены на рис. 2. Нижняя горизонталь соответствует точке (4), выше которой начинается прецизионный зазор в распылителе, а верхняя горизонталь – точке (1), т.е. соответствует началу образующей. Кривые, характеризующие величину деформаций по вышеперечисленным вариантам расчетов, позволяют наглядно оценить влияние различных факторов на величину деформаций. В частности, в момент впрыска зазор в нижней части увеличивается (раскрывается) с 3,7 (величина между впрысками) до 5,3 мкм., в то время как в верхней он равен соответственно 2,8 и 2,9 мкм. При работе на стенде, когда нет влияния температур, эти величины значительно меньше и равны соответственно 0,3 и 1,8 мкм внизу и –0,1 и 0 мкм. в верхней части. На этом же рисунке видно и влияние увеличенных монтажных усилий, как для распылителя без выточки (вариант расчета 5), так и для распылителя с выточкой (варианты 8 и 9). Совершенно очевидно, что конструкция распылителя с выточкой значительно чувствительнее к возрастанию монтажных усилий. Так, на стенде в момент впрыска отрицательные деформации у него могут достигать значений до 2 мкм., которые сопоставимы с величиной самих зазоров.

Выводы

1. Показаны особенности определения граничных условий при расчете напряженно-деформированного состояния распылителей методом конечных элементов по коническому уплотнению и по торцевой уплотнительной поверхности.

2. Определено количественное влияние различных условий работы распылителя двигателя ZD72/48 (момент впрыска, между впрысками, работа на двигателе и на стенде), увеличенных монтажных усилий и наличия выточки. Показана большая чувствительность к заклиниванию распылителя с выточкой.

Литература

1. Пухов В.В., *О некоторых причинах заклинивания распылителей*, /В.В. Пухов// Повышение эффективности эксплуатации тепловых и энергетических установок машин и оборудования: сборник научных трудов/ КГТУ, Калининград, 1998, с. 69 – 74.
2. Кузькин В.Г., Пухов В.В., *Надежность работы двигателей VD26/20 и некоторые способы повышения надежности его топливной аппаратуры*, /В.Г. Кузькин, В.В. Пухов// Эффективность эксплуатации технических систем: Сборник материалов V Международного симпозиума / Академия с/х в Ольштыне, Ольштын, 1999. -с.250-255.
3. Пухов В.В., *Основы эксплуатационной прочности машин: учебное пособие*, // В.В. Пухов. КГТУ, Калининград, 2002, 119 с.
4. Kwaśniewski S., Sroka Z., Zabłocki W., *Modelowanie obciążeń ciepłych w elementach silników spalinowych*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1999, 133 с.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Stefan Żmudzki
dr hab. inż. Zbigniew Matuszak, prof. AM

Adres Autora

doc. dr inż. Vladimir Pukhov
Kaliningradzki Państwowy Uniwersytet Techniczny
Instytut Siłowni Okrętowych i Energetyki Ciepłej
236000 Kaliningrad, Rosja, ul. prof. Baranowa 43

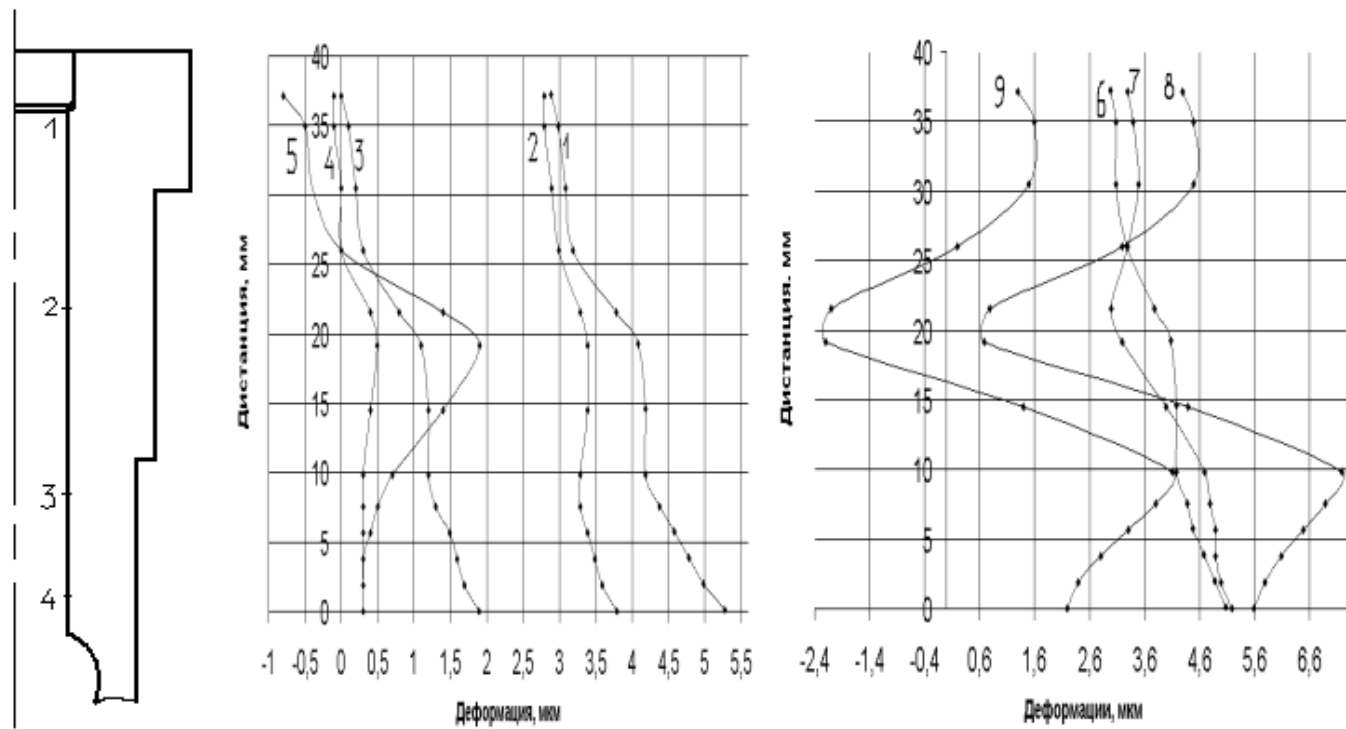


Рис. 2. Деформации направляющей корпуса распылителей разных конструкций и в разных условиях работы (слева – без выточки, справа – с выточкой; расшифровка номеров – в тексте)
 Fig. 2. Different deformations of atomizers' body guide of different designs and in different working conditions