

ДЕЗАКСИАЛЬНЫЙ КУЛАЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ – РЕЗЕРВ СНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕТАЛЯХ ТНВД

Е.М. Таусенев, А.Е. Свистула

Дезаксиал позволяет уменьшить угол давления. Этим достигается снижение контактного напряжения в паре кулачок–ролик и давления в паре толкатель-направляющая при повышении давлений впрыска. Показаны примеры практической реализации конструкций. Представлены результаты расчетов и испытаний топливных насосов высокого давления (ТНВД) с дезаксиалом и без него, предназначенных для топливной системы непосредственного действия.

Введение

Повышение давления впрыска при прочих равных условиях приводит к росту нагрузок на механизм привода плунжеров и снижает работоспособность его деталей, при этом сохраняются высокие требования к ресурсу ТНВД.

Цель работы заключается в исследовании возможностей дезаксиального привода и разработке кулачкового механизма ТНВД непосредственного действия с тангенциальным профилем для предотвращения увеличения нагруженности пар кулачок-ролик и толкатель-направляющая при повышении давлений впрыска топлива.

Теоретическое исследование

Важным параметром кулачкового механизма (КМ) является величина максимального угла γ_{max} давления, во многом определяющая эффективность, надежность и долговечность работы механизма при прочих равных условиях.

На основании опыта работы рекомендуемые предельно допустимые значения угла давления $\gamma_{доп}$ для кулачковых механизмов с поступательно движущимся роликовым толкателем и внешним профилем находится в пределах 30–37°.

Угол γ_{max} , являясь геометрическим параметром, зависит от конструктивных размеров механизма. Кроме этого, введение в конструкцию дезаксиала толкателя позволяет оптимизировать его величину [1].

Например, насос системы Common Rail фирмы L'Orange GmbH серии 4000 для дизелей фирмы MTU имеет смещение осей плунжеров относительно оси эксцентрикового вала, позволяющее понизить момент, перекашивающий плунжер. Неиспользованной возможностью для понижения контактных напряжений на поверхности кулачка в традиционных насосах также является дезаксиальный механизм. Для насоса УТНИ снижение

контактного давления при использовании смещения составило 12,5 % [2].

Для использования дезаксиала в разрабатываемых ТНВД проведен численный эксперимент, и выявлено, что для снижения γ_{max} наиболее выгодно из всех остальных размеров использовать дезаксиал e , но при этом отмечено падение скорости плунжера $C_{п max}$. Для её сохранения наиболее эффективно изменять размер R_r кулачка [3].

Предложена конструкция ТНВД с дезаксиалом, защищенная патентом РФ на полезную модель [4]. Разработаны дезаксиальные ТНВД-2, -3.

Наиболее оптимальным является кулачковый механизм ТНВД-3 (см. таблицу).

Опытный ТНВД-2 испытан на дизеле, ТНВД-3 разработан и исследован только численным методом. Размеры кулачкового механизма ТНВД-3, обеспечивают приемлемые величины γ_{max} , $C_{п max}$, $p_{в max}$, $Q_{н max}$, $\sigma_k max$ и показатели дизеля.

Экспериментальное исследование

По экономичности дизеля определялся установочный оптимальный угол опережения впрыска топлива $\theta_y^{экон}$ путем снятия концов нагрузочных характеристик ($n = 2000, 1800, 1500, 1300 \text{ мин}^{-1}$) при значениях 15...33° до ВМТ.

Определялись мощностные, экономические показатели дизеля путем снятия полных нагрузочных характеристик ($n = 2000, 1800, 1500, 1300 \text{ мин}^{-1}$) при $\theta_y^{экон}$ с осциллографированием топливоподачи 1-го цилиндра по углу поворота коленчатого вала. Определялся установочный оптимальный угол $\theta_y^{экол}$ по экологическим показателям в диапазоне 18...33°. Оценка велась по концентрации и массовому выбросу NO_x в комплектации, оговоренной ГОСТ Р41.96 - 99 (сопротивление на впуске, имитирующее воздухоочиститель - $\Delta p_{вп} = 400...500 \text{ мм вод. ст.}$ и противодавление

ние на выпуске, имитирующее глушитель шума - $\Delta p_{вып} = 600...700$ мм вод. ст., выставленные специальными заслонками на режиме $n = 2000$ мин⁻¹, $N_e = 132,4$ кВт).

Выбирался установочный усредненный оптимальный по экономическим и экологическим показателям оптимальный угол θ_y^{opt} опережения впрыска топлива.

На θ_y^{opt} в комплектации дизеля, оговоренной ГОСТ Р41.96–99, ГОСТ 17.2.2.02–98 проводились измерения концентрации NO_x и

дымности N по нагрузочным характеристикам $n = 2000, 1800, 1500, 1300$ мин⁻¹. Массовые M_{NO_x} и удельные g_{NO_x} выбросы вычислялись в соответствии с методикой ГОСТ Р41.96-99.

В результате испытаний дизеля [5] в данной комплектации были подобраны регулировки ТА и получены удовлетворительные показатели дизеля (см. таблицу).

Таблица

Показатели работы дизеля и ТА

Параметр	$n = 2000$ мин ⁻¹		
	ТНВД-1	ТНВД-2	ТНВД-3
N_e – мощность, кВт	132,4		
g_e – удельный эффект. расход топлива, г/кВт·ч	217,0	221,0	217,4
p_e – среднее эффективное давление, МПа	1,07	1,07	1,07
G_e – расход воздуха, кг/с	0,227	0,227	0,227
$p_{e\ max}$ – Давление впрыска максимальное, МПа	47	40	45
$p_{e\ ср.}$ – Давление впрыска среднее, МПа	26,1	25,1	25,6
$p_{ф\ max}$ – Давление топлива у форсунки максимальное, МПа	59	46	58
$p_{н\ max}$ – давление топлива у ТНВД максимальное, МПа	71	53	70
N – дымность, %	11,8	9	11,5
N_e – норма дымности по ГОСТ 17.2.2.02-98, %	44		
g_{NO_x} – удельные выбросы окислов азота, г/кВт*ч	8,7	8,6	8,8
g_{NO_x} – норма удельных выбросов окислов азота по ГОСТ Р41.96-99, г/кВт*ч	9,2		
T_t – температура газов за турбиной, К	740	736	739
$q_{ц}$ – цикловая подача топлива, г	0,120	0,122	0,120
φ_e – продолжительность впрыска, ° п. к. в.	22	23	22,5
θ_{δ} – угол опережения впрыска топлива, ° п. к. в.	12	15	13
$\sigma_{к\delta}$ – контактное напряжение допускаемое, МПа	1600		
$\sigma_{к\ max}$ – контактное напряжение максимальное, МПа	1720	1479	1530
q_{δ} – давление на толкатель допускаемое, МПа	18,5		
$q_{н\ max}$ – давление у нижнего края толкателя максимальное, МПа	20	10,7	16,2
$q_{в\ max}$ – давление у верхнего края толкателя максимальное, МПа	5,6	3,6	6,9
e – дезаксиал, мм	0	4	4,5
R_o – радиус начальной окружности кулачка, мм	16	18	16
R_r – радиус головки кулачка, мм	28	30	29,35
r – радиус закругления кулачка, мм	3	5	3
γ_{max} – угол давления максимальный, °	39,4	30,8	33,9
$C_{п\ max}$ – скорость плунжера максимальная, м/с	2,9	2,6	2,9
$j_{п\ max}$ – ускорение плунжера максимальное, м/с ²	- 1205	- 740	- 1000

ДЕЗАКСИАЛЬНЫЙ КУЛАЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ – РЕЗЕРВ СНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕТАЛЯХ ТНВД

Заключение

Применение дезаксиальной конструкции привода плунжера позволило снизить до допускаемых значений давление на боковую поверхность толкателя и контактные напряжения в паре кулачок – ролик при сохранении параметров впрыска и энерго-экологических показателей дизеля. Оптимальным значением дезаксиала для разрабатываемой конструкции ТНВД является $e = 4 \dots 4,5$ мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таусенев Е.М. О выборе угла давления в кулачковом механизме ТНВД // Актуальные проблемы развития и эксплуатации поршневых двигателей в транспортном комплексе Азиатско-Тихоокеанского региона: материалы междунар. науч.-техн. конф. "Двигатели-2005", г. Хабаровск,

19-22 сент. 2005 г. - Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2005. - С. 107-109.

2. Tausenev E., Svistula A. The research into the disaxial cam mechanism for a diesel fuel - injection pump // TRANSPORT. - Vilnius: Technika, 2005. - Vol XX. - N. 6. - P. 225-231.

3. Свистула А.Е., Таусенев Е.М. Топливная аппаратура дизелей: Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. – 80 с.

4. Патент на полез. мод. №45479 Российская Федерация, МПК⁷ F 02 M 59/10, F 04 B 9/04. Кулачковый механизм привода плунжера топливного насоса высокого давления дизельного двигателя / Свистула А.Е., Матиевский Д.Д., Таусенев Е.М. (РФ), заявитель и патентообладатель Алтайский гос. тех. ун-т. - №2004138664/22; заявл. 28.12.2004; Опубл. 10.05.2005; Бюл. № 13.

5. Таусенев Е.М., Свистула А.Е., Матиевский Д.Д. Результаты сравнительных моторных испытаний топливных насосов высокого давления // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2005. - №1-2. – С. 114-119.