

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА ПАРАМЕТРЫ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ ПОДШИПНИКОВ ПОРШНЕВОГО ПАЛЬЦА

В.И. Суркин, Х.М. Ниязов, Е.А. Задорожная

THE EFFECT OF WORKER MODE OF ENGINE ON PARAMETERS OF THE BEARING LUBRICANT LAYER OF PISTON PIN

V.I. Surkin, H.M. Niyazov, E.A. Zadorozhnaya

Приводятся результаты экспериментального исследования параметров смазочного слоя в подшипнике поршневого пальца на реально работающем дизеле. Показано существование трех режимов работы подшипника: жидкостного, полужидкостного, граничного.

Ключевые слова: бобышка поршня, поршневой палец, верхняя (поршневая) головка шатуна.

In this paper results of experimental investigation of the parameters of the lubricating layer in the piston pin bearing on the actual running diesel engine are presented. The existence of three worker modes of bearing (fluid, semifluid, boundary) is shown.

Keywords: piston pin boss, piston pin, the upper (piston) head of the connecting rod.

Среди подшипников двигателя внутреннего сгорания условия работы подшипника поршневого пальца (бобышка поршня – палец и головка шатуна – палец) являются особенно неблагоприятными. Для этих подшипников характерно действие высоких удельных давлений (самых высоких среди всех подшипников двигателя) при относительно малых угловых скоростях шипа. Действующие нагрузки и угловые скорости пальца крайне неравномерны как по величине, так и по направлению. На температуру подшипников большое влияние оказывает тепловой поток со стороны камеры сгорания.

Несмотря на крайнюю неблагоприятность условий работы, гидродинамические процессы, происходящие в подшипниках поршневого пальца, остаются малоизученными. Одной из главных причин этого является необычайная сложность их экспериментального исследования.

В данной статье приводятся результаты экспериментального исследования гидродинамических параметров подшипников поршневого пальца высокофорсированного дизеля ЧВН 15/16 [1]. Измерения диаметральных зазоров, эксцентриситетов и угловых перемещений пальца (плавающего) производились с помощью индуктивных датчиков, давлений в смазочном слое – с помощью мембранных датчиков с малобазными тензорезисторами, температур поверхностей трения – с помощью хромель-копелевых термопар. Связь датчиков с измерительной аппаратурой осуществлялась непрерывно с использованием двух рычажных токосъемников: поршень – шатун и шатун – блок двигателя.

Исследование угловых перемещений пальца показало, что эти перемещения происходят главным образом в головке шатуна. В бобышке поршня проворачивания пальца происходят мелкими пульсациями (от 5 до 20° за цикл) и преимущественно в направлении вращения кривошипа. Указанные проворачивания носят практически случайный характер и являются следствием схватывания поверхностей трения в подшипнике головка шатуна – палец. Схватывания происходят только в нижней части указанного подшипника.

Диаметральные зазоры в исследуемых подшипниках из-за деформаций сопрягаемых деталей существенно изменяются в течение цикла (рис. 1). В головке шатуна наибольшие изменения

Контроль и испытания

диаметрального зазора происходят в период действия сил инерции на ее верхнюю часть. Изменения зазоров в вертикальной (А – А) и горизонтальной (Б – Б) плоскостях происходят противоположно, что свидетельствует об упругом характере деформаций. Монтаж пальца в подшипнике бобышка поршня – палец осуществлялся с натягом (0,020 мм). На исследованных режимах работы двигателя вместо указанного натяга имели место тепловые зазоры (рис. 2). В подшипнике головки шатуна – палец тепловые диаметральный зазоры от монтажного зазора (0,030 мм) отличались незначительно.

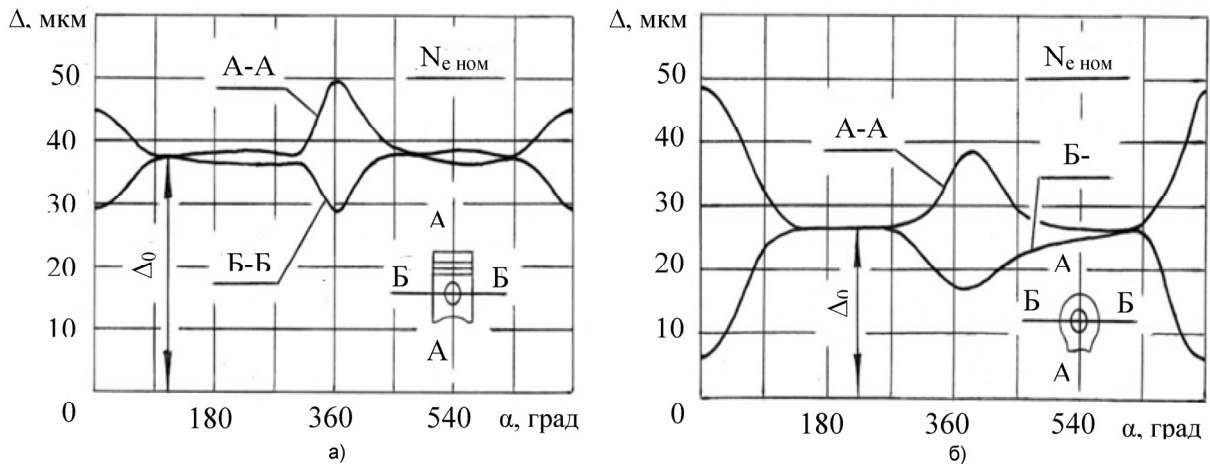


Рис. 1. Изменения диаметрального зазора в течение цикла: а – в подшипнике бобышка поршня – палец; б – в подшипнике головка шатуна – палец; Δ_0 – тепловой диаметральный зазор

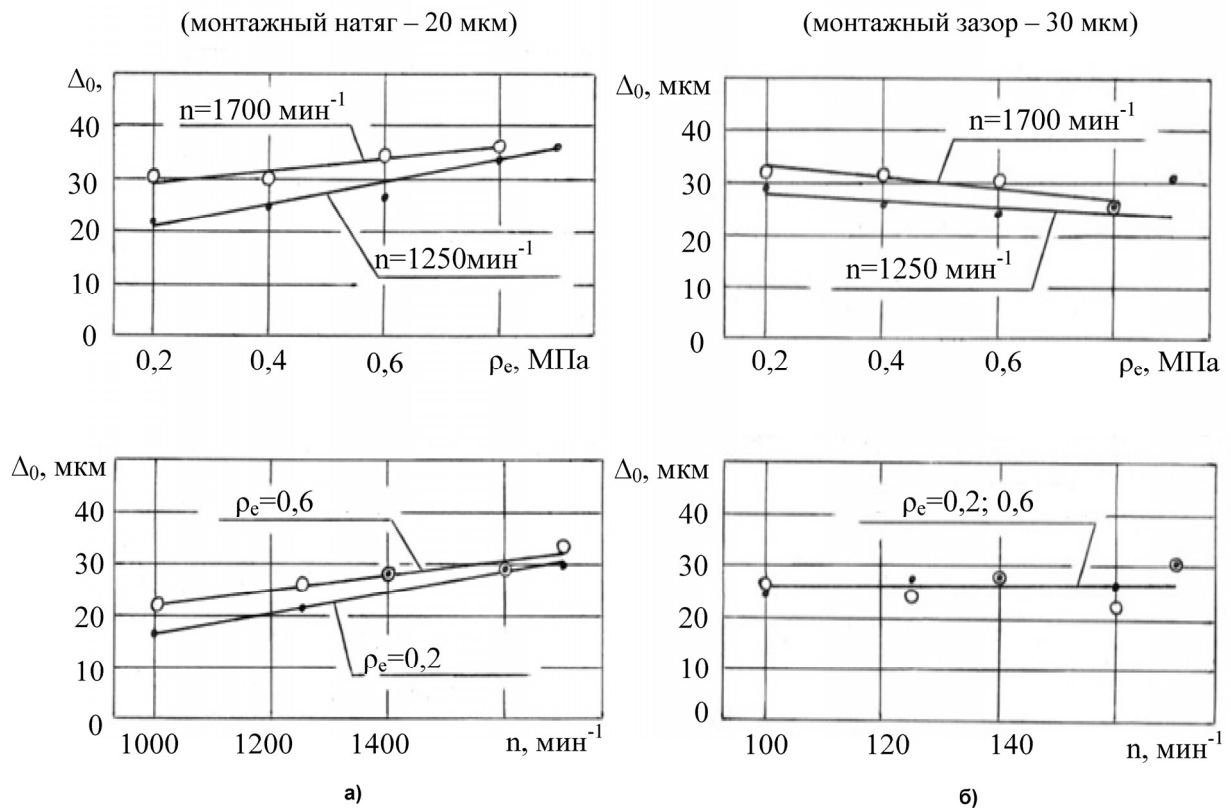


Рис. 2. Зависимость тепловых диаметральных зазоров от режимов работы двигателя: а – в подшипнике бобышка поршня – палец; б – в подшипнике головка шатуна – палец

На рис. 3 представлены траектории центра пальца в относительных (χ) и абсолютных (мкм) единицах. Выходы траекторий за пределы указанных в виде окружностей тепловых зазоров

объясняются деформациями сопрягаемых деталей. Траектории центра пальца в бобышке имеют четко выраженную, вытянутую вдоль продольной оси поршня форму. Боковые поверхности отверстия в бобышке под палец явно не нагружены. В головке шатуна траектории имеют две характерные формы: направленную вдоль продольной оси шатуна и наклоненную относительно этой оси в направлении вращения кривошипа. Указанный наклон объясняется действием динамического момента инерции шатуна. Боковые поверхности отверстия в головке шатуна на отдельных режимах работы двигателя нагружены.

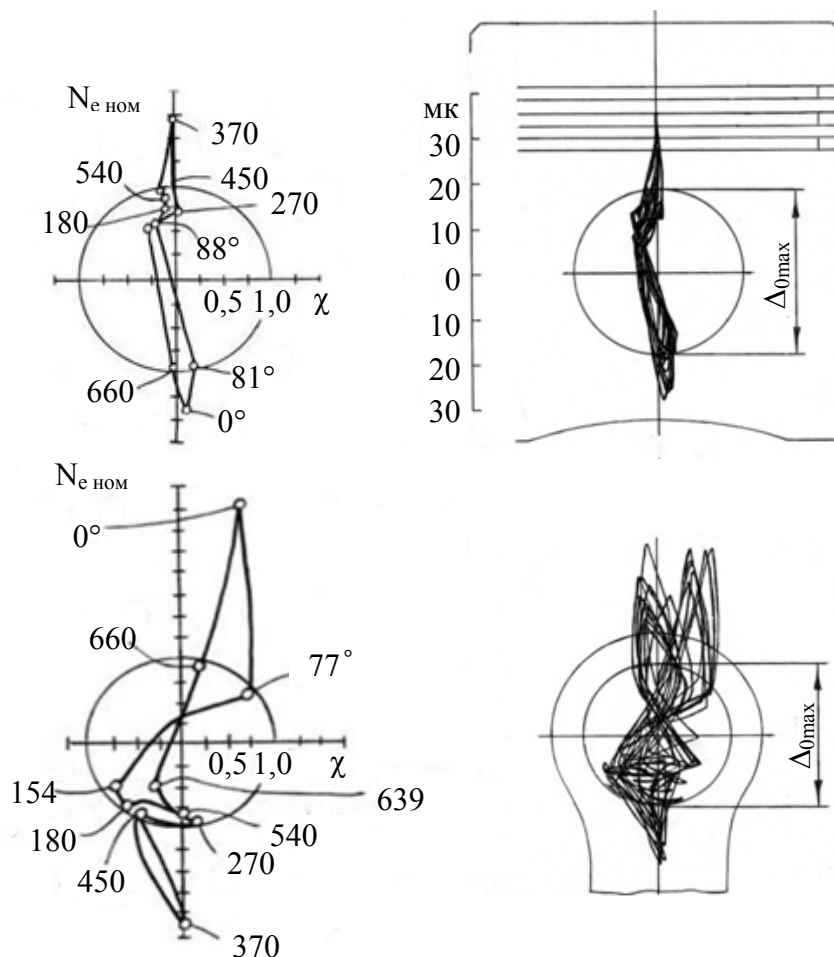


Рис. 3. Траектории центра пальца

Одной из главных задач данного исследования являлось определение толщины смазочного слоя в подшипниках. От толщины смазочного слоя зависит, как известно, режим трения в подшипнике. Проведенные исследования показали, что в подшипниках поршневого пальца имеют место два режима трения: жидкостный и полужидкостный (граничный), которые в течение цикла периодически сменяют друг друга и соизмеримы по продолжительности. В периоды действия наибольших газовых и наибольших инерционных сил трение в подшипниках полужидкостное (граничное). На прочих участках цикла трение в подшипниках жидкостное. В подшипнике головка шатуна – палец на частоте вращения двигателя 1700 об/мин полужидкостный (граничный) режим трения в течение цикла становится преобладающим (рис. 4). В процессе исследования было также установлено, что средние за цикл толщины смазочного слоя на исследованных режимах очень малы и равны примерно 2–3 мкм. На режимах с частотой вращения двигателя 1700 об/мин эти средние толщины практически равны нулю.

На рис. 5 представлены графики изменения давлений в смазочном слое подшипников в течение цикла. Приведенные результаты получены на непрогретом двигателе. На прогретом двигателе ни на одном из исследуемых режимов его работы гидродинамические давления в подшипниках

Контроль и испытания

обнаружены не были. Причиной этого является, скорее всего, малость исследуемых толщин смазочного слоя. Полученные значения давлений достаточно полно согласуются с траекториями центра пальца в подшипниках.

На рис. 6 представлены графики изменения давлений в подшипниках при прогреве двигателя. Из графиков следует, что температура масла в подшипниках является важнейшим фактором, влияющим на их несущую способность.

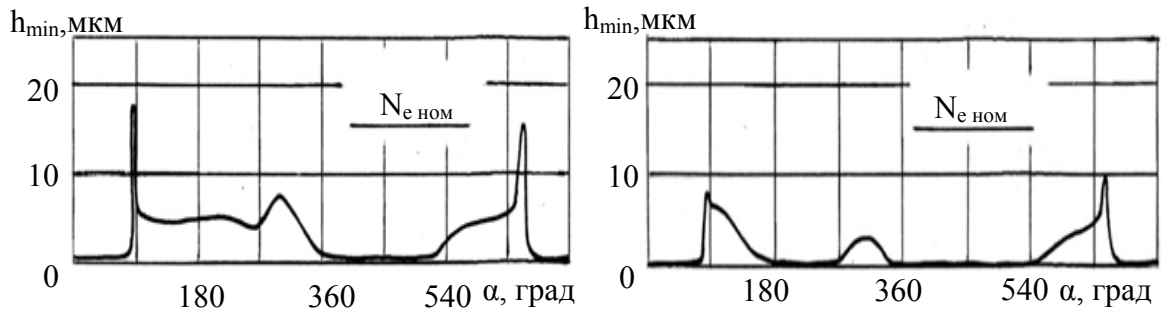


Рис. 4. Изменение минимальной толщины смазочного слоя в течение цикла:
а – в подшипнике бобышка поршня – палец; б – в подшипнике головка шатуна – палец

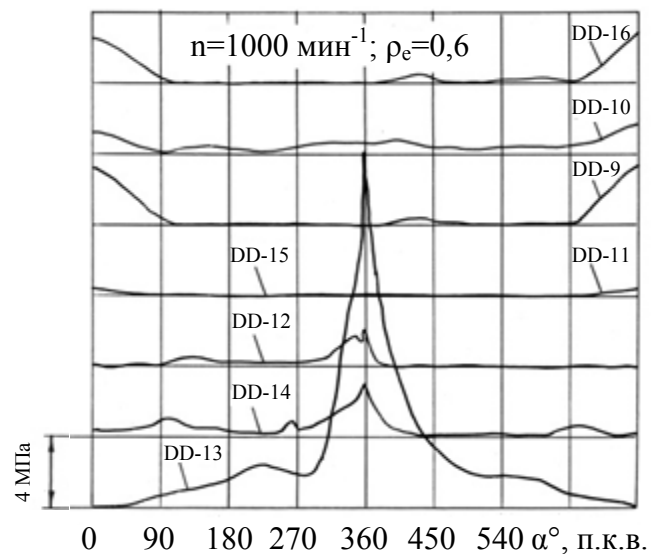
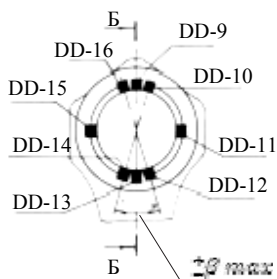
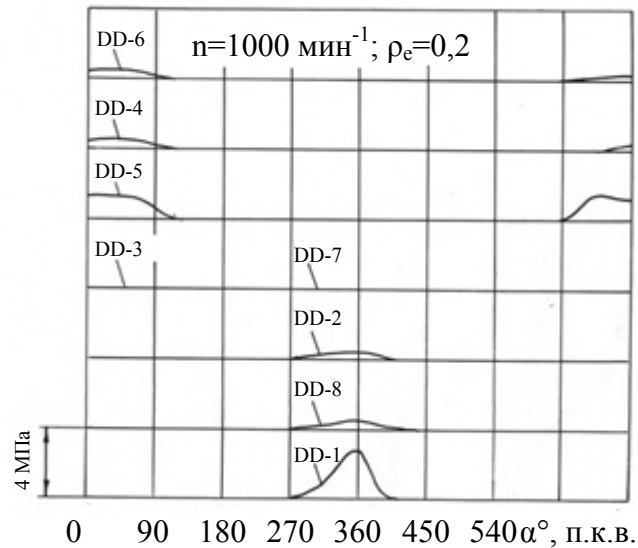
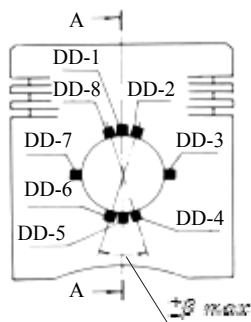


Рис. 5. Изменение давлений в смазочном слое подшипников в течение цикла (на непрогретом двигателе)

В исследуемых подшипниках температуры наиболее нагруженных зон (рис. 7) на номинальном режиме примерно на 20 °С выше, чем на режиме максимального крутящего момента. В зонах действия максимальных инерционных сил температуры на указанных режимах практически одинаковы. Исследования также показали, что в подшипнике головка шатуна – палец рост частоты вращения коленчатого вала приводит к значительно более интенсивному росту температур наиболее нагруженных зон, чем рост среднего эффективного давления за цикл.

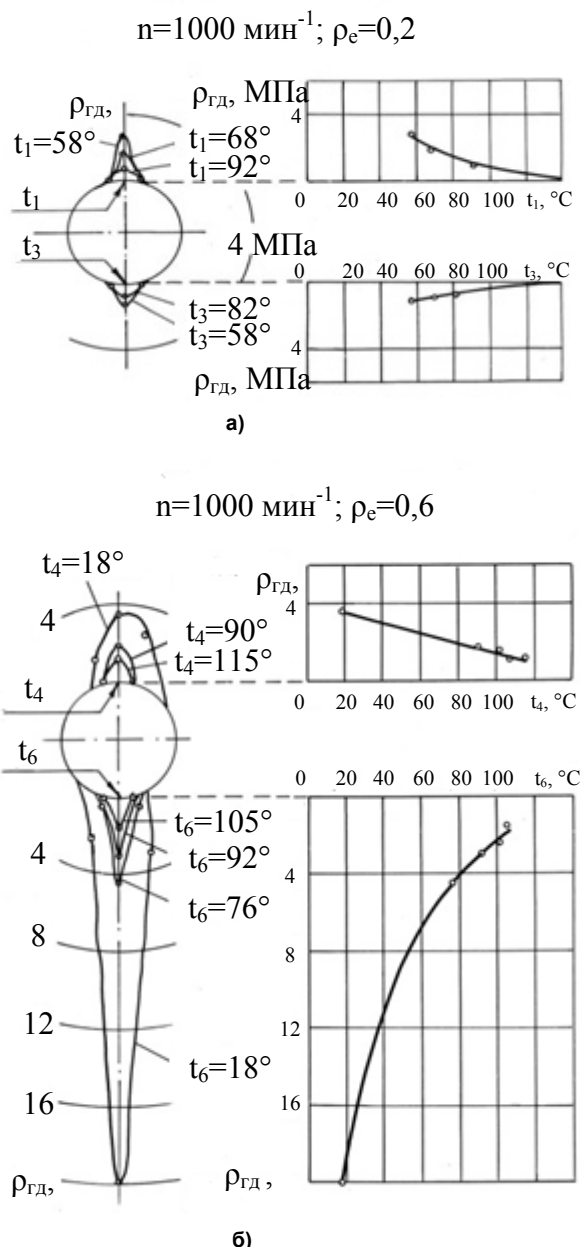


Рис. 6. Зависимость давлений в смазочном слое от температуры масла:
 а – в подшипнике бобышка поршня – палец; б – в подшипнике головка шатуна – палец

Приведенные результаты позволяют сделать вывод о том, что в исследованных подшипниках поршневого пальца на большинстве из режимов работы двигателя имеют место два периодически сменяющих друг друга и соизмеримых по продолжительности режима трения – жидкостный и полужидкостный (граничный). В подшипнике головка шатуна – палец с выходом двигателя на определенную высокую частоту вращения (в исследованном двигателе это 1700 об/мин) полужидкостный (граничный) режим трения становится преобладающим.

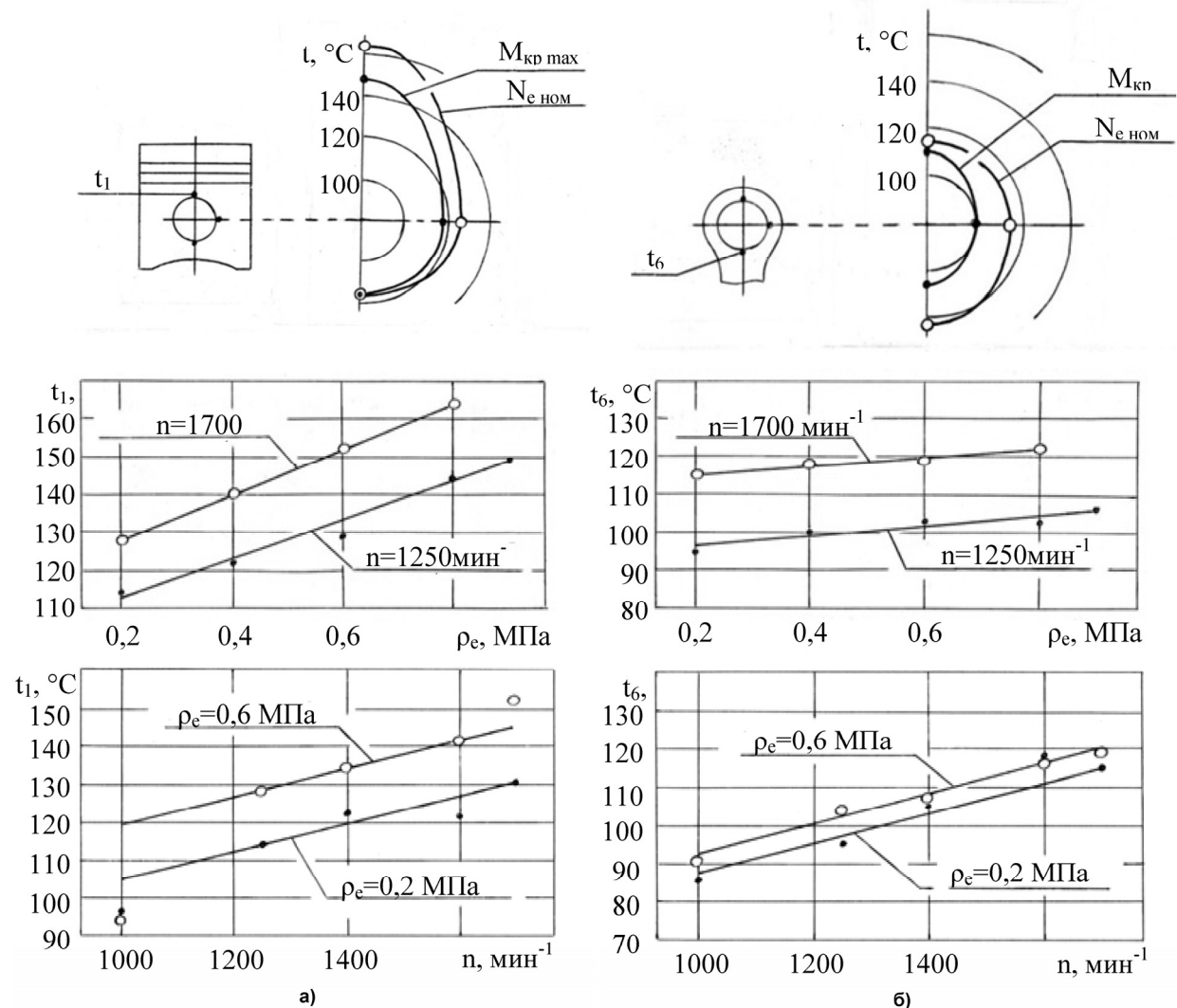


Рис. 7. Зависимость температур поверхностей трения от режимов работы двигателя:
 а – в подшипнике бобышка поршня – палец; б – в подшипнике головка шатуна – палец;
 t_1 , t_6 – температуры наиболее нагруженных зон

Литература

1. Суркин, В.И. Исследование влияния форсированных режимов работы двигателя 8ДВТ-330 на условия работы подшипников поршневого пальца / В.И. Суркин, Х.М. Ниязов // Технический отчет, Челябинский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № г.р. 01860022331. – инв. № 02870045041. – Челябинск, 1986. – 122 с.

Поступила в редакцию 16 марта 2012 г.

Суркин Вячеслав Иванович. Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторы и автомобили», Челябинская государственная агроинженерная академия. Область научных интересов – экспериментальные и теоретические исследования смазки дизельных двигателей внутреннего сгорания.

Vyacheslav I. Surkin. Doctor of technical sciences, professor, head department “Tractors and cars”, Chelyabinsk state agro academy. The area of scientific interests – experimental and theoretical studies of lubrication of diesel internal combustion engines.

Ниязов Хаммат Магзумьянович. Научный сотрудник кафедры «Тракторы и автомобили», Челябинская государственная агроинженерная академия. Область научных интересов – экспериментальные исследования смазки подшипников дизельных двигателей внутреннего сгорания.

Hammat M. Niyazov. Researcher of “Tractors and cars”, Chelyabinsk state agro academy. The area of scientific interests – experimental studies of lubrication of bearings of diesel internal combustion engines.

Задорожная Елена Анатольевна. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – динамика опор скольжения, трение, износ и смазка машин. Тел.: (351) 267-92-13; e-mail: elena-nea@rambler.ru, kafat@susu.ac.ru

Elena A. Zadorozhnaya. Candidate of engineering science, senior lecturer of “Motor transport” department, South Urals state university. The area of scientific interests – journal bearings dynamics, friction, wear, lubrication of machines. Tel.: (351) 267-92-13; e-mail: elena-nea@rambler.ru, kafat@susu.ac.ru