

P.A. REHBINDER EFFECT IN PLAIN BEARINGS OF TRANSPORT DIESELS

N.L. Marina, Candidate of Technical sciences,
Associate Professor

I.O. Kudasheva, Candidate of Technical sciences,
Associate Professor

Balakovo Institute of Technics, Technology and Management,
Russia

In article the problem of increase of bearing ability and operational reliability of the bearing of sliding of the combined forced diesel engine by decrease in dynamics shock stresses an oil layer (P.A. Rebindera's effect) application of the surface-active substances, put on earned extra a covering of the loose leaf from the working party is considered and solved.

Keywords: plastic deformation, oil film, hydrodynamic fluctuations, amplification factor, anti-friction film, connecting-rod bearing.

Conference participants

ЭФФЕКТ П.А. РЕБИНДЕРА В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ


Марьина Н.Л., канд. техн. наук, доцент
Кудашева И.О., канд. техн. наук, доцент

Балаковский институт техники, технологии и управления,
Россия

В статье рассмотрена и решена задача повышения несущей способности и эксплуатационной надежности подшипника скольжения комбинированного форсированного дизеля снижением динамики ударного нагружения масляного слоя (эффект П.А. Ребиндера) применением поверхностно-активных веществ, нанесенного на приработочное покрытие вкладыша с рабочей стороны.

Ключевые слова: пластическое деформирование, масляная пленка, гидродинамические колебания, коэффициент динамичности, антифрикционная пленка, шатунный подшипник.

Участники конференции

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.a.v0i9.1431>

Шатунный подшипник четырехтактного высокофорсированного дизеля (рис. 1-2) нагружается знакопеременной нагрузкой от сил инерции и сил давления газов. Вследствие малой нагруженности возбуждающих сил в дизелях с опорами скольжения, подверженных колебательному процессу, реальные закономерности образования колебаний в масляном слое шатунного подшипника не вскрыты и их физическая природа не объяснена. Колебательные явления, происходящие в масляном слое шатунного подшипника в момент ударного приложения динамической нагрузки, чрезвычайно сложны и недостаточно изучены, чтобы в настоящее время им дать правильное физическое толкование.

Помимо зависимости гидродинамики масляного слоя от геометрических параметров подшипников и относительного эксцентриситета доказано [1-2], [3], что колебательный процесс в масляном слое подшипника способствует кавитационным явлениям: в смазочном слое всегда содержатся паровые и парогазовые пузырьки. Попадая в зону высоких гидродинамических колебаний масляного слоя, пузырьки, уничтожаясь, значительно сокращаются в объеме или захлопываются, подвергая поверхность вкладыша ударам большой интенсивности и вызывая пластические деформации, структурные и фазовые изменения в антифрикционном слое, что, в конечном итоге, способствует усталостному разрушению подшипни-

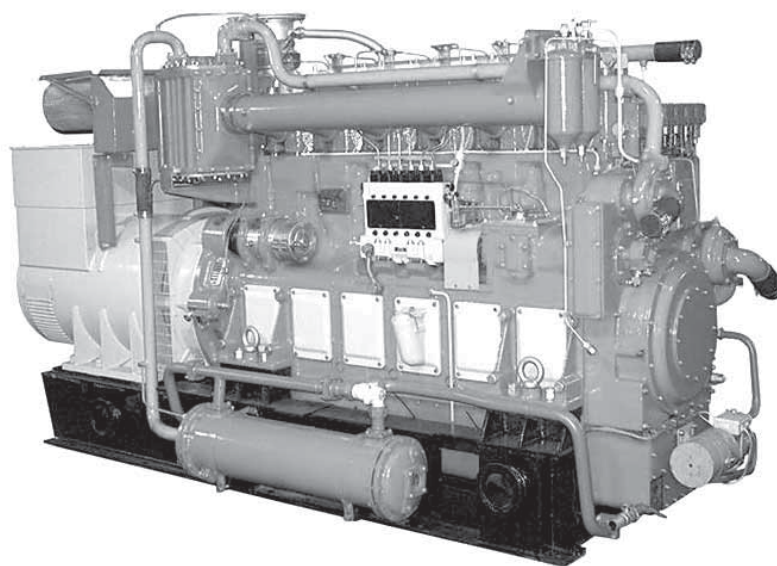


Рис. 1. Дизель - генератор ДГР 500/1500 с рядным комбинированным дизелем 6ЧН21/21

ков. На интенсивность кавитационных явлений в масляном слое оказывает влияние нагруженность подшипникового узла и дизеля в целом, в том числе его форсировка по параметрам термодинамического цикла.

Для оценки взаимодействия и взаимовлияния динамики нагружения кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и гидродинамических колебаний в масляном слое шатунного подшипника целесообразно рассмотреть главный фактор возбуждения - газовые силы $F_{(i)}$. При работе дизеля КШМ как колебательная система испытыва-

ет ударные нагрузки, возникающие при интенсивном выделении тепловой энергии от многоочагового самовоспламенения топлива в процессе сгорания, воздействие которых на поршень носит импульсный характер 1 (рис. 3).

Мерой последнего является ударная сила, характеризуемая коэффициентом динамичности K_d и определяемая зависимостью $K_d=1+d/D$. Экспериментальные значения K_d для КШМ дизеля 6ЧН21/21 согласно рис.3 составляет 1,2. Величина K_d зависит от конструктивных параметров КШМ, режимы работы двигателя, от

характера протекания фазы от начала видимого сгорания до максимального давления цикла, от продолжительности задержек воспламенения, от количества поданного топлива в первой фазе и характера подачи топлива в период резкого нарастания давления и т.д.

Результаты исследований показывают, что в процессе сгорания топлива ударная сила, возникающая скачкообразно (рис. 3 а, б), приложена к огневой поверхности поршня, направлена по оси цилиндра и характерна для второго управляемого периода процесса сгорания топлива. Ударная сила определяет динамику процесса сгорания с точки зрения величины действующих сил и не участвует в перекладке поршня.

Специфической формой существования газовых сил являются газодинамические колебания, отражающие интенсивность газовых сил. Амплитуды газодинамических колебаний зависят от максимальной скорости нарастания давления K_{max} , динамики тепловыделения в момент неуправляемого периода сгорания топлива и сопровождают процесс сгорания на всех его стадиях. Значения K_{max} для дизелей типа ЧН21/21, определяемые из индикаторных диаграмм рабочего процесса (рис. 4) как тангенс угла наклона касательной к оси абсцисс, приведены в таблице 1.

Возмущающие газовые силы $F(t)$, создаваемые импульсным характером ударной нагрузки и газодинамическими колебаниями, вызывают в КШМ вынужденные колебания 1 (рис.3).

Система поршень – КШМ из-за своей инерционности не способна следить за изменением давления газов в цилиндре дизеля при сгорании топлива. Поэтому в начальные период движения (при толчке) от конца подачи топлива в цилиндре в такте сжатия до начала интенсивного сгорания (в момент неуправляемого периода сгорания топлива, впрыснутого за период задержки самовоспламенения) в КШМ возникают собственные затухающие колебания 2 (рис. 3).

При знакопеременном нагружении КШМ силами давления газов и силами инерции за цикл нагружения шатунная шейка коленчатого вала совершает динамическое движение по сложной тра-

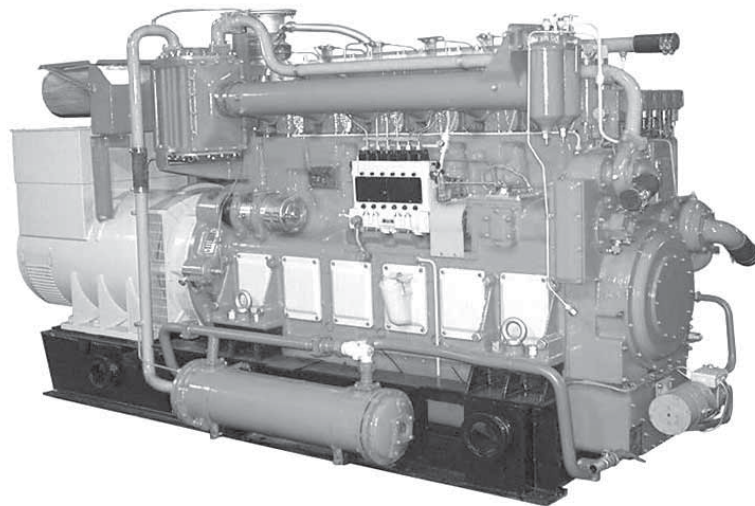


Рис. 2. Испытательный стенд на базе 6ЧН21/21

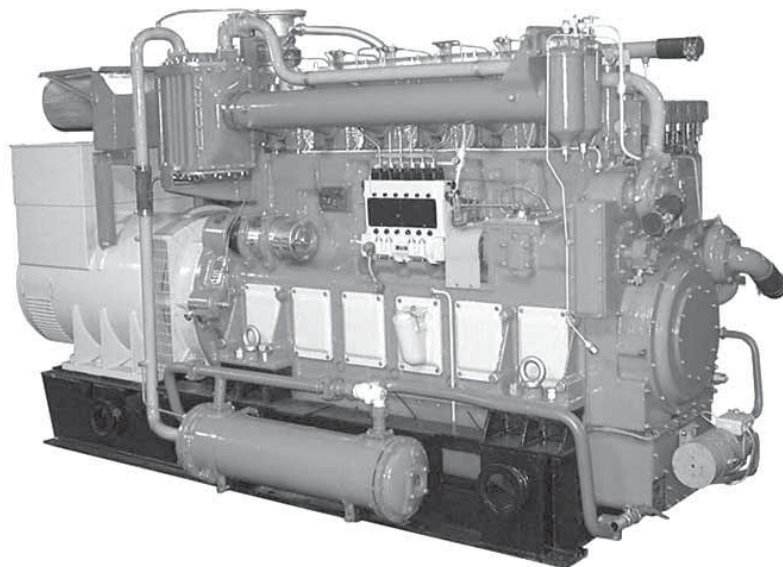


Рис. 3. Торсионграмма динамики нагружения КШМ и гидродинамических колебаний в масляном слое шатунного подшипника

Табл. 1.

P_{max} , МПа	12,26	10,1	8,34
K_{max} , МПа/рад пкв	32,1	16,7	6,46

ектории (рис. 5), характеризующейся заданными нагрузками, относительным зазором, вязкостью смазки, гидродинамическими характеристиками, основной из которых является минимальная толщина смазки h_{min} . Применяемые в настоящее время методы расчёта гидродинамики масляного слоя подшипников скольжения не учитывают динамичности приложения нагрузки и закона движения центра шейки коленчатого вала за цикл. При этом динамическая задача сводится к квазистатической из-

за того, что в классической гидродинамической теории смазки степень динамичности приложения нагрузки обычно не рассматривается [1]. Принимая во внимание сказанное, минимальную динамическую толщину масляного слоя в подшипнике скольжения оценивают зависимостью

$$h_{min} = K_d h_{min \text{ стат}}$$

где K_d - коэффициент динамичности нагрузки; $h_{min \text{ стат}}$ - квазистатическая составляющая минимальной толщины масляного слоя.

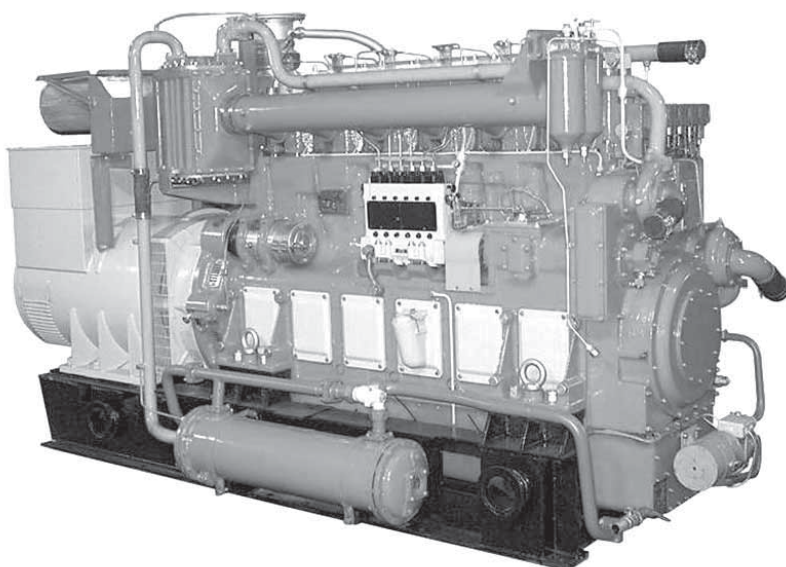


Рис. 4. Индикаторные диаграммы давления газов в цилиндре дизеля 6ЧН 21/21

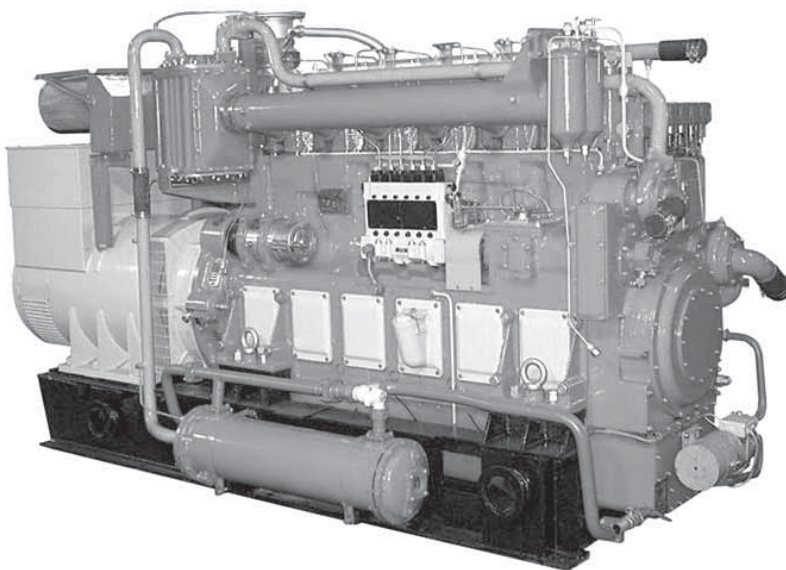


Рис. 5. Динамическое движение совершаемое шатунной шейкой коленчатого вала при знакопеременном нагружении КШМ силами давления газов и силами инерции за цикл нагружения

References:

1. Garkunov D.N. Tribotekhnika [Tribotechnology]. Garkunov D.N. – Moskva., Mashinostroenie [Engineering], 1985., pp. 267-287.
2. Kosyrev S.P., Mar'ina N.L. Tehnologicheskoe vibracionnoe starenie kolenchatyh valov forsirovannyh dizelej [Technological vibration aging of crankshafts of forced diesel engines], TNT. - Staryj Oskol., p. 147.
3. Mar'ina N.L. Dempfirujushhaja

sposobnost' masljanogo sloja shatunnogo podshpnika vysokoforsirovannogo dizelja pri ispol'zovanii poverhnostno-aktivnyh veshhestv v usloviyah dinamicheskogo nagruzhenija [The damping ability of the oil layer of the connecting-rod bearing in the highly accelerated diesel engine when using the surfactants in conditions of the dynamic loading]. - St. Petersburg., «Tribologija i nadezhnost'» [“Tribology and reliability”]. 2010., pp. 41-45.

4. Kosyrev S.P., Mar'ina N.L., Mar'in Je.V. Razrabotka jeksperi-

mental'nyh metodov issledovanij dinamicheskoy nagruzhennosti krivoshipno-polzunnogo mehanizma i gidrodinamiki masljanogo sloja podshpnikov skol'zhenija [Development of experimental methods for studies of the dynamic loading of crank-and-rocker mechanism and hydrodynamics of the oil layer of plain bearings]. - St. Petersburg., «Tribologija i nadezhnost'» [“Tribology and reliability”]. 2011., pp. 62-67.

5. Rubin M.B. Podshpniki v sudovoj tehnike [Bearings in shipbuilding]. Rubin M.B., Bahareva VE. - Leningrad, Sudostroenie [Shipbuilding], 1987., pp. 16-17.

Литература:

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника./ Гаркунов Д.Н. М.: Машиностроение, 1985. с. 267-287.

2. Косырев С.П., Марьина Н.Л. Технологическое вибрационное старение коленчатых валов форсированных дизелей/ТНТ. Старый Оскол. С. 147.

3. Марьина Н.Л. Демпфирующая способность масляного слоя шатунного подшипника высокофорсированного дизеля при использовании поверхностно-активных веществ в условиях динамического нагружения. С-Пб: «Трибология и надежность». 2010. С. 41-45.

4. Косырев С.П., Марьина Н.Л., Марьин Э.В. Разработка экспериментальных методов исследований динамической нагруженности кривошипно-ползунного механизма и гидродинамики масляного слоя подшипников скольжения. С-Пб: «Трибология и надежность». 2011. С. 62-67.

5. Рубин М.Б. Подшипники в судовой технике / Рубин М.Б., Бахарева ВЕ. Л: Судостроение, 1987, с. 16-17.

Information about authors:

1. Nadezhda Marina - Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Balakovo Institute of Technics, Technology and Management; address: Russia, Balakovo city; e-mail: rdan64@mail.ru

2. Irina Kudasheva - Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Balakovo Institute of Technics, Technology and Management; address: Russia, Balakovo city; e-mail: rdan64@mail.ru