

## СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1088-1095

### FEATURES OF WEAR OF CYLINDER LINERS OF MARINE MEDIUM-SPEED DIESEL ENGINES

**L. B. Leont'ev<sup>1</sup>, A. V. Pogodaev<sup>1</sup>, V. P. Bolotova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> — Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation

<sup>2</sup> — Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy,  
Vladivostok, Russian Federation

*The amount of wear on the working surface of the cylinder liners of marine diesel engines has a significant impact on the durability, performance and emergency situations in the engine. An analysis of changes in the geometric parameters of the working surface of the cylinder liners during operation and repair is carried out on the example of marine medium-speed diesel engines of the Pielstick 6PC2-5L type (ChN 40/48), operated on heavy grades of fuel.*

*It is established that the magnitudes of wear and deviations of the working surface shape of one diesel engine liners after 12 thousand hours of operation can fluctuate in a wide range: from 0.05 mm to 0.60 mm. The wear time and the mechanical properties of cast iron have a significant effect the wear and tear and shape deviations.*

*An analysis of the geometric parameters of the cylinder sleeves for restoration has showed that 56.7% of the sleeves after operating the engines for about 12 thousand hours, regardless of the value of their running hours, have wear values in the region of the upper piston ring when the piston position in the top dead center (TDC) is not more than 0.5 mm. Moreover, the maximum number of bushings (18.1%) have wear values in the range of 0.11–0.20 mm with a maximum allowable value of 2 mm.*

*The analysis of the ovality values of cylinder sleeves received for recovery after 11–12 thousand hours of engine operation has showed that the largest number of bushings (21.8%) have an ovality in the range of 0.06–0.10 mm with a maximum permissible value of 0.3 mm.*

*A significant increase in the wear rate of the working surface of the sleeve in the region of the upper piston ring when the piston is in TDC is observed when the sleeve has been running over 36 thousand hours due to high temperatures and changes in the structure and mechanical properties of cast iron.*

*Due to the uneven wear along the height of the cylinder bore, as well as local wear in the upper piston ring region when the piston is in the TDC, most of the bushings cannot be restored by honing after 36 thousand hours of operation due to the limited capabilities of this method (processing is economically feasible when removing metal on a depth of 0.10–0.15 mm, which is insufficient to eliminate large amounts of wear), so the bushings are written off when the wear of the working surface is less than 1 mm with a maximum allowable value of 2 mm.*

*Keywords: cylinder bushing, diesel, wear, ovality, hardening, honing, wear plot, wear rate.*

#### **For citation:**

Leont'ev, Lev B., Anton V. Pogodaev, and Valentina P. Bolotova. "Features of wear of cylinder liners of marine medium-speed diesel engines." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 11.6 (2019): 1088–1095. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1088-1095.

**УДК 621.432**

### ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

**Л. Б. Леонтьев<sup>1</sup>, А. В. Погодаев<sup>1</sup>, В. П. Болотова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> — Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация

<sup>2</sup> — Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского,  
Владивосток, Российская Федерация

*Отмечается, что величина износа рабочей поверхности втулок цилиндров судовых дизелей оказывает существенное влияние на долговечность, а также возникновение аварийных ситуаций в двигателе. Анализ изменения геометрических параметров рабочей поверхности втулок цилиндров в процессе эксплуата-*

ции и ремонта выполнен на примере судовых среднеоборотных дизелей типа Pielstick 6PC2-5L (ЧН 40/46). Установлено, что величины износов и отклонений формы рабочей поверхности втулок одного дизеля после 12 тыс. ч эксплуатации могут колебаться в широком диапазоне: от 0,05 мм до 0,60 мм. Анализ геометрических параметров втулок цилиндров, поступающих на восстановление, показал, что 56,7 % втулок после эксплуатации двигателей в течение примерно 12 тыс. ч, независимо от величины их наработки, имеют величины износов в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в верхней мертвой точке не более 0,5 мм. При этом максимальное количество втулок (18,1 %) имеют величины износов в пределах 0,11–0,20 мм при максимально допустимой величине 2 мм. Анализ величин овальности втулок цилиндров, поступающих на восстановление после 11–12 тыс. ч эксплуатации двигателей, показал, что наибольшее количество втулок (21,8 %) имеют овальность в интервале 0,06–0,10 мм при максимально допустимой величине 0,3 мм. Существенное возрастание скорости изнашивания рабочей поверхности втулки в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ, наблюдается при наработке втулки свыше 36 тыс. ч. Из-за неравномерного износа по высоте втулки цилиндра, а также локальных износов в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ большинство втулок не могут быть восстановлены хонингованием после 36 тыс. ч эксплуатации вследствие ограниченных возможностей данного метода, поэтому втулки списываются при износах рабочей поверхности менее 1 мм при максимально допустимой величине 2 мм.

*Ключевые слова:* втулка цилиндра, дизель, износ, овальность, упрочнение, хонингование, эюра износов, скорость изнашивания.

**Для цитирования:**

Леонтьев Л. Б. Особенности изнашивания втулок цилиндров судовых среднеоборотных дизелей / Л. Б. Леонтьев, А. В. Погодаев, В. П. Болотова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 6. — С. 1088–1095. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1088-1095.

### **Введение (Introduction)**

Износы поверхностей трения деталей цилиндро-поршневой группы судовых дизелей оказывают решающее влияние на долговечность, работоспособность и возникновение аварийных ситуаций двигателя. Наиболее неблагоприятные условия трения в цилиндре судовых дизелей возникают в зоне минимальных скоростей движения поршня, особенно при положении поршня в верхней мертвой точке (ВМТ), где температура поверхностей трения в районе верхнего поршневого кольца достигает 350 °С при максимальном давлении до 16 МПа и минимальной толщине масляной пленки. Причем в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ происходит почти полное разрушение масляной пленки, т. е. наблюдается режим трения при граничной смазке, поэтому величина коэффициента трения находится в пределах 0,02–0,2 [1], [2] и, соответственно, скорость изнашивания в данном районе будет максимальной. До настоящего времени не существует единого мнения о природе изнашивания втулок цилиндров ДВС. Однако большинство авторов считают, что верхняя часть втулки цилиндра одновременно подвергается адгезионному, усталостному, коррозионно-механическому и абразивному изнашиванию [1]–[3].

Втулки ДВС изнашиваются неравномерно по длине образующей цилиндра. У судовых дизелей, имеющих большие величины предельных износов, происходит значительное изменение макрогеометрии цилиндра в процессе эксплуатации, особенно в верхней части втулки [4]. Большая разница в диаметрах цилиндра по его высоте отрицательно сказывается на всех показателях работы двигателя: увеличиваются расходы топлива и масла на угар [5]. Следует отметить, что образование лаковых пленок на поверхности трения (особенно при использовании тяжелых сортов топлива) препятствует соприкосновению поверхностей поршневого кольца и втулки, уменьшая вероятность адгезионного их схватывания, но увеличивает скорость абразивного изнашивания. Для повышения износостойкости рабочей поверхности втулок цилиндров дизелей их подвергают хонингованию алмазными брусками [5]–[10]. В результате последовательных операций чернового хонингования крупнозернистыми брусками и чистового хонингования мелкозернистыми брусками микрорельеф представляет собой чередование глубоких рисок (рис. 1, а) для размещения смазки (масляных карманов) и плоских плато, увеличивающих необходимую относительную опорную длину профиля (опорную поверхность) и маслосъемность поверхности.

*Целью работы* является анализ изменения геометрических параметров рабочей поверхности втулок цилиндров в процессе эксплуатации и ремонта на примере судовых среднеоборотных дизелей типа Pielstick 6PC2-5L (ЧН 40/46), эксплуатирующихся на тяжелых сортах топлива.

### Методы и материалы (Methods and Materials)

Для оценки величин и характера износа рабочей поверхности втулок цилиндров после их эксплуатации и ремонта выполнялись измерения с помощью индикаторного нутромера по четырем сечениям в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: в плоскости, проходящей через ось коленчатого вала, и в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала согласно рекомендациям фирмы-изготовителя. По результатам оценки технического состояния втулки цилиндра делается вывод о возможности ее восстановления методом хонингования или замены на новую.

Для исследования изменений геометрических параметров втулок цилиндров в процессе эксплуатации и ремонта были взяты среднеоборотные двигатели Pielstick 6PC2-5L (ЧН 40/46) с газотурбинным наддувом, имеющие частоту вращения  $8,67 \text{ с}^{-1}$  (520 мин<sup>-1</sup>), цилиндговую мощность 478 кВт, среднее эффективное давление 17,2 бар, которые эксплуатируются на тяжелом топливе марки M100 и моторном масле M-14-Д<sub>2</sub>(цл 30) — ГОСТ 12337–84. Двигатели установлены на рыбопромысловых судах типа БМРТ.

Величины износов втулок цилиндров определяли по формуле

$$И = D_n - D_3, \quad (1)$$

где  $D_n$  — диаметр втулки до эксплуатации;  $D_3$  — диаметр втулки после эксплуатации.

Величины овальности втулок цилиндров в исследуемых сечениях определяли по формуле

$$\Delta = D_1 - D_2, \quad (2)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  — диаметры, измеренные в двух взаимно-перпендикулярных направлениях (в плоскости движения шатуна и по оси коленчатого вала).

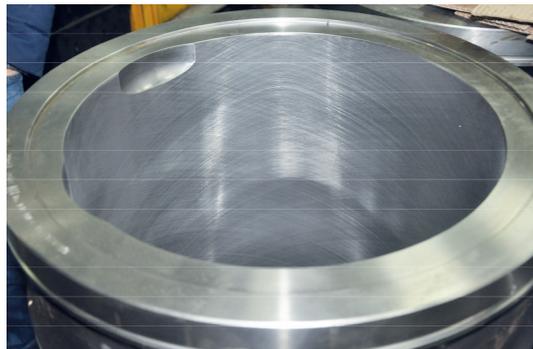
### Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

Новые втулки и после ремонта имеют микрорельеф рабочей поверхности, представляющий чередование плоских плато и глубоких рисок (см. рис. 1, а), который после 12 тыс. ч эксплуатации из-за износа уже не имеет рисок в верхней части втулки (рис. 1, б). Для оценки величин и характера износа рабочей поверхности втулок цилиндров были проанализированы результаты измерений 210 втулок цилиндров, поступивших в ремонт, а также после их хонингования в период 2004–2015 гг. Средняя наработка двигателя между ремонтами с восстановлением геометрии втулок цилиндров составляет 11–12 тыс. ч.

Установлено, что величины износов и отклонений формы рабочей поверхности втулок у одного дизеля после 12 тыс. ч. эксплуатации могут колебаться в широком диапазоне. Например, у одной втулки максимальный износ может составлять всего 0,05 мм, при этом у другой он может достигать 0,60 мм, поэтому в ремонт отправляют все втулки двигателя. На величину износов и отклонений формы существенное влияние оказывает наработка втулки и механические свойства чугуна.

После восстановления геометрических размеров методом хонингования диаметр втулки по сравнению с величиной максимального износа увеличивается в верхней ее части при длине 400–500 мм на 0,05–0,11 мм. Следует отметить, что зона максимальных локальных износов расположена в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ в направлении *борт – борт* и составляет около 90° с каждой стороны, при этом по высоте она достигает всего 12–20 мм, что хорошо видно в процессе хонингования втулок (см. рис. 1, б). Как правило, локальные износы в плоскости *борт – борт* существенно отличаются по величине, а иногда расположены преимущественно с одной стороны.

а)



б)



Рис. 1. Рабочая поверхность втулки цилиндра дизеля 6PC2-5L:

а — после хонингования;

б — после 12 тыс. ч эксплуатации в процессе хонингования с локальными износами

Анализ геометрических параметров втулок цилиндров, поступающих на восстановление, показал, что 56,7 % из них после эксплуатации двигателей в течение примерно 12 тыс. ч независимо от наработки имеют величины износов в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ не более 0,5 мм (рис. 2, а). При этом максимальное количество втулок (18,1 %) имеют величину износов в пределах 0,11–0,20 мм при максимально допустимой величине 2 мм. Количество втулок, имеющих износы свыше 1 мм, незначительно вследствие того, что в результате восстановления геометрии втулок методом хонингования после каждых 12 тыс. ч эксплуатации возрастает величина конусообразности рабочей поверхности (рис. 3) вследствие малой величины снимаемого слоя в процессе обработки, поэтому устраняются преимущественно локальные износы в верхней ее части, а втулки с повышенной величиной конусообразности заменяют на новые.

Распределение количества втулок цилиндров дизелей ЧН 40/46 с величинами износа в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ, поступающих на ремонт, описывается выражением ( $R^2 = 0,938$ ;  $S = 1,76$ ):

$$N_{\text{и}} = 4,19 \cdot 0,85^{(1/\text{И})} \cdot \text{И}^{-1,31}, \quad (3)$$

где  $N_{\text{и}}$  — количество втулок цилиндров с величиной износа  $\text{И}$ ;  $\text{И}$  — максимальная величина износа втулки, мм.

Анализ величин овальности втулок цилиндров, поступающих на восстановление после 11–12 тыс. ч эксплуатации двигателей, показал, что 88,8 % втулок имеют величины в пределах 0,01–0,30 мм при максимально допустимой величине 0,3 мм. Причем максимальное количество втулок (21,8 %) имеют овальность в интервале 0,06–0,10 мм (рис. 2, б). Распределение количества втулок цилиндров дизелей ЧН 40/46 с величинами овальности, поступающих на ремонт, описывается выражением ( $R^2 = 0,995$ ;  $S = 0,84$ ):

$$N_{\Delta} = 1 / (0,068 - 0,535\Delta + 3,18\Delta^2), \quad (4)$$

где  $N_{\Delta}$  — количество втулок цилиндров с величиной овальности  $\Delta$ ;  $\Delta$  — максимальная величина овальности втулки, мм.

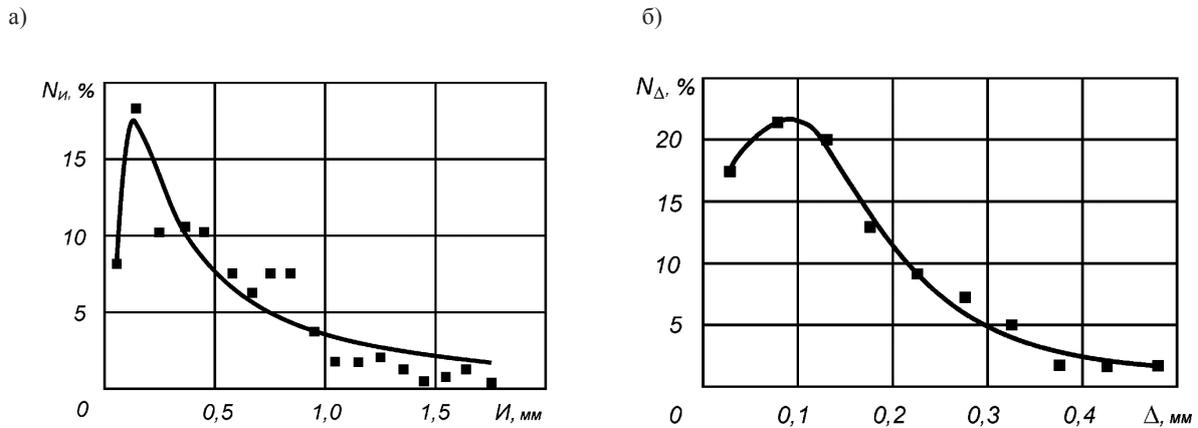


Рис. 2. Распределение количества втулок цилиндров дизелей ЧН 40/46, поступающих на восстановление, с величинами износа (а) и овальности (б)

Анализ эпюр износов втулок цилиндров дизеля ЧН 40/48 по высоте (рис. 3) показал, что по мере увеличения наработки возрастает конусообразность в верхней части вследствие малой величины удаления металла при механической обработке хонингованием, поэтому при их ремонте устраняется преимущественно овальность рабочей поверхности.

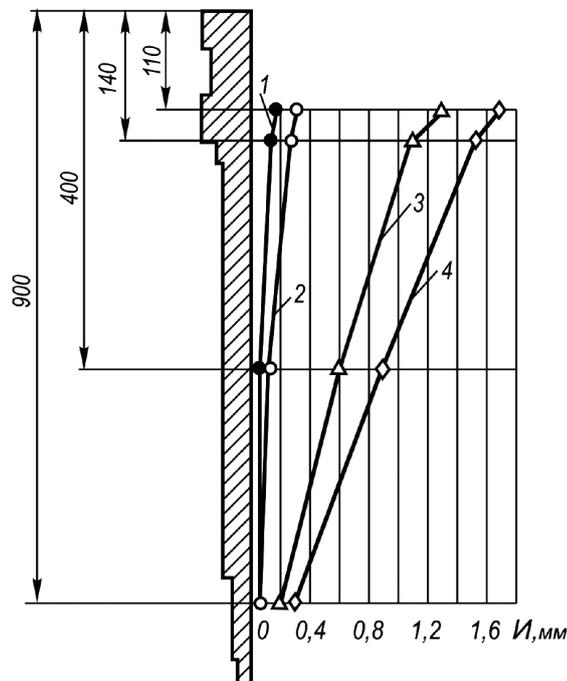


Рис. 3. Эпюры износов втулок цилиндров дизеля ЧН 40/46 по высоте в плоскости *борт – борт*, поступающих на ремонт: 1 — после 12 тыс. ч эксплуатации; 2 — после 24 тыс. ч эксплуатации; 3 — после 48 тыс. ч эксплуатации и хонингования; 4 — после 60 тыс. ч эксплуатации

Анализ средней скорости изнашивания втулок цилиндров дизеля ЧН 40/48 в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ от величины ее наработки показал, что на начальном этапе эксплуатации, т. е. в течение первых 12 тыс. ч скорость существенно больше, чем на втором этапе (12–24 тыс. ч) вследствие приработки сопряженных поверхностей втулки

и поршневых колец, а также формирования вторичных структур (рис. 4). Затем скорость изнашивания снижается. Возрастание скорости изнашивания наблюдается при наработке втулки свыше 36 тыс. ч воздействия высоких температур и изменения структуры и механических свойств чугуна в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ.

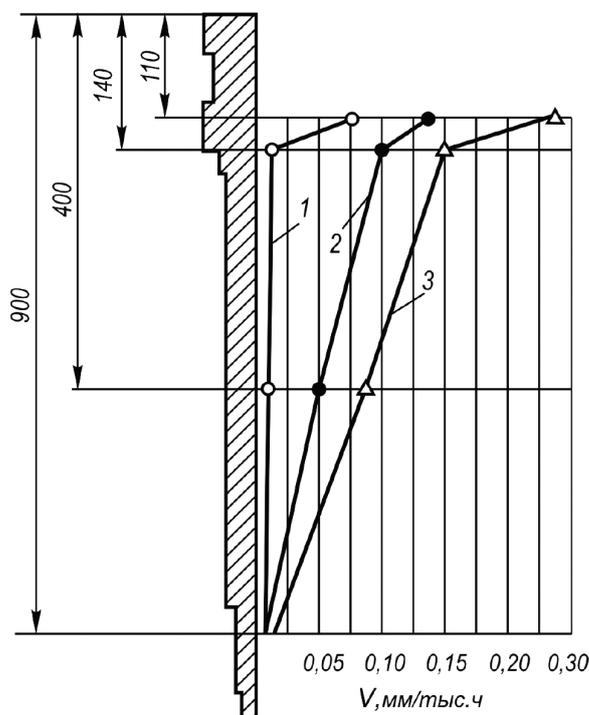


Рис. 4. Зависимость средней скорости изнашивания втулки цилиндра дизеля ЧН 40/46 в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ от величины ее наработки:  
 1 — в течение вторых 12 тыс. ч эксплуатации (суммарная наработка 24 тыс. ч);  
 2 — в течение первых 12 тыс. ч эксплуатации; 3 — после 36 тыс. ч эксплуатации

Следует отметить, что из-за местных износов большинство втулок цилиндров считаются неремонтопригодными уже после 36 тыс. ч эксплуатации и списываются при износах рабочей поверхности не более 1 мм при максимально допустимой величине 2 мм. Повысить срок службы втулок цилиндров среднеоборотных двигателей, работающих на тяжелых сортах топлива, и снизить затраты на приобретение новых наиболее экономически эффективно путем формирования тонкопленочных металлокерамических износостойких покрытий на поверхностях трения [6], [11]. Наиболее перспективными триботехническими материалами для присадок к машинным маслам и трибомодифицирования при ремонте деталей являются органо-неорганические композиции и композиты на основе модифицированного вермикулита, так как они способны формировать защитные металлокерамические пленки толщиной 2–5 мкм, содержащие в большом количестве такие элементы, как Si, Al, O, C и др. [12]. Полученная в результате обработки ТМ металлокерамическая поверхность является продолжением структуры самого металла — одним с ним целым, и имея одинаковое линейное температурное расширение, не отслаивается под действием механических и тепловых нагрузок. Применение финишной обработки ТМ позволяет снизить коэффициент трения не менее чем на 15–20 %, интенсивность изнашивания поверхностей трибосопряжения в 1,5– 4,0 раза, а также увеличить поверхностную твердость и нагрузку схватывания на 25–30 % [6], [11]–[13].

#### Заключение (Conclusion)

Установлено, что после 12 тыс. ч эксплуатации двигателя величины износов и отклонений формы рабочей поверхности втулок могут колебаться в широком диапазоне: от 0,05 мм до 0,60 мм.

На величины износов и отклонений формы существенное влияние оказывает наработка втулки и механические свойства чугуна. Так, 56,7 % цилиндров, поступающих на восстановление, после эксплуатации двигателей в течение примерно 12 тыс. ч независимо от величины их наработки имеют величины износов в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ не более 0,5 мм. При этом максимальное количество втулок (18,1 %) имеют величины износов в пределах 0,11–0,20 мм при максимально допустимой величине 2 мм. Наибольшее количество втулок (21,8 %) после 11–12 тыс. ч эксплуатации двигателей имеют овальность в интервале 0,06–0,10 мм при максимально допустимой величине 0,3 мм.

Существенное возрастание скорости изнашивания рабочей поверхности втулки в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ наблюдается при наработке втулки свыше 36 тыс. ч вследствие воздействия высоких температур и изменения структуры и механических свойств чугуна. Из-за неравномерного износа по высоте втулки цилиндра, а также локальных износов в районе верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ большинство втулок не могут быть восстановлены хонингованием после 36 тыс. ч эксплуатации вследствие ограниченных возможностей данного метода (обработка экономически целесообразна при снятии металла на глубину 0,10–0,15 мм, которая недостаточна для устранения больших величин износов), поэтому втулки списываются при износах рабочей поверхности менее 1 мм при максимально допустимой величине 2 мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асташкевич Б. М. Износостойкость и прочность деталей цилиндропоршневой группы транспортных двигателей / Б. М. Асташкевич // Вестник машиностроения. — 1997. — № 10. — С. 8–11.
2. Асташкевич Б. М. Износостойкость и роль активных защитных слоев на поверхностях деталей цилиндропоршневой группы транспортных двигателей // Вестник машиностроения. — 2000. — № 1. — С. 13–20.
3. Абраменко Ю. Е. Физико-химическая природа изнашивания чугунных гильз цилиндров ДВС / Ю. Е. Абраменко // Двигателестроение. — 1984. — № 3. — С. 38–40.
4. Кучеров В. Н. Повышение работоспособности деталей цилиндро-поршневой группы двигателей ZL и ZV фирмы «Зульцер» / В. Н. Кучеров, М. В. Флорианская // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2016. — № 3–4. — С. 88–93.
5. Клименко Л. П. Повышение долговечности цилиндров ДВС на основе принципов переменной износостойкости / Л. П. Клименко; под ред. В. В. Запорожца. — Николаев: Изд-во НФ НаУКМА, 2001. — 294 с.
6. Леонтьев Л. Б. Повышение надежности втулок цилиндров судовых дизелей / Л. Б. Леонтьев, А. В. Погодаев, А. Л. Леонтьев // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. — 2018. — № 3 (36). — С. 76–93. DOI: 10.5281/zenodo.1408233.
7. Баранов В. Л. Финишная обработка внутренней поверхности цилиндров двигателей внутреннего сгорания / В. Л. Баранов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2016. — № 12-2. — С. 15–21.
8. Шарифов З. З. Исследование влияния шероховатости поверхности на износ поверхностного слоя деталей судовых машин и механизмов, обработанных различными методами / З. З. Шарифов, Ч. М. Алиев, А. М. Кулиев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1262–1272. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1262-1272.
9. Taylor C. M. Automobile engine tribology—design considerations for efficiency and durability / C. M. Taylor // Wear. — 1998. — Vol. 221. — Is. 1. — Pp. 1–8. DOI: 10.1016/S0043-1648(98)00253-1.
10. Степанов С. Н. Особенности платохонингования при капитальном ремонте двигателей внутреннего сгорания / С. Н. Степанов, Н. Ю. Видинеева // Современное машиностроение. Наука и образование. — 2016. — № 5. — С. 1000–1005. DOI: 10.1872/MMF-2016-91.
11. Ломухин В. Б. Использование модификатора моторного масла на основе серпентина и мягких металлов в судовых энергетических установках / В. Б. Ломухин [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2014. — № 3. — С. 136–139.
12. Shapkin N. P. Hybrid Composite Materials Based on Natural Layered Silicates / N. P. Shapkin [et al.] // Inorganic Materials. — 2018. — Vol. 54. — Is. 9. — Pp. 965–969. DOI: 10.1134/S0020168518090145.
13. Дунаев А. В. Эффективность применения минеральных модификаторов при техническом сервисе в АПК: науч. изд. / А. В. Дунаев [и др.]. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. — 164 с.

REFERENCES

1. Astashkevich, B. M. "Iznosostoykost' i prochnost' detaley tsilindroporshnevoy gruppy transportnykh dvigateley." *Vestnik mashinostroyeniya* 10 (1997): 8–11.
2. Astashkevich, B. M. "Iznosostoykost' i rol' aktivnykh zashchitnykh sloyev na poverkhnostyakh detaley tsilindroporshnevoy gruppy transportnykh dvigateley." *Vestnik mashinostroyeniya* 1 (2000): 13–20.
3. Abramenko, Yu. Ye. "Fiziko-khimicheskaya priroda iznashvaniya chugunnykh gil'z tsilindrov DVS." *Dvigatelsestroyeniye* 3 (1984): 38–40.
4. Kucherov, V. N., and M. V. Florianskaya. "Improving the performance parts engine type ZL, ZV «Sulzer» company." *Nauchnyye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka* 3–4 (2016): 88–93.
5. Klimenko, L. P. *Povysheniye dolgovечnosti tsilindrov DVS na osnove printsipov peremennoy iznosostoykosti*. Edited by V. V. Zaporozhets. Nikolayev: Izd-vo NF NaUKMA, 2001.
6. Leont'ev, L. B., A. V. Pogodayev, and A. L. Leont'ev. "Increasing the reliability of cylinder liners of marine diesel engines (Review)." *The Far Eastern Federal University: School of Engineering Bulletin* 3(36) (2018): 76–93. DOI: 10.5281/zenodo.1408233.
7. Baranov, V. L., E. A. Dronov, V. N. Lavrukhin, and N. V. Tret'yakov. "Finish machining the inner surface of cylinder of explosion engine." *Izvestiya Tula State University. Engineering science* 12-2 (2016): 15–21.
8. Sharifov, Zahid Z., Chingiz M. Aliyev, and Alimardan M. Guliyev. "Research of surface roughness influence on ware resistant characteristics of ship machinery and mechanisms parts' surface layer processed with different methods." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.6 (2017): 1262–1272. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1262-1272.
9. Taylor, C. M. "Automobile engine tribology—design considerations for efficiency and durability." *Wear* 221.1 (1998): 1–8. DOI: 10.1016/S0043-1648(98)00253-1.
10. Stepanov, S.N., and N.Yu. Vidineyeva. "Osobennosti platkhoningovaniya pri kapital'nom remonte dvigateley vnutrennego sgoraniya." *Sovremennoye mashinostroyeniye. Nauka i obrazovaniye* 5 (2016): 1000–1007. DOI: 10.1872/MMF-2016-91.
11. Lomukhin, V. B., A. O. Tokarev, V. V. Surgin, and I. V. Lapteva. "The use of engine oil based on serpentine and soft metals in ship power installations." *Nauchnyye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka* 3 (2014): 136–139.
12. Shapkin, N. P., I. G. Khal'chenko, A. E. Panasenko, L. B. Leont'ev, and V.I. Razov. "Hybrid Composite Materials Based on Natural Layered Silicates." *Inorganic Materials* 54.9 (2018): 965–969. DOI: 10.1134/S0020168518090145.
13. Dunayev, A. V., V. V. Ladikov, I. F. Pustovoy, and I. G. Golubev. *Effektivnost' primeneniya mineral'nykh modifikatorov pri tekhnicheskoy servise v APK: nauch. izdaniye*. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2014.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Леонтьев Лев Борисович** —  
 доктор технических наук, профессор  
 Дальневосточный федеральный университет  
 690850, Российская Федерация, Владивосток,  
 ул. Суханова, 8  
 e-mail: [leontyev.l.b@yandex.ru](mailto:leontyev.l.b@yandex.ru)  
**Погодаев Антон Васильевич** —  
 старший преподаватель  
 Дальневосточный федеральный университет  
 690850, Российская Федерация, Владивосток,  
 ул. Суханова, 8  
 e-mail: [pogodaev.av@dvfu.ru](mailto:pogodaev.av@dvfu.ru)  
**Болотова Валентина Павловна** — доцент  
 Морской государственной университет  
 им. адм. Г. И. Невельского  
 600003, Российская Федерация, Владивосток,  
 ул. Верхнепортовая, 50а  
 e-mail: [bolotova@msun.ru](mailto:bolotova@msun.ru)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Leont'ev, Lev B.** —  
 Dr. of Technical Sciences, professor  
 Far Eastern Federal University  
 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690850,  
 Russian Federation  
 e-mail: [leontyev.l.b@yandex.ru](mailto:leontyev.l.b@yandex.ru)  
**Pogodaev, Anton V.** —  
 Senior Lecturer  
 Far Eastern Federal University  
 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690850,  
 Russian Federation  
 e-mail: [pogodaev.av@dvfu.ru](mailto:pogodaev.av@dvfu.ru)  
**Bolotova, Valentina P.** — Associate professor  
 Maritime State University named  
 after adm. G. I. Nevelsky  
 50a Verkhneportovaya Str., Vladivostok, 600003,  
 Russian Federation  
 e-mail: [bolotova@msun.ru](mailto:bolotova@msun.ru)

Статья поступила в редакцию 24 октября 2019 г.  
 Received: October 24, 2019.