

О.В. Триньов, С.С. Кравченко

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕПЛОВИЙ СТАН ЦИЛІНДРОВОЇ ГІЛЬЗИ

Метою проведеного розрахункового дослідження є удосконалення конструкції циліндрової гільзи швидкохідного автотракторного дизеля, поліпшення економічних показників за рахунок досягнення оптимального розподілу температур на висоті робочої поверхні гільзи. Розглядаються такі конструктивні заходи як застосування алюмінієвих сплавів з високою теплопровідністю і зносостійким корундовим покриттям робочої поверхні, нанесення теплоізоляційного емалевого покриття на зовнішню поверхню гільзи між верхнім і нижнім посадочними поясами, яка контактує з охолоджуючою рідиною та збільшення товщини стінки всієї охолоджуваної поверхні. Зносостійкий корундовий прошарок товщиною 0,2 мм застосовується для всіх перерахованих конструктивних заходів. Показано, що використання алюмінієвого сплаву АЛ19 замість чавуну СЧ21-40 для виготовлення гільзи дає очікуваний результат щодо зменшення температур по всіх контрольних точкам, проте температури робочої поверхні гільзи на більшій частині ходу поршня далекі від оптимальних значень. Нанесення емалевого покриття на зовнішню поверхню гільзи товщиною 0,5 мм помітно знижує інтенсивність тепловідведення в систему охолодження по всій висоті робочої поверхні. Отриманий температурний профіль і в даному випадку не є оптимальним. Збільшення товщини стінки гільзи на 1 мм на ділянці теплообміну, яка безпосередньо контактує з охолоджуючою рідиною, наближає отриманий температурний профіль до оптимального, але переохолодженою залишається нижня частина гільзи. При цьому ефект від застосування емалевого покриття більш суттєвий, ніж збільшення товщини стінки. При нанесенні на частині охолоджуваної поверхні гільзи емалевого покриття і збільшенні в нижній частині поверхні товщини стінки на 1мм профіль температур також наближається до оптимального, але необхідні додаткові заходи, направлені на підвищення температур робочої поверхні гільзи в нижній її частині.

Ключові слова: дизель, алюмінієва гільза, емалеве покриття, корундовий прошарок, теплонапружений стан, температурне поле.

Вступ

При розробці конструкції автотракторних дизелів з високим рівнем форсування по літрової потужності вирішується, серед інших, проблема узгодження теплового стану деталей циліндропоршневої групи з розподілом теплових потоків по поверхні, яка обмежує циліндровий об'єм. Обмеження таких потоків в системі змащення та охолодження призводить до недопустимого зростання температур деталей камери згорання (КЗ), зменшення їхнього моторесурсу. Зростання щільності потоків за рахунок інтенсифікації охолодження супроводжується погіршенням показників паливної економічності.

Таким чином, вирішення поставленої проблеми полягає в оптимізації теплових потоків, досягненні оптимального температурного стану деталей циліндропоршневої групи, зокрема робочої поверхні циліндрової гільзи.

При цьому важливим моментом є детальний аналіз найбільш суттєвих конструктивних, режимних, регульовальних факторів, які впливають на теплонапружений стан (ТНС) циліндрової гільзи та інших деталей цієї групи, визначення таких факторів для проведення аналізу. Розподіл температур по висоті робочої поверхні гільзи (профіль температур) для більшості автотракторних дизелів характеризується нерівномірністю, перегрівом верхньої частини і переохолодженням нижньої, що не сприяє мінімізації коефіцієнтів тертя в спряженні пор-

шневий комплект-гільза. При такому температурному профілі не забезпечується оптимальна в'язкість моторного мастила, зростають механічні витрати.

Розрахунковий етап дослідження полягає у визначенні, як зазначалося, найбільш впливових факторів, які б сприяли зниженню температур у верхній частині гільзи і підвищенню температур у нижній її частині, тобто вирівнюванню температур по висоті, наближенню до певного оптимального значення (160-170 °С).

В роботі аналізується вплив таких конструктивних факторів як матеріал гільзи, наявність теплоізоляційного і зносостійкого покриття, товщина стінки гільзи на ділянках теплообміну з охолоджуючою рідиною, комбінації перелічених факторів. Розглядаються конструктивні рішення, які не потребують внесення значних змін в базову конструкцію як самої гільзи, так і блоку циліндрів дизеля з порожнинами для рідинного охолодження.

Аналіз літератури

Для уточнення математичної моделі (ММ) теплонапруженого стану циліндрової гільзи автотракторного дизеля 4ЧН12/14, яка розглядається як об'єкт дослідження в даній роботі, було проведено моторний експеримент. Метою експерименту було отримання температурного поля серійної гільзи (матеріал – чавун СЧ21-40) на усталених, зокрема номінальному ($N_e = 73,6$ кВт, $n = 1800$ хв⁻¹) режимі, та перехідних режимах скидання-накидання наван-

таження. Детальний опис моторного експерименту наведено в роботі [1].

При проведенні моторного експерименту використовувалася серійна гільза, препарована чотирма хромель-алюмелевими термопарами, рознесеними по висоті гільзи між верхнім і нижнім посадочними поясами. Контрольні термопари розміщувалися на відстані $1 \pm 0,1$ мм від робочої поверхні гільзи. Для оснащення гільзи в її стінці були виконані глухі отвори діаметром $4 \pm 0,05$ мм, термопара фіксувалася в капсулі конічної форми, який з натягом був закарбований в глухий отвір в стінці циліндрової гільзи. Діаметр хромель-алюмелевих електродів становив 0,3 мм, діаметр кульки спаю - 0,2-0,8 мм. Запис температурних характеристик та їх обробка в цифровій формі здійснювалися за допомогою пристрою на основі мікроконтролера з можливістю одночасної реєстрації температури від 16-ти термопар. Основним елементом реєструючої системи є мікроконтролер АТМega 328. Мікроконтролер по черзі підключає термопари через мультипроцесор до підсилювача AD8495 і перетворює вихідну напругу в значення температури. Для реєстрації температурних характеристик в експерименті застосовано ПК (ноутбук) зі встановленим модулем Bluetooth [1].

В роботі [2] проаналізовано вплив окремих конструктивних факторів на температурний профіль циліндрової гільзи середньообертового суднового дизеля 6ЧН26/34 з метою оптимізації профілю. Для проведення розрахункового дослідження була розроблена скінченоелементна ММ, яка уточнювалася з використанням результатів моторних випробувань, проведених раніше на кафедрі ДВЗ НТУ «ХП» проф. Є.І. Третьяком.

В розрахунковій частині дослідження [2] розглядалися наступні варіанти:

- серійна циліндрова гільза дизеля 6ЧН26/34 з рідинним охолодженням верхнього (з оребренням) поясу (варіант А);
- циліндрова гільза в серійному виконанні, але за відсутності рідинного охолодження нижнього поясу (варіант Б);
- циліндрова гільза з теплозахисним емалевим покриттям товщиною $\Delta=0,5$ мм нижнього поясу, з рідинним охолодженням нижнього та верхнього поясів (варіант В);
- циліндрова гільза з теплозахисним емалевим покриттям нижнього поясу та при відсутності рідинного охолодження як нижнього, так і верхнього поясів (варіант Г).

Для всіх варіантів моделювання номінальний режим навантаження (циліндрова потужність $N_{цл} = 147$ кВт, $n = 250 \text{ хв}^{-1}$), матеріал гільзи – чавун СЧ21-

40. Температурний стан гільзи для запропонованих варіантів в роботі [2] проаналізовано за розподілом температур в 7-ми контрольних точках на робочій поверхні гільзи.

Варіант А. Температурний стан робочої поверхні гільзи характеризується порівняно низьким рівнем температур (від 245°C у верхній частині до 80°C - в нижній, що свідчить про переохолодження гільзи, значні витрати теплоти в систему охолодження. В зоні роботи компресійних кілець температури робочої поверхні теж низькі (від 145°C до 110°C) і не досягають оптимальних значень ($160-180^\circ\text{C}$).

Варіант Б. Запровадження відключення охолодження нижнього поясу дало найбільш помітний ефект (приріст температури на $15-30^\circ\text{C}$) в нижній частині гільзи. Ефект майже непомітний у верхній, найбільш термічно навантаженій частині (приріст $5-8^\circ\text{C}$).

Варіант В. Нанесення теплоізоляційного емалевого прошарку товщиною 0,5 мм на поверхню нижнього охолоджуваного поясу за наявності охолодження цієї поверхні дозволяє підняти температуру робочої поверхні гільзи в нижній її частині на $10-20^\circ\text{C}$.

Варіант Г. Були змодельовані умови, направлені на більш значне обмеження тепловідведення. При цьому відключення охолодження на ділянці верхнього поясу з оребренням веде до зростання температур на ділянці роботи компресійних кілець до рівня $160-165^\circ\text{C}$ у верхній її частині і до $145-155^\circ\text{C}$ у нижній.

За результатами розрахунків рекомендовано запровадити локальне рідинне охолодження верхнього поясу та використання теплоізоляційного емалевого покриття [2].

В роботі [3] розглядаються результати проведеного порівняльного аналізу теплового стану циліндрових гільз дизеля 4ЧН12/14, виготовлених з чавуну СЧ21-40 (серійний варіант) та з алюмінієвого сплаву (дослідний зразок). Для дослідного варіанта пропонується для виготовлення гільзи, з посиленням на патент [4], використання алюмінієвого сплаву з корундовим прошарком на внутрішній робочій поверхні гільзи. Зазначається [3], що нанесення покриття потребує використання оригінальних технологій. Автори [3] в даному випадку посиляються на публікацію [5], в якій наведено опис оригінальної технології утворення корундового прошарку на поверхні деталей з алюмінієвих сплавів. Технологія розроблена на кафедрі ДВЗ НТУ «ХП», тривалі ресурсні випробування поршнів з корундовим прошарком підтвердили високу ефек-

тивність технології, можливість використання алюмінієвих гільз з корундовим прошарком [5].

За результатами розрахунків [3] було встановлено, що максимальні температури у верхній частині гільз складають: 263 °С для чавунної та 195°С для дослідної з алюмінієвого сплаву. Значення температур в зоні опорного бурта становлять, відповідно, 207°С і 170°С. Температури гільз в нижній їх частині практично однакові і складають 95-100°С.

Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є вдосконалення конструкції циліндро-поршневої групи сучасних дизелів автотракторного типу.

В дослідженні вирішувалися такі задачі:

- аналіз та вибір конструктивних рішень, які впливають на розподіл температур по висоті робочої поверхні гільзи;
- розрахункове моделювання теплонапруженого стану для вибраних конструктивних варіантів циліндрових гільз.

Основні результати дослідження

В проведеному розрахунковому моделюванні ТНС циліндрової гільзи дизеля 4ЧН12/14 на номінальному режимі навантаження розглядалися такі варіанти.

1. Гільза з алюмінієвого сплаву АЛ19 виготовлена, як і для інших варіантів, за кресленнями серійної гільзи дизеля. На робочій поверхні утворено корундовий зносостійкий прошарок товщиною 0,2 мм. Передбачається використання технології мікродугового оксидування (МДО), детальний опис технологічного процесу наведено в роботі [6]. Залежно від організації технологічного процесу, його параметрів прошарок в певних співвідношеннях містить структури $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ і $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Зносостійкий корундовий прошарок товщиною 0,2 мм застосовується і для інших варіантів.

2. На гільзі за варіантом 1, на зовнішній її поверхні між верхнім і нижнім посадочними поясами, яка контактує з охолоджуючою рідиною, нанесене теплоізоляційне емалеве покриття товщиною 0,5 мм.

3. На гільзі за варіантом 1, на охолоджуваній поверхні нанесене емалеве покриття зі сторони верхнього посадочного поясу на відстані 63 мм від нього (половина охолоджуваної площі). Зі сторони нижнього посадочного поясу, на такий же відстані від нього, товщина стінки гільзи збільшена на 1 мм.

4. На гільзі за варіантом 1, товщина стінки всієї охолоджуваної поверхні збільшена на 1 мм.

При моделюванні ТНС приймаємо ГУ задач теплопровідності та механіки, відпрацьовані при проведенні моторних експериментів, для серійної чавунної гільзи. Особливості задання ГУ розгляда-

ються в публікації [7]. Розрахунки ТНС для окремих конструктивних варіантів циліндрових гільз виконуються методом скінчених елементів з використанням програмного забезпечення KROK (розробник ІПМаш АН України, м. Харків). Для проведення порівняльного аналізу теплового стану дослідних зразків гільз з алюмінієвого сплаву з іншими конструктивними варіантами, наприклад таких, які розглядалися вже раніше [7], було збережене розміщення контрольних точок по висоті гільзи (рис.1).

Результати розрахунків теплового стану дослідних зразків циліндрових гільз (варіанти 1-4) об'єднані в табл.1. В табл. 1 також наведені значення температур в контрольних точках серійної гільзи (матеріал - чавун СЧ21-40).

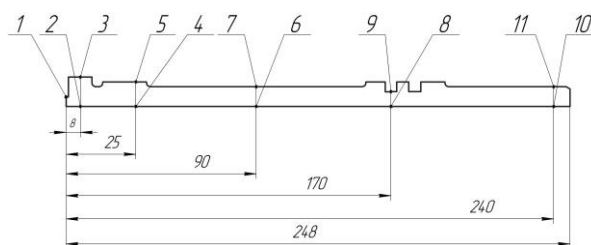


Рис. 1. Схема розміщення контрольних точок

Таблиця 1. Значення температур в контрольних точках циліндрової гільзи дизеля 4ЧН12/14 на номінальному режимі навантаження

№ точки	Варіант розрахунку				Серійна гільза
	1	2	3	4	
1	215	229	228	215	278
2	200	215	214	200	250
3	179	192	191	179	202
4	180	190	188	159	182
5	155	166	164	140	139
6	119	183	150	132	125
7	106	101	99	102	102
8	107	144	119	121	138
9	100	143	117	119	134
10	120	133	116	117	120
11	119	133	116	117	119

Як зазначалося, основною задачею даного етапу дослідження є вибір конструктивних рішень, які б наближали профіль температур робочої поверхні гільзи до оптимального, з температурами 160-180°С на ділянці роботи компресійних кілець (точки 4,6,8). Проаналізуємо отримані результати з точки зору вирішення цієї основної задачі.

Варіант 1. Використання алюмінієвого сплаву АЛ19 замість чавуну СЧ21-40 для виготовлення гільзи дає очікуваний результат щодо зменшення

температур по всіх контрольним точкам. В той же час більш високі коефіцієнти теплопровідності сплаву АЛ19 ($\lambda=120-160$ Вт/(м·К)) у порівнянні з чавуном СЧ21-40 ($\lambda=45-50$ Вт/(м·К)) сприяють більш інтенсивному тепловідведенню в систему охолодження. Температури робочої поверхні гільзи на більшій частині ходу поршня далекі від оптимальних значень (точка 6 – 119 °С, точка 8 – 107 °С), що свідчить про переохолодження гільзи на цій ділянці, необхідності збільшення термічного опору стінки.

Варіант 2. Нанесення емалевого покриття на зовнішню поверхню гільзи товщиною 0,5 мм ($\lambda=0,8-0,85$ Вт/(м·К)) помітно знижує інтенсивність тепловідведення в систему охолодження по всій висоті робочої поверхні (точка 4 – 190 °С, точка 6 – 183 °С, точка 8 – 144 °С). Отриманий температурний профіль і в даному випадку не є оптимальним. Як можливе рішення, з урахуванням отриманих результатів, може розглядатися варіант з нанесенням емалевого прошарку змінної товщини по висоті гільзи або ж лише на нижній частині теплообмінної поверхні. Слід зазначити, що товщина 0,5 мм є максимально можливою, її збільшення призводить до зростання термічних градієнтів і напружень, руйнування емалевого прошарку [8].

Варіант 3. Збільшення товщини стінки гільзи на 1 мм на ділянці теплообміну, яка безпосередньо контактує з охолоджуючою рідиною, наближає отриманий температурний профіль до оптимального, але переохолодженою залишається нижня частина гільзи (точка 8 – 119 °С). При цьому ефект від застосування емалевого покриття більш суттєвий, ніж збільшення товщини стінки.

Варіант 4. При нанесенні на частині охолоджуваної поверхні гільзи емалевого покриття і збільшенні в нижній частині поверхні товщини стінки на 1 мм профіль температур також наближається до оптимального, але необхідні додаткові заходи, направлені на підвищення температур робочої поверхні гільзи в нижній її частині (точка 6 – 132 °С, точка 8 – 121 °С). Серед таких заходів може розглядатися одночасне збільшення товщини стінки в нижній частині гільзи і нанесення на цій потовщеній стінці емалевого покриття.

Висновки

Аналіз результатів проведеного розрахункового етапу дослідження дозволив оцінити вплив на температурний профіль робочої поверхні циліндрової гільзи швидкохідного дизеля таких конструктивних факторів як матеріал гільзи, наявність теплоізолюючого емалевого покриття на зовнішній поверхні гільзи, а також збільшення товщини стінки гільзи на ділянці теплообмінної поверхні, яка

контактує з охолоджуючою рідиною. Отримані результати дозволяють визначити подальші шляхи удосконалення конструкції гільзи з метою отримання оптимального температурного профілю робочої поверхні гільзи.

Список літератури:

1. Триньов О.В. Експериментальне дослідження теплового стану циліндрової гільзи швидкохідного дизеля / О.В. Триньов, Д.Г. Сівих, Р.Ю. Бугайцов // Двигатели внутреннего сгорания. – 2018. – №1. – С.43-48.
2. Триньов О.В. Оптимізація теплового стану циліндрової гільзи середньообертового суднового дизеля / О.В. Триньов, Р.Ю. Бугайцов // Двигатели внутреннего сгорания. – 2018. – №2. – С.40-47.
3. Марченко А.П. Дослідження впливу матеріалу гільзи швидкохідного дизеля на її температурний стан / А.П. Марченко, В.О. Пильов, В.В. Шпаковський та інші // Двигатели внутреннего сгорания. – 2009. – №2. – С.51-53.
4. Патент №2006033959, Японія, МКІ С23 с 4/18. Способ обработки рабочих поверхностей цилиндров двигателя. Surfase processing / Заявитель и патентообладатель Nissan Motor Co. Ltd; заявл. 02.02.2007; опубл. 22.08.2007
5. Шпаковський В.В. Повышение ресурса цилиндро-поршневой группы теплового дизеля образованием корундового слоя на поверхности поршней / В.В. Шпаковский, А.П. Марченко, И.В. Парсаданов, В.А. Пылев // Локомотив информ. – 2007. – С.28-30.
6. Шпаковский В.В. Повышение ресурса и снижение расхода топлива ДВС путем применения частично-динамической теплоизоляции камеры сгорания: учеб.пособие / В.В. Шпаковский. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 132с.
7. Тринева А.В. Расчетное моделирование оптимального теплового состояния гильзы цилиндра быстроходного дизеля / А.В. Тринева, В. И. Калантай // Двигатели внутреннего сгорания. – 2012. – №1. – С.35-41.
8. Триньов О.В. Конструктивні засоби оптимізації теплонапруженого стану циліндрової гільзи швидкохідного дизеля / О.В. Триньов, В.В. Коростиченко, Р.Ю. Бугайцов // Двигатели внутреннего сгорания. – 2017. – №2. – С.29-34.

Bibliography (transliterated):

1. Trinov O.V., Sivich D.G., Bugytsov R.Yu., (2018), Experimental study of the thermal state of a cylinder sleeve of a high-speed diesel engine, [Eksperimental'ne doslidzhennja teplovogo stanu cilindrovoi gil'zi shvidkohidnogo dizelja], Internal combustion engines, №1, pp. 43-48.
2. Trinov O.V., Bugytsov R.Yu. (2018), Optimization of the thermal state of a cylinder sleeve of a medium-rotor marine diesel engine, [Optimizacija teplovogo stanu cilindrovoi gil'zi seredn'oobertovogo sudnovogo dizelja], Internal combustion engines, №2, pp.40-47.
3. Marchenko A.P., Pylov V.O., Shpakovsky V.V. and others (2009), Investigation of the influence of the material of a high-speed diesel engine sleeve on its temperature state, [oslidzhennja vplivu materialu gil'zi shvidkohidnogo dizelja na ii temperaturnij stan], Internal combustion engines, No. 2, pp.51-53.
4. Nissan Motor Co. Ltd. 2007. Surfase processing. JP. Pat. №2006033959.
5. Shpakovsky V.V., Marchenko A.P., Parsadanov I.V., Pylev V.A. (2007), Improving the service life of a cylinder-piston group of a diesel engine to form a corundum layer on the surface of the pistons, Locomotive Inform, pp.28-30.
6. Shpakovsky V.V., (2012), Increasing the resource and reducing the fuel consumption of the internal combustion engine through the use of partial-dynamic thermal insulation of the combustion chamber: study guide, [ovyshenie resursa i snizhenie rashoda topliva DVS putem primenenija chastichno-dinamicheskoj teploizoljacji kamery sgoranija: ucheb.posobie], Kharkov: NTU "KPI", 132p.
7. Trineva A.V.,

Kalantay V. I. (2012), *Computational modeling of the optimal thermal state of the cylinder liner of a high-speed diesel engine*, *Internal Combustion Engines*, №1, pp. 35-41. 8. I. Trinov O.V. Korostichenko V.V., Bugytsov R.Yu. (2017), *Constructive means for optimizing*

the heat-leaky state of a cylinder sleeve of high-speed diesel, [Konstruktivni zasobi optimizacii teplonapruzhenogo stanu cilindrovoi gil'zi shvidkohidnogo dizelja], *Internal combustion engines*, №2, p. 29-34.

Надійшла до редакції 01.06.2019 р.

Триньов Олександр Володимирович – канд. техн. наук, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння Національного технічного університету «ХПІ», Харків, Україна, e-mail: atrinev@gmail.com

Кравченко Сергій Сергійович – канд. техн. наук, науковий співробітник кафедри двигуни внутрішнього згоряння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, orcid: 0000-0003-3250-8645, e-mail: kravc4enkoser@gmail.com.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИЛИНДРОВОЙ ГИЛЬЗЫ

А.В. Тринев, С.С. Кравченко

Целью проведенного расчетного исследования является совершенствование конструкции цилиндровой гильзы быстроходного автотракторного дизеля, улучшение экономических показателей за счет достижения оптимального распределения температур на высоте рабочей поверхности гильзы. Рассматриваются такие конструктивные меры как применение алюминиевых сплавов с высокой теплопроводностью и износостойким корундовым покрытием рабочей поверхности, нанесение теплоизолированного эмалевого покрытия на внешнюю поверхность гильзы между верхним и нижним посадочными поясами, которая контактирует с охлаждающей жидкостью, а также увеличение толщины стенки всей охлаждаемой поверхности. Износостойкий корундовый слой толщиной 0,2 мм применяется для всех перечисленных конструктивных мер. Показано, что использование алюминиевого сплава АЛ19 вместо чугуна СЧ21-40 для изготовления гильзы дает ожидаемый результат по уменьшению температур по всем контрольным точкам, однако температуры рабочей поверхности гильзы на большей части хода поршня далеки от оптимальных значений. Нанесение эмалевого покрытия на внешнюю поверхность гильзы толщиной 0,5 мм заметно снижает интенсивность теплоотвода в систему охлаждения по всей высоте рабочей поверхности. Полученный температурный профиль и в данном случае не является оптимальным. Увеличение толщины стенки гильзы на 1 мм на участке теплообмена, которая непосредственно контактирует с охлаждающей жидкостью, приближает полученный температурный профиль к оптимальному, но переохлажденной остается нижняя часть гильзы. При этом эффект от применения эмалевого покрытия более существенный, чем увеличение толщины стенки. При нанесении на части охлаждаемой поверхности гильзы эмалевого покрытия и увеличении в нижней части поверхности толщины стенки на 1 мм профиль температур также приближается к оптимальному, но необходимы дополнительные меры, направленные на повышение температур рабочей поверхности гильзы в нижней ее части.

Ключевые слова: дизель; алюминиевая гильза; эмалевое покрытие; корундовый слой; теплонапряженное состояние; температурное поле.

INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE FACTORS ON THE HEAT CONDITION OF THE CYLINDERS

O.V.Trinev, S.S. Kravchenko

The purpose of the performed design study is to improve the design of the cylinder sleeve of high-speed automotive diesel engine, improve the economic performance by achieving optimal temperature distribution at the height of the working surface of the sleeve. Constructive measures such as the use of aluminum alloys with high thermal conductivity and wear-resistant corundum coating of the working surface, the application of heat-insulated enamel coating on the outer surface of the liner between the upper and lower landing zones, which is in contact with the coolant, as well as the increase in wall thickness of the entire cooled surface are considered. A wear-resistant corundum layer with a thickness of 0.2 mm is applied to all of the listed structural measures. It is shown that the use of aluminum alloy AL19 instead of cast iron SCH21-40 for the manufacture of sleeves gives the expected result of reducing the temperature at all control points, but the temperature of the working surface of the liner on most of the piston stroke is far from optimal values. The application of the enamel coating on the outer surface of the sleeve with a thickness of 0.5 mm significantly reduces the intensity of the heat sink to the cooling system over the entire height of the working surface. The resulting temperature profile in this case is not optimal. Increasing the liner wall thickness by 1 mm in the heat exchange section, which is in direct contact with the coolant, brings the resulting temperature profile closer to the optimum one, but the lower part of the liner remains supercooled. The effect of the use of enamel coating is more significant than the increase in wall thickness. When the enamel coating is applied to parts of the cooled surface of the liner and the wall thickness increases by 1 mm in the lower part of the surface, the temperature profile also approaches the optimal one, but additional measures are needed to increase the temperatures of the liner working surface in its lower part.

Key words: diesel; aluminum sleeve; enamel coating; corundum layer; heat-stressed state; temperature-field.