

АНОТАЦІЯ

Нгуен Ван Зионг. Розробка конструкції поршня середньообертового дизеля із застосуванням модернізованого методу визначення термонапруженого стану. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 – «Енергетичне машинобудування». - Національному аерокосмічному університеті М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, 2020.

Дисертаційна робота присвячена актуальному питанню розробки методу комп'ютерно-інтегрованого проектування складених поршнів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), визначенню їх температурного та складного напружено-деформованого стану на сталих і перехідних режимах роботи дизеля, ресурсній міцності. Об'єктом дослідження є робочі процеси, процеси теплообміну, поля температур та напружень, профіль поршня в умовах стаціонарної і нестаціонарної роботи дизелів. Предметом дослідження є закономірності, що характеризують теплообмін у циліндро-поршневій групі, його вплив на температурний, напружено-деформований стан поршня і ресурс дизелів середньої швидкості.

В роботі виконано аналіз сучасних конструкцій поршнів та методів і моделей для визначення температурного і складного напруженого стану поршня на сталих і перехідних режимах роботи двигуна.

Запропоновано нову конструкцію поршня дизеля типу Д-100, маса якого зменшена на 17 кг (з 39 до 22) з яких 4 кг – за рахунок застосування розробленої методики дослідження.

Запропоновано алгоритм визначення граничних умов (ГУ) на поверхні поршня. Показано, що при визначенні ГУ для нестаціонарних режимів роботи необхідно враховувати час перехідного процесу. Визначено закономірності, що визначають зміну температури поршня з плином часу під час прогрівання двигуна внаслідок зміни теплових властивостей охолоджуючих робочих рідин (антифризу та масла). Моделі ГУ розроблено для всіх поверхонь поршня – камери згоряння (КЗ)

через модель робочого процесу; внутрішньої поверхні, що охолоджується маслом; бокової поверхні через контакт або зазор з циліндром, що в свою чергу охолоджується антифризом.

ГУ на поверхні КЗ. Розроблено програму теплового розрахунку робочого процесу. Це дало можливість досліджувати модельний робочий процес із застосуванням відомих α -формул. Показано, що α -формула Г. Б. Розенбліта більш за все підходить для досліджень дизеля типу Д-100. Запропоновано спрощений алгоритм для визначення ГУ на поверхні КЗ поршня.

ГУ на внутрішній поверхні. ГУ на внутрішній поверхні днища поршня визначено за двома методами: перший метод – класичний, поршень нерухомий, і рух охолоджуючого масла визначено по швидкості витікання і силі тяжіння з урахуванням в'язкості. Другий – рух масла визначено по руху його щодо поршня з урахуванням змінного прискорення поршня. Результати моделювання показали, що для прогнозування температурних полів поршнів складної конструкції з масляним охолодженням (запропонована конструкція) або поршнів з інерційним охолодженням, другий метод є більш точним.

ГУ на боковій поверхні поршня також визначено за двома методами: перший – робоче тіло в зазорах рухається з постійною швидкістю; другий – робоче тіло в зазорах рухається зі змінною швидкістю, і його швидкість залежить від руху поршня. Результати, отримані за двома методами, відрізняються незначно. Запропоновано формули для визначення коефіцієнта тепловіддачі газів в зазорах зі стінкою поршня.

Результати розрахунків показали можливість використання спрощеного алгоритму і використання результатів дослідження для розрахунку ГУ при визначенні температурного, складного напруженого стану та ресурсної міцності поршня на сталих режимах і в перехідних процесах роботи дизеля. Результати прогнозування полів температур і напружень показали, що нова конструкція холодніше до 40К (на поверхні КЗ поршня), а напруження менші до 30 МПа (на поверхні КЗ поршня).

Запропонована технологія комп'ютерно-інтегрованого проектування дозволяє прискорити процес проектування на його початкових етапах з дотриманням концепції гарантованого забезпечення ресурсної міцності поршня.

Зазначені результати запропоновано до впровадження в ДП «З-д ім. Малишева», що є виробником двигунів цього класу. Результати впроваджено в навчальному процесі кафедри конструкцій авіадвигунів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є Жуковського «ХАІ». також в практику наукових досліджень кафедри.

Ключові слова: дизель, газообмін, теплообмін, поршень, граничні умови, математична модель, термонапружений стан, ресурс, перехідний режим.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

1. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Метод прогнозирования полей температур и напряжений поршня ДВС. Система и средства транспорта. Проблемы эксплуатации и диагностики: монография. Херсон : ХДМА, 2019. С. 9-27. (Особистий внесок – взяв участь у створенні методу обчислення граничних умов в зазорах кілець та внутрішній площині поршня, що охолоджується мастилом, провів моделювання теплових та напружених полів поршня, брав участь в узагальненні результатів моделювання та підготовці розділу монографії).
2. Разработка конструкции «лёгкого» поршня для дизелей типа Д100 / А. В. Белогуб, В. З. Нгуен, О. Ю. Линьков, С. А. Кравченко // Двигатели внутреннего сгорания. 2016. №1. С. 50-55. URL : <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/23480> (Особистий внесок – провів геометричне моделювання запропонованої конструкції, виконав моделювання складного напружено-деформованого стану поршня, брав участь в узагальненні результатів та підготовці статті).
3. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Расчёт процесса теплоотдачи в дизельном двигателе типа Д-100 с использованием известных α -формул. Двигатели внутреннего

- сторання. 2018. №1. С. 14-20. URL: <http://dvs.khpi.edu.ua/article/view/0419-8719.2018.2.03/142307> (Особистий внесок – розробив програму розрахунку робочого процесу двотактного дизеля типу Д100, брав участь в моделюванні граничних умов в циліндрі, та підготовці статті).
4. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Определение граничных условий для расчёта термонапряженного состояния поршня. Авиационно-космическая техника и технология. 2019. № 1. С. 39-47. URL: https://www.researchgate.net/publication/331659473_OPREDELENIE GRANICNYH_USLOVIJ_DLA_RASCETA_TERMONAPRAZENNOGO_SOSTOYANIYA_PORSHNYA (Особистий внесок – брав участь в моделюванні ГУ умов на поверхнях поршня, обробці результатів моделювання, узагальненні результатів та підготовці статті).
5. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Термические сопротивления в зазорах цилиндропоршневой группы и их влияние на температурное поле поршня дизеля типа Д100. Вестник Двигателестроения. 2019. № 2. С. 166-174. URL: <http://vd.zntu.edu.ua/article/view/180349> (Особистий внесок – взяв участь в створенні методу обчислення ГУ в зазорах циліндропоршневої групи, брав участь в обробці, узагальненні результатів моделювання ГУ в зазорах та підготовці статті).
6. Nguyen Van Duong, Bilohub O., Martseniuk Ye. Thermal-Stress State of the Piston During Transient Diesel Operation, Synthesis of the Piston Profile. Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering, AISC 1113, pp. 310-324. 2020. URL: <https://www.springerprofessional.de/en/thermal-stress-state-of-the-piston-during-transient-diesel-opera/17542334> (Особистий внесок – брав участь в створенні запропонованих методик моделювання нестационарних навантажень на поршень; обробці та узагальненні результатів розрахунку напружено-деформованого стану).
7. A Bilohub Analysis of heat transfer coefficients for simulation of the heat exchange between oil and the internal cavity faces of the isolated piston at variable gravity conditions [Text] / A Bilohub, N Van Duong, F Sirenko, V Savchuk, I Bilousov, R

- Symonenko and I Zajačko // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 776 (2020) 012020. – 2020. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/776/1/012020>. (Особистий внесок – взяв участь у створенні методу визначення граничних умов в внутрішній площині поршня, що охолоджується маслом, обробці результатів моделювання, узагальненні результатів та підготовці статті)
8. Альтернативный поршень для двухтактных дизелей типа Д100 / А. В. Белогуб, В. З. Нгуен, О. Ю. Линьков, С. А. Кравченко. XXI Міжнар. конгрес двигунобудівників : тез. доп. Національний аерокосмічний ун-т «Хар. авіац. ін-т». Харків, 2016. С. 44-45.
 9. Нгуен, В. З. Поршень для двухтактных дизелей типа Д100. Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні. ІКТМ-2016 : тез. докл. Всеукраїнської наук.-техн. конф. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2016. Т. 1. С. 87-89.
 10. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Анализ применимости известных α -формул теплоотдачи от рабочего тела к внутренним поверхностям цилиндра для дизеля типа Д100. XXIII Міжнар. конгрес двигунобудівників : тез. доп. Національний аерокосмічний ун-т «Хар. авіац. ін-т». Харків, 2018. С. 52.
 11. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Анализ использования известных α -формул при моделировании рабочего процесса дизеля типа Д100. Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні. ІКТМ-2018 : тез. докл. Всеукраїнської наук.-техн. конф. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2018. Т. 1. С. 113.
 12. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Разработка программы расчета рабочего процесса типа Д100 . Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні. ІКТМ-2018 : тез. докл. Всеукраїнської наук.-техн. конф. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2018. Т. 1. С. 112.
 13. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Определение граничных условий для расчета термонапряженного состояния поршня ДВС на примере двигателей типа Д100. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти

- профессоров Фомина Ю. Я. и Семенова В. С., 24-28 апреля 2019 г. Одесса, 2019. С. 224.
14. Нгуен В. З., Белогуб А. В. Моделирование параметров теплопередачи в зазорах цилиндропоршневой группы 2-тактного дизеля и их влияние на температурное поле поршня. XXIV Міжнар. конгрес двигунобудівників : тез. доп. Національний аерокосмічний ун-т «Хар. авіац. ін-т». Харків, 2019. С. 52-53.
15. Nguyen Van Duong, Bilohub O., Martseniuk Ye. Thermal-Stress State of the Piston During Transient Diesel Operation, Synthesis of the Piston Profile. International Scientific and Technical Conference Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering (ICTM 2019). URL: <https://khai.edu.ua/nauka/konferentsiyi/iktm1/>.

ANNOTATION

Nguyen Van Duong. Piston of a medium-speed diesel engine construction designing using the modified method of thermal-stress state analysis. Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy Degree in Specialty 142 - "Energy Engineering". - National Aerospace University. Zhukovsky ME Kharkiv Aviation Institute, Kharkov, 2020.

The paper deals with the existing and proposed methods of modeling the temperature and thermal stress of the composite piston on a constant and transient modes of diesel operation, the use of which allowed to offer a new design of the piston diesel type D-100 whose weight is reduced by 45% (up to 22 kg).

An algorithm for the process of determining boundary conditions (BC) for pistons is proposed. It is shown that the transition time should be taken into account when determining the BC for non-stationary modes of operation. For this purpose, the temperature of the piston, the thermal properties of the working fluid and the means of cooling over time are determined. The BC models are designed for all piston surfaces -

combustion chambers (CC) - through a workflow model; internal - oil-cooled; lateral - subject to clearance and / or contact.

BC on short circuit is defined by the developed program of thermal calculation of the work process, which allowed to study the model process using known formulas of heat exchange (α -formulas). It has been shown that the GB-Rosenblitt α -formula is best suited for D-100 diesel studies. BC on the inner surface of the piston is determined by the variable acceleration of the piston. BC on the side surface is determined by the variable speed of gas movement in the gap. Formulas for determining the coefficient of heat transfer of gases in the gaps with the piston wall are proposed.

Simulation at all stages of work was carried out for both the proposed and for comparison for the standard piston. It is shown that the new design is colder up to 40K (on the surface of the piston CS) and voltage less than 30 MPa (on the surface of the piston CS).

These results are implemented in the practice of scientific research and in the educational process of the Department of Aircraft Structures of the National Aerospace University. M. Zhukovsky "KhAI".

Keywords: diesel, gas exchange, heat transfer, piston, boundary conditions, mathematical model, thermal state, transition, resource.