

біопаливо для транспортних засобів, що працюють на природному газі. Завдяки виробленому об'єму VERBIO постачає понад 100 із 900 заправних станцій природного газу в Німеччині, що робить її безперечним лідером ринку в цьому сегменті.

Висновки. Для України край важливе покращувати енергонезалежність. Одним з засобів цього є використання різних сортів біопалива в одному циклі. Пропонується технологія комплексного виробництва біоетанолу та біогазу.

ЛІТЕРАТУРА

1. CropProductionofUkraine2019.StatisticalYearbook.Kyiv,Ukraine.2020.Availableonline:http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/04/zb_rosl_2019.pdf (accessedon15May2021).
2. AgricultureofUkraine.StatisticalYearbook.Kyiv,Ukraine.2020.Availableonline:http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/09/Zb_sg_2018%20.pdf (accessedon15May2021).
3. Ukraine Become World's Second Grain Exporter. Available online: <https://www.ukrinform.net/rubric-economy/3176698-ukraine-becomes-worlds-second-largest-grain-exporter.html>(accessedon14June2021).
4. New VERBIO Plant for the Production of Biomethane from 100 Percent Straw Commissioned as Scheduled. Available online: <https://www.verbio.de/en/press/news/press-releases/new-verbio-plant-for-the-production-of-biomethane-from-100-percent-straw/>(accessedon11April2020).

Complex Production Of Alternative Fuels To Improve The Energy Security Of Ukraine

Semenov Mykola. Shapovalov Yuriy

Admiral Makarov National Shipbuilding University Mykolaiv, Ukraine

Havrysh Valeriy

Mykolayiv National Agrarian University,

The solution to the problem of energy security of Ukraine through integrated production of various types of biofuels is presented. It is proposed to use the remains of wheat, which cannot be used in connection with the carriage position. The comprehensive processing of wheat into various types of biofuel is considered.

Key words: bioenergy, biofuel, biodiesel, bioethanol, wheat, economic effect.

УДК 62-242

ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ І ЧАСТОТ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ПОРШНІВ ТЕПЛОВИХ МАШИН

Ткач М. Р.

доктор технічних наук, професор

завідувач кафедри інженерної механіки та технології машинобудування

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова,

м. Миколаїв, Україна

mykhaylo.tkach@gmail.com

Золотий Ю. Г.

завідувач лабораторії кафедри інженерної механіки та технології машинобудування

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова,

goldspekl@ukr.net

Галинкін Ю. М.

кандидат технічних наук,

викладач кафедри інженерної механіки та технології машинобудування

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова,

м. Миколаїв, Україна

yurii.galynkin@nuos.edu.ua

Анотація. У роботі визначено форми власних коливань та відповідні їм частоти поршня автомобільного компресора діаметром 60,0 мм та висотою 50,0 мм. Дослідження проведено експериментально, методом спеклінтерферометрії реального часу, що дозволило отримати ряд форм безпосередньо для досліджуваного об'єкта. Побудована твердотільна модель у програмному комплексі Solidworks та визначені форми власних коливань шляхом комп'ютерного моделювання. Встановлено, що найбільш достовірні результати вдається отримати при комбінації експериментальних методів та розрахунку в сучасних комп'ютерних системах.

Ключові слова: власні коливання, частоти коливань, поршень, електронна спеклінтерферометрія, комп'ютерне моделювання.

Вступна частина. В більшості моделей двигунів внутрішнього згорання та компресорів об'ємного типу використовується кривошипно-шатунний механізм. Однією з найбільш навантажених деталей такого механізму, і машини в цілому, є поршні, оскільки саме вони сприймають теплову енергію робочого тіла, виконуючи про цьому зворотно-поступальний рух. При цьому на поршні діють змінні в часі газодинамічні навантаження та сили інерції. Оскільки характер зміни цих сил у часі визначається частотою обертання колінчастого валу, вони мають періодичний характер. Окрім того періодичний характер мають сили, що діють на поршень при перекиданні його з однієї сторони втулки робочого циліндру на іншу. Сумарна дія всіх зазначених сил викликає вібрацію поршнів. При збігу частоти зовнішнього впливу з однією з власних частот поршня виникає резонанс, що супроводжується збільшенням амплітуд коливань і різким зростанням вібраційних напружень в ньому.

Резонансні коливання можуть призвести до появи тріщин, розвиток яких тягне за собою можливість поломки юбки або навіть донця поршня. Місця виникнення втомних тріщин визначають за лініями найбільших напружень (відповідних лініям найбільшої кривизни) деталі, що коливається.

Таким чином, визначення форм і частот власних коливань дозволяє визначити резонансні режими роботи поршня; визначити найбільш небезпечні місця щодо появи тріщин; при відпрацюванні машини вжити заходів для запобігання роботі на небезпечних резонансних режимах.

Метою роботи є експериментальне та теоретичне визначення форм і частот власних коливань поршня компресору об'ємного типу.

Основна частина. Об'єктом досліджень обрано поршень автомобільного компресору об'ємного типу діаметром 60,0 мм та висотою 50,0 мм.

Експериментальне визначення проведено методом електронної спеклінтерферометрії реального часу на розробленому та запатентованому обладнанні Національного університету кораблебудування [1], схема експериментального стенду наведена на рис. 1.

Джерелом когерентного світла є твердотільний лазер 1 з діодною накачкою (DPSS) з потужністю випромінювання 50 мВт і довжиною хвилі $\lambda = 0,532$ мкм. За допомогою мікролінзи 2 лазерний промінь розширюється і розділяється світлорозділювачем 3 на пропущений і відбитий. Пропущений промінь освітлює консольно закріплену в затискному

пристрої 5 поверхню досліджуваного об'єкта 4, розсіюється її поверхнею і утворює дифузну предметну хвилю.

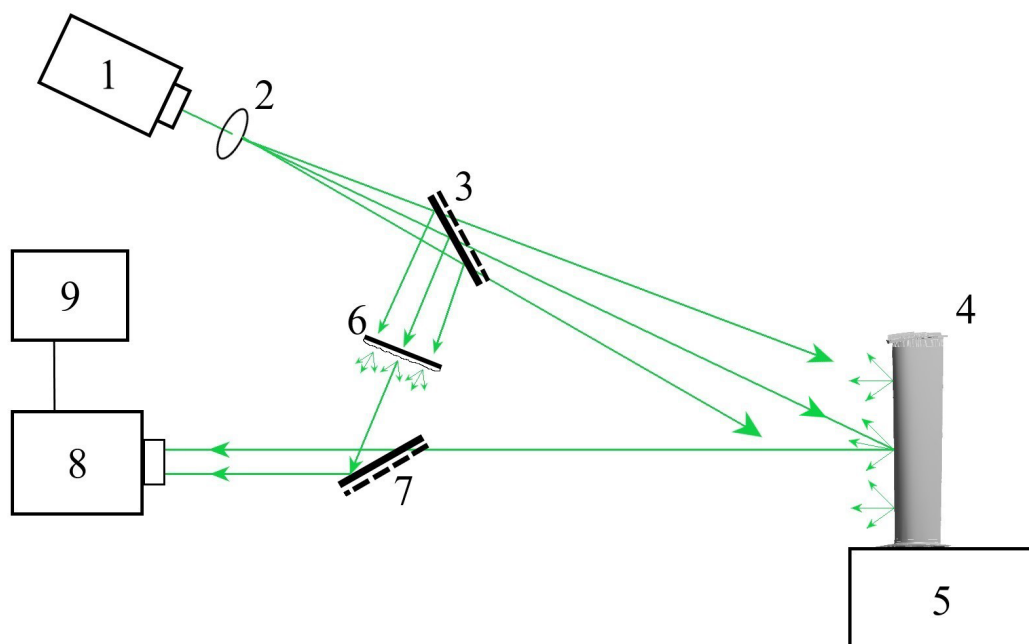


Рис. 1. Оптична схема експериментального стенду:

1 - лазер; 2 - мікролінза; 3, 7 - світлорозділювачі; 4 - досліджуваний об'єкт; 5 - затискний пристрій; 6 - трансмісійний дифузор; 8 - відеокамера; 9 - персональний комп'ютер.

Віброзбудження досліджуваного об'єкта здійснюється п'єзокерамічним віброперетворювачем, на який подається синусоїдальний сигнал звукового генератора, посилений підсилювачем низької частоти. Промінь світла, відбитий світлорозділювачем 3, розсіюється пропускаючим дифузором 6 і створює дифузну опорну хвилю. Об'єктний і опорний промені, об'єднані світлороздільником 7 і об'єктивом камери 8, утворюють результуюче спекл-поле – спекклограму на світлочутливій матриці. Більш детальний опис схеми експериментального стенду, а також методу отримання та обробки голограм наведено в [2].

Результатом експериментального дослідження є ряд форм коливань, деякі з них наведено на рис. 2.

Чисельне моделювання дозволяє узагальнити результати експериментальних досліджень, настроїти модель по отриманим експериментально формам, розширити досліджуваний діапазон зі значно зменшеними витратами часу та економією ресурсу лабораторного обладнання. Для його проведення використовується ліцензійний програмний комплекс Solidworks. Так Solidworks використовує чисельний метод аналізу технічних конструкцій – метод кінцевих елементів (МКЕ), суть якого полягає в розділенні віртуальної твердотільної моделі на багато малих частин простих форм (їх називають елементами), що дозволяє ефективно замінити складне рішення кількома простими.

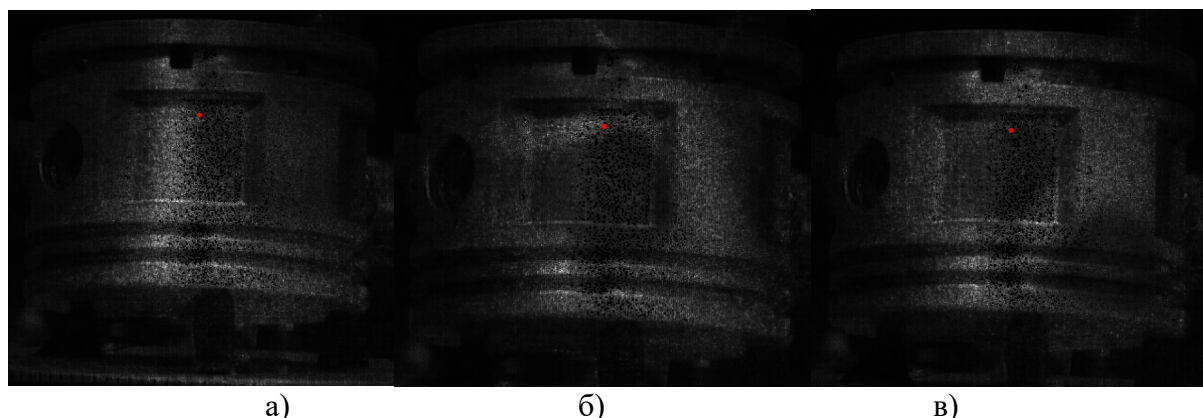


Рис. 2. Форми коливань поршня отримані експериментально, частота:
а) 5854; б) 29050 Гц; в) 40168;

Поведінка кожного елемента за всіма можливими комбінаціями граничних умов та навантажень коректно описана математичними рівняннями у програмному комплексі Solidworks. Метод кінцевих елементів використовує елементи різних форм. Діюча сила у будь-якій точці елемента інтерполюється з реакціями вузлів елементів. Кожен вузол повністю описується рядом параметрів, які залежать від типу виконуваного розрахунку та використовуюваного елемента [3].

Solidworks використовує рівняння, що описують поведінку кожного елемента з огляду на його з'єднання з іншими елементами. Ці рівняння пов'язують діючі сили з відомими властивостями матеріалу, граничними умовами та навантаженнями. Далі програма впорядковує рівняння у велику систему спільних алгебраїчних рівнянь і знаходить невідомі.

Для визначення власних форм використовується твердотільна модель, розроблена на основі робочого креслення. Тип сітки – сітка на твердому тілі, спосіб розбивання – сітка на основі кривизни, максимальний розмір комірки 7,63 мм, мінімальний 1,53, якість сітки – висока. Тип програми рішення FFEPlus. Матеріал – алюмінієвий сплав: щільність 2700 кг/м^3 , модуль пружності: $6,9 \times 10^{10} \text{ Н/м}^2$, коефіцієнт Пуассона: 0,33

Результатом досліджень є ряд форм, деякі з них наведено на рисунку 3, всього у діапазоні 50...40000 Гц отримано 49 форм коливань.

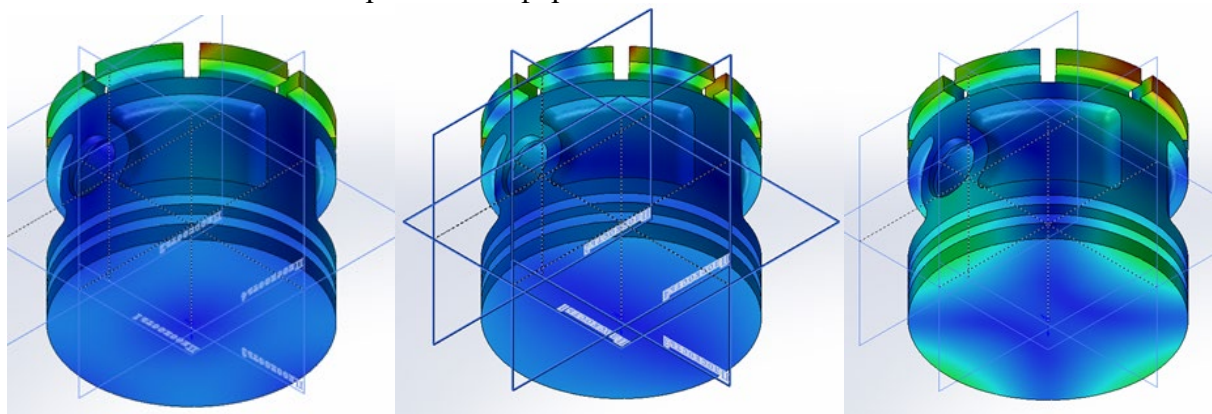


Рис. 3. Форми коливань поршня отримані шляхом розрахунку у програмному комплексі Solidworks, частота
а) 21575 Гц, б) 24193 Гц, в) 29083 Гц

Висновки. Отримано ряд власних форм коливань та визначено відповідні частоти експериментально у діапазоні 50...40 000 Гц. Що дозволяє визначити найбільш небезпечні місця щодо появи тріщин та встановити небезпечні резонансні режими роботи компресору. Експериментальні методи дозволяють отримати форми для об'єкту безпосередньо

(враховуючи технологічні відхилення та не ізотропність матеріалу для конкретної досліджуваної деталі).

Побудовано твердотільну модель досліджуваного поршня за розмірами робочого креслення та визначенню форми коливань в тому ж діапазоні частот. При цьому отримано ряд форм, які не встановлено експериментально, що пояснюється їх низькою амплітудою збудження на стенді.

При визначенні частот і форм коливань найбільш достовірні результати вдається отримати при комбінації експериментальних методів, зокрема методу спеклінтерферометрії реального часу, та розрахунку в сучасних комп'ютерних системах, таких як Solidworks.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Tkach M.R., Zolotiy Yu.G., Dovgan D.V., Guk I.Yu. (2015), Patent: Method of determining of forms of resonant vibrations shapes of blades of gas turbine engine by speckle interferogram, UA 103068.

[2] Tkach, M., Morhun, S., Zolotoy, Y., Zhuk, I. (2020), Modal analysis of the axial compressor blade: advanced time-dependent electronic interferometry and finite element method. Int. J. Turbo Jet-Eng. <https://doi.org/10.1515/tjj-2020-0014>

[3] <https://www.solidworks.com>

Theoretical And Experimental Determination Of The Forms And Frequencies Of The Natural Oscillations Of The Pistons Of Thermal Engines

Tkach Mykhailo, Zolotoy Yuriy, Halynkin Yurii

Abstract. The form of self-oscillations and the corresponding frequencies of the automobile compressor piston with a diameter of 60.0 mm and a height of 50.0 mm are determined in the paper. The research was carried out experimentally, using the real-time speckle interferometry method, which made it possible to obtain a number of shapes directly for the object under study. A solid-state model was built in the Solidworks software complex and the forms of self-oscillations were determined by computer simulation. It has been established that the most reliable results can be obtained with a combination of experimental methods and calculation in modern computer systems.

УДК 621.43.016

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОФІЛЮ ПОВЕРХОНЬ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ КОМПАКТНИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ С ЗАДАНИМИ МАСОГАБАРИТНИМИ ПОКАЗНИКАМИ У СКЛАДІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Кузнецов В.В.

кандидат технічних наук,

доцент кафедри Технічної теплофізики і суднових паровиробних установок

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

valeriy.kuznetsov@nuos.edu.ua

Анотація. Представлені результати дослідження конвективного енергообміну при використанні круглих, еліптичних та плоскоовальних труб в якості поверхонь нагріву теплообмінних апаратів енергетичних установок. Показано вплив перерозподілу опорів форми і тертя на ефективність теплопередачі в окремих каналах різної форми. Отримано, для утилізаційних для дизельних та газотурбінних енергетичних установок, використання гладких еліптичних труб призведе до зменшення встановленої поверхні нагріву на 26...31%, маси поверхні на 16...19%, об'єму поверхні на 14...18%, для регенераторів газотурбінних