

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ПЕНЗЄВ ПАВЛО СЕРГІЙОВИЧ

УДК 621.7

ДИСЕРТАЦІЯ

**КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДНИХ
КОРПУСНИХ ВИЛИВКІВ З МОЖЛИВІСТЮ КЕРУВАННЯ
СТРУКТУРАМИ І МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ СПЛАВУ**

Спеціальність 136 – Металургія

Галузь знань 13 – Механічна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



П.С. Пензєв

Науковий керівник:

Акімов Олег Вікторович,

доктор технічних наук, професор

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Пензєв П.С. Конструкторсько-технологічне проектування складних корпусних виливків з можливістю керування структурами і механічними властивостями сплаву. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 136 – Металургія. (13 – Механічна інженерія). – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2026.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі, пов'язаної з конструкторсько-технологічним проектуванням складних корпусних виливків з можливістю керування структурами і механічними властивостями сплаву.

Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування та створення підходу до комп'ютерно-інтегрованого проектування складних корпусних виливків із комплексним застосуванням інструментів комп'ютерного та математичного моделювання для управління структурами і механічними властивостями сплаву.

Об'єкт дослідження – проектування складних корпусних виливків на основі використання в процесі досліджень сучасних підходів комп'ютерного моделювання.

Предмет дослідження – концепція та напрямки визначення оптимальної стратегії конструкторсько-технологічного проектування складних корпусних виливків з можливістю керування структурами і механічними властивостями сплаву.

У *вступі* обґрунтовано актуальність проблеми, пов'язаної з тим, що не врахування на етапі проектування технологічних аспектів, а також багатоваріативність технологічних рішень щодо конкретних виливків, може приводити до завищення собівартості виробництва, що, своєю чергою, негативно впливає на конкурентні можливості виробництва. Це потребує комплексного підходу до створення комп'ютерно-інтегрованого проектування складних корпусних виливків із сумісним комп'ютерним моделюванням різних параметрів

лиття, що впливають на показники виливків. Експерименти проводились на базі ДП «Харківське конструкторське бюро з двигунобудування».

У *першому розділі* досліджено актуальні науково-технічні завдання, пов'язані з загальними підходами до комп'ютерно-інтегрованого проєктування конструкції виливків, визначенням ролі вибору матеріалів в конструкторсько-технологічному проєктуванні виливків та технологічними особливостями в конструкторсько-технологічному проєктуванні виливків.

У *другому розділі* запропоновано схему проєктування виливків, особливістю якої є використання зворотних зв'язків етапів проєктування, а також підхід до проєктування технології виливку на основі теорії статистичних ігор, та представлено процедуру визначення вхідних даних для проєктування технології ливарної форми, що базується на прогнозуванні програми виробництва.

У *третьому розділі* формалізована задача визначення типу виробництва, який є в числі вхідних даних для проєктування технології виливків, що особливо важливим є для корпусних виливків, зважаючи на їх масо-габаритні характеристики. Ця формалізація заснована на побудові схеми етапів виготовлення виливку та використанні лінійних трендів прогнозу відповідно до MRP-планування. Запропоновано принцип класифікації складових, що формують стратегію розробки технології виливку та проєктування оснастки. Вони узагальнено представляються у вигляді трьох компонентів із введенням відповідних позначень: складова технології, складова матеріалів, складова конструкції. На прикладі корпусних виливків продемонстровано реалізацію принципу класифікації та формування формального опису для визначення стратегії раціонального конструкторсько-технологічного проєктування. На основі структурних схем компонентів для формалізації опису стратегії розробки технології виливку та проєктування оснастки промодельовані 3 варіанти стратегії вибору технології виливку. Відповідно цьому побудована матриця технологічної гри для визначення оптимальної змішаної стратегії щодо технології виливку та продемонстровано на основі принципу мінімаксу визначення оптимальної стратегії. Інтерпретовано фактор невизначеності у заданні зовнішніх умов.

У четвертому розділі описані результати комп'ютерно-інтегрованого проектування технології корпусу блок-картеру ДВЗ з алюмінієвого сплаву, з чавуну та зі сталі. Визначені головні проблеми виготовлення цього виливку з різних сплавів з визначенням можливих дефектів за різних конструкторсько-технологічних рішень та варіантів їх усунення.

У п'ятому розділі визначено, що для забезпечення комплексу вимог до процесів плавки, зокрема технічних, економічних, екологічних, для виготовлення корпусного литва треба обирати плавку в індукційних печах, при цьому дуже важливо враховувати фізико-хімічні взаємодії у всій системі «розплав – футеровка – шлак». Отримане діагностичне правило, що дозволяє оцінювати температурний режим індукційної плавки за доступними даними про вміст шлаку SiO_2 і CaO . Визначено, що в разі виготовлення стрижнів за ХТС-технологіями ключову роль в формуванні якості стрижнів відіграє якість стрижнєвої суміші. Остання, своєю чергою, визначається як оптимальністю складу за комплексними критеріями якості, так і точністю виконання технологічної операції виготовлення суміші, зокрема дотримання точності дозування відповідно до оптимального складу суміші. Вирішено задачу оптимізації складу ХТС по комплексу критеріїв: живучість суміші, міцність на стиск через 24 години, обсіпаність після 24 годин твердіння. Показано, що деякі з цих критеріїв є конфліктними, що унеможлиблює одночасну максимізацію кожного з названих показників. Визначено, що для виливків для шатунно-поршневої групи зворотний зв'язок в схемі конструкторсько-технологічного проектування має бути спрямований на визначення можливостей забезпечення цих вимог конструкцією оснастки та технології виготовлення. Це можна зробити на основі аналізу виливку «поршень», що є представником корпусних виливків із складним внутрішнім отвором, від точності якого залежать експлуатаційні властивості. На основі формалізації задачі класифікації були запропоновані та визначені параметрів простору ознак, що істотно впливають на класифікацію, а також запропоновано та обґрунтовано вид класифікуючого правила для системи підтримки прийняття рішень при виборі

проектно-конструкторських рішень в рамках комп'ютерно-інтегрованої технології проектування литих поршнів.

У висновках наведено основні результати наукової роботи щодо вирішення поставлених наукових задач дослідження.

За результатами дослідження отримано такі наукові результати:

Вперше запропонована класифікація корпусних виливків та визначення ключових показників, по яких оцінюється ефективність проектування диференційовано по типам виливків та відповідний принцип формального опису стратегій проектування, спрямованих на визначення оптимальної стратегії щодо конструкторсько-технологічних рішень при проектуванні технології виливків.

Вперше продемонстрований приклад визначення оптимальної стратегії проектування технології виливку на основі теорії статистичних ігор, який свідчить про можливість оцінювання різних конструкторсько-технологічних рішень щодо технології виливку з отриманням оптимальних чистої та змішаної стратегій проектування.

Вперше запропоновано для оцінювання ефективності встановлення надлишків на виливку коефіцієнт приросту усадкової раковини та визначено залежність цього коефіцієнту від об'єму надлишку у вигляді логарифмічного рівняння регресії, яке дозволяє обирати конструкторсько-технологічні рішення в процесі проектування задля недопущення перевищення витрати металу та мінімізації ймовірності проникнення усадкової раковини в тіло виливку.

Знайшли подальший розвиток результати визначення внутрішніх дефектів газо-усадкової природи у корпусних виливках блок-картеру ДВЗ, що дозволило виявити на основі комп'ютерного моделювання по розроблених 3D-моделях місця формування дефектів та обирати раціональний варіант конструкції ливникової системи.

Знайшли подальший розвиток результати визначення впливу модифікаторів при виготовленні чавунних корпусних виливків як засіб керування структурами і механічними властивостями сплаву, що запропоновано використовувати як частину зворотного зв'язку в конструкторсько-технологічному проектуванні.

Знайшли подальший розвиток результати розробок діагностичних правил, що важливі для контролю технологічних режимів плавки, які впливають на вибір режимів модифікування та, своєю чергою, на процеси структуроутворення, від яких залежать механічні властивості корпусних виливків.

Знайшли подальший розвиток результати розробок класифікаційних правил, які дозволяють визначати потенційний брак виливків шатунно-поршневої групи та ухвалювати раціональні конструкторсько-технологічні рішення на етапі проєктування технології виливків, зокрема в частині зворотного зв'язку в конструкторсько-технологічному проєктуванні.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

– запропоновані принципи вибору оптимальної стратегії проєктування можуть бути використані інженерами конструкторами та технологами ливарного виробництва при розробці технології корпусних виливків;

– запропоновані результати комп'ютерного моделювання процесів, що відбуваються в формі при заливці та кристалізації виливків блок-картеру ДВЗ, можуть бути використані інженерами конструкторами та технологами ливарного виробництва для визначення раціонального варіанту ливникової системи за критерієм мінімуму газо-усадкової пористості, розглядаючи це як фактор забезпечення заданих механічних властивостей або їх підвищення;

– запропоновані рішення щодо визначення температурного режиму плавки та позапічної обробки можуть при практичному використанні забезпечити підвищення якості корпусних виливків;

– запропоновані рішення щодо визначення якості виливків шатунно-поршневої групи можуть бути використані для прогнозування можливого браку та стати в нагоді при плануванні робіт по технічному обслуговуванню кокільних машин та оснастки;

– отримані в дисертаційній роботі результати можуть бути впроваджені на підприємствах з ливарними цехами.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі ливарного виробництва НТУ «Харківський

політехнічний інститут» в рамках науково-дослідної роботи кафедри, а також в рамках НДР на тему «Конструкторсько-технологічне проектування та інженерне моделювання процесів лиття виливків з керуванням структурами і механічними властивостями сплавів». Термін виконання роботи: з 01.02.2025 р. до 31.12.2026 р. Номер державної реєстрації НДР: 0125U001039. Наказ № 35 ОД від 28 січня 2025 р. в якій здобувач був виконавцем окремих етапів.

За результатами дослідження підтверджено практичну та теоретичну цінність розробленого підходу до конструкторсько-технологічного проектування складних корпусних виливків з можливістю керування структурами і механічними властивостями різних сплавів для таких виливків, надано практичні рекомендації щодо застосування результатів, зокрема як на конструкторському рівні проектування, так і на технологічному рівні, а також розглянуто перспективи подальшого розвитку дослідження.

Ключові слова: корпусні виливки; якості виливків; напружено-деформований стан; комп'ютерне моделювання; проектування; управління мікроструктурою сплавів; механічні властивості; межа міцності; структура; теорія статистичних ігор; мікроструктура; інженерне моделювання ливарних технологій; температурні режими плавки; конструкторсько-технологічні рішення; газо-усадкові дефекти; механічні характеристики;

ABSTRACT

Penziev P.S. Design and technological engineering of complex body castings with the possibility of controlling the structure and mechanical properties of the alloy. - Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 136 – Metallurgy (13 – Mechanical engineering) - National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2026.

The dissertation is devoted to solving an urgent scientific and technical problem related to the design and technological engineering of complex body castings with the possibility of controlling the structure and mechanical properties of the alloy.

The purpose of the dissertation is the scientific substantiation and development of an approach to computer-integrated design of complex body castings with the comprehensive application of computer and mathematical modelling tools for controlling the structure and mechanical properties of the alloy.

Research object – design of complex body castings based on the use of modern computer modelling approaches in the research process.

Research subject – concept and directions for determining the optimal strategy of design and technological engineering of complex body castings with the possibility of controlling the structure and mechanical properties of the alloy.

The introduction substantiates the relevance of the problem associated with the fact that failure to consider technological aspects at the design stage, as well as the multivariance of technological solutions for specific castings, may lead to increased production costs, which in turn negatively affects production competitiveness. This requires an integrated approach to the creation of computer-integrated design of complex body castings with joint computer modelling of various casting parameters affecting casting performance. The experiments were carried out at the State Enterprise “Kharkiv Design Bureau for Engine Building”.

In the first chapter, current scientific and technical tasks related to general approaches to computer-integrated design of casting structures, determination of the role

of material selection in design and technological engineering of castings, and technological features in the design and technological engineering of castings are investigated.

In the second chapter, a casting design scheme is proposed, the peculiarity of which is the use of feedback between design stages, as well as an approach to casting technology design based on statistical game theory. A procedure for determining input data for mould technology design based on production programme forecasting is also presented.

In the third chapter, the task of determining the production type, which is among the input data for casting technology design, is formalised, which is especially important for body castings considering their weight and dimensional characteristics. This formalisation is based on constructing a scheme of casting manufacturing stages and using linear forecast trends according to MRP planning. A principle for classifying the components forming the strategy of casting technology development and tooling design is proposed. These are generally represented in the form of three components with the introduction of corresponding designations: technological component, material component, and structural component.

Using the example of body castings, the implementation of the classification principle and the formation of a formal description for determining the strategy of rational design and technological engineering are demonstrated. Based on structural diagrams of components for formalising the description of casting technology development strategy and tooling design, three variants of casting technology selection strategy are modelled. Accordingly, a technological game matrix is constructed to determine the optimal mixed strategy for casting technology, and the principle of minimax is used to determine the optimal strategy. The uncertainty factor in setting external conditions is interpreted.

In the fourth chapter, the results of computer-integrated design of the technology for manufacturing an internal combustion engine crankcase body from aluminium alloy, cast iron, and steel are described. The main problems of manufacturing this casting from different alloys are identified, including the determination of possible defects under various design and technological solutions and options for their elimination.

In the fifth chapter, it is determined that in order to ensure a complex of requirements for melting processes, including technical, economic, and environmental ones, induction furnace melting should be selected for the production of body castings, while it is very important to take into account physicochemical interactions in the entire “melt – lining – slag” system. A diagnostic rule has been obtained that allows assessing the temperature regime of induction melting using available data on the content of SiO₂ and CaO in slag. It is determined that in the manufacture of cores using cold-box technologies, the quality of the core mixture plays a key role in shaping core quality. The latter, in turn, is determined both by the optimality of the composition according to comprehensive quality criteria and by the accuracy of performing the technological operation of mixture preparation, particularly compliance with dosing accuracy according to the optimal mixture composition. The problem of optimisation of cold-hardening mixtures according to a set of criteria has been solved, including mixture viability, compressive strength after 24 hours, and friability after 24 hours of hardening. It is shown that some of these criteria are conflicting, making it impossible to maximise each of these indicators simultaneously.

It has been determined that for castings of the connecting rod and piston group, feedback in the design and technological engineering scheme should be aimed at determining the possibilities of meeting these requirements through tooling design and manufacturing technology. This can be achieved based on the analysis of the “piston” casting, which is a representative of body castings with a complex internal hole, the accuracy of which determines operational properties. Based on the formalisation of the classification task, parameters of the feature space that significantly affect classification were proposed and determined, and the type of classification rule for the decision support system in selecting design solutions within the framework of computer-integrated technology for cast piston design was proposed and substantiated.

The conclusions present the main results of the scientific work on solving the research tasks set.

According to the research results, the following scientific outcomes were obtained:

For the first time, a classification of body castings has been proposed and key indicators by which the design efficiency is assessed differentially according to casting types have been determined, along with the corresponding principle of formal description of design strategies aimed at determining the optimal strategy regarding design and technological decisions in casting technology design.

For the first time, an example of determining the optimal strategy for casting technology design based on statistical game theory has been demonstrated, which indicates the possibility of evaluating various design and technological solutions regarding casting technology with obtaining optimal pure and mixed design strategies.

For the first time, to assess the efficiency of allowance application on castings, a coefficient of shrinkage cavity growth has been proposed, and the dependence of this coefficient on allowance volume in the form of a logarithmic regression equation has been determined, which makes it possible to select design and technological solutions in the design process in order to prevent excessive metal consumption and minimise the probability of shrinkage cavity penetration into the casting body.

Further development was achieved in the determination of internal gas-shrinkage defects in crankcase body castings of internal combustion engines, which made it possible, based on computer modelling using developed 3D models, to identify defect formation areas and choose a rational design option for the gating system.

Further development was achieved in determining the influence of modifiers in the production of cast iron body castings as a means of controlling alloy structure and mechanical properties, which is proposed to be used as part of feedback in design and technological engineering.

Further development was also achieved in the development of diagnostic rules important for controlling melting process conditions affecting the choice of modification regimes and, consequently, the structure formation processes determining the mechanical properties of body castings.

Further development was achieved in the development of classification rules that make it possible to determine potential defects of castings of the connecting rod and piston group and to make rational design and technological decisions at the stage of

casting technology design, particularly in terms of feedback in design and technological engineering.

The practical significance of the obtained results is as follows:

– the proposed principles for selecting the optimal design strategy can be used by design engineers and foundry process engineers in the development of body casting technology;

– the proposed results of computer modelling of processes occurring in the mould during pouring and solidification of internal combustion engine crankcase castings may be used by design engineers and foundry technologists to determine a rational gating system option according to the criterion of minimum gas-shrinkage porosity, considering this as a factor in ensuring specified mechanical properties or improving them;

– the proposed solutions for determining the temperature regime of melting and out-of-furnace treatment may ensure an increase in the quality of body castings in practical application;

– the proposed solutions for determining the quality of castings of the connecting rod and piston group may be used to predict possible defects and may be useful in planning maintenance work for permanent mould machines and tooling;

– the results obtained in the dissertation may be implemented at enterprises with foundry workshops.

The relationship of the work with scientific programmes, plans, and topics: the dissertation was carried out at the Department of Foundry Production of the National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” within the framework of the department’s research activities, as well as within the framework of the research project entitled “Design and Technological Engineering and Engineering Modelling of Casting Processes with Control of Structures and Mechanical Properties of Alloys.”

The period of the work execution: from 01.02.2025 to 31.12.2026.
State registration number of the research project: 0125U001039.
Order No. 35 OD dated January 28, 2025, in which the applicant participated as a performer of individual stages.

According to the research results, the practical and theoretical value of the developed approach to design and technological engineering of complex body castings with the possibility of controlling the structure and mechanical properties of various alloys for such castings has been confirmed. Practical recommendations for applying the results are provided, particularly at both the design and technological levels, and prospects for further research development are considered.

Keywords: body castings; casting quality; stress-strain state; computer modelling; design; alloy microstructure control; mechanical properties; tensile strength; structure; statistical game theory; microstructure; engineering modelling of foundry technologies; melting temperature regimes; design and technological solutions; gas-shrinkage defects; mechanical characteristics.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковано наукові результати:

1. П. С. Пензєв. Визначення раціонального завантаження ливарного устаткування. *Technology audit and production reserves*. Харків: Технологічний центр, № 4/2(6), 2012. р. 29–30.
2. Puliaiev A., Orendarchuk J., Akimov O., Penziev P., Marynenko D., Marchenko A. Development of a system for organizing a modular design and technological preparation for the production of cast iron pistons for internal combustion engines. *Technology audit and production reserves*. Харків: Технологічний центр, № 3/1(35), 2017. р. 23–27.
3. П.С. Пензєв, В.І. Альохін, О.В. Акімов, О.В. Грицюк. Аналіз якості литого блок-картера автомобільного дизеля 4ДТНА1 з використанням інженерного моделювання. Двигуни внутрішнього згоряння. Харків: НТУ «ХПІ». 2015. – № 2.
4. О. В. Акімов, П. С. Пензєв, Л. О. Салтиков, О.М. Горощенко. Проектування прогнозуємих структур перерізів вилівка блок-картера циліндрів. Вісник НТУ "ХПІ". Харків: НТУ «ХПІ», № 16 (1292), с. 3–8.
5. О. С. Коваль, П. С. Пензєв, Є. П. Димко, А. А. Пуляев. Управління якістю конструкційного чавуну для фасонних виливків на основі моделювання

ефективності його модифікування. Вісник НТУ «ХПІ». Харків: НТУ «ХПІ», 2014. №40 (1083). с. 138–145.

6. Penziev, P., Lavryk, Ye. (2024). Diagnostics of the temperature condition of cast iron melting in induction furnaces by the content of SiO₂ and CaO in slag. *ScienceRise*, 1, 14–20. doi: <http://doi.org/10.21303/2313-8416.2024.003558>.

7. Penzev, P., Frolova, L., Lysenkov, V., Lavryk, Y. (2024). Determination of the influence of the surplus construction on the parameters of the shrinkage shells in the «Body»-type steel castings when casting in single sand molds. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (1 (78)), 00–00. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.310424> (Scopus).

8. Akimov, O., Alekhin, V., Penzev, P., Dyachenko, A., Ovcharenko, A. Analysis of technological factors that significantly affect the formation of stresses in the cast machine parts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(7(78)), 43–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56199> (Scopus).

9. Klymenko, S., Verkhovliuk, A., Sevoian, A., Akimov, O., Ponomarenko, O., Penziev, P. (2024). Determining rational complex modifying and alloying additives to improve the mechanical characteristics of gray cast iron. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(12 (132)), 15–23. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.318552> (Scopus).

Опубліковані праці апробаційного характеру

10. А. О. Потапов, А. А. Севоян, С. Д. Євтушенко, П. С. Пензєв, О. В. Акімов. «Вибір сплаву та обґрунтування технології виконання литих поршнів» Міжнародна науково-практична конференція «Литво-2025», 27-29 травня 2025 р., Харків- Київ – с.227. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/90583>

11. А.А. Ригальов, П. С. Пензєв, В. С. Кузьмін, В. В. Радченко, О. В. Акімов. «Дослідження процесів формування металевого зв'язку в біметалічних виливках системи чавун – титановий сплав» Міжнародна науково-практична конференція «Литво-2025», 27-29 травня 2025 р., Харків- Київ – с.238. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/90585>

12. І. О. Шевченко, С. Д. Євтушенко, П. С. Пензєв, О. В. Масалітіна, О. В. Акімов. «Вибір відновника оксиду титану для підвищення міцності зв'язку в біметалічній композиції чавун – титановий сплав» Міжнародна науково-практична конференція «Литво-2025», 27-29 травня 2025 р., Харків- Київ – с.303. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/90591>
13. П.С. Пензєв. «Інженерне моделювання технологічних процесів лиття складних корпусних виливків на прикладі деталі-представника двигуну типу 4ДТНА1». Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія 2023» (10-12 жовтня 2023 р., м. Харків-м. Київ с. 172. <https://doi.org/10.15407/foundry-metallurgy-2023>
14. Пензєв П. С., Лаврик Є.Є., Лисенков В. Ю. «Вплив конструкції надлишків на формування усадкових раковин у сталевих виливках типу «Корпус». Неметалеві вкраплення і гази у ливарних сплавах. XVII Міжнародна науково-технічна конференція, Запоріжжя, 26-27 листопада 2024р. с. 42. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/86203>
15. Євтушенко С.Д., Севоян А.А., Пензєв П.С., Акімов О.В «Теплоізоляція литих поршнів ДВЗ». Міжнародна науково-практична конференція MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. с. 382. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/9043>
16. Євтушенко, С. Д., Севоян, А. А., Пензєв, П. С., Масалітіна, О. В., Акімов, О. В., & Ян, В. «Ступінь змочування металів». Міжнародна науково-практична конференція MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. с.383. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/90434>
17. Масалітіна О. В., Пензєв П. С., Севоян А. А., Акімов О. В. «Дослідження утворення проміжного покриття титанової вставки». Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2025 : матеріали 17-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 25-26 вересня 2025 р. ; заг. ред. Р. В. Лютий. – Київ : НТУУ "КПІ", 2025. – С. 377-378. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/94664>
18. Пензєв П. С., Севоян А. А., Масалітіна О. В., Акімов О. В. «Обґрунтування матеріалу та конструктивних параметрів біметалічного поршня».

Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2025 : матеріали 17-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 25-26 вересня 2025 р. ; заг. ред. Р. В. Лютий. – Київ : НТУУ "КПІ", 2025. – С. 398-399. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/94665>

19. Севоян А. А., Масалітіна О. В., Пензєв П. С., Акімов О. В. «Одержання біметалічної композиції чавун – титановий сплав». Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2025 : матеріали 17-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 25-26 вересня 2025 р. ; заг. ред. Р. В. Лютий. – Київ : НТУУ "КПІ", 2025. – С. 427-429. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/94675> .