

**Numerical innovations shipbuilding 4.0 in production, educational process and research**

YU. Korol, N. Lyubitskaia

**Abstract.** The analysis of modern computerized systems of design (CAD), engineering analysis (CAE) and manufacturing (CAM) is provided, which provides unconditional increase of quality, economic efficiency and competitiveness of enterprises of shipbuilding industry of Ukraine. The main achievements and existing problems of the bachelor's and master's degree in mastering CAD CAE and CAM systems in NUS are determined. The main directions of use of CAD CAE and CAM systems in scientific researches and performance of research works for design and production organizations by post - graduate students and scientists of NUS are formulated.

**Key words:** shipbuilding industry, analysis of modern CAD CAE and CAM systems, achievements and problems of mastering, directions of use in scientific researches.

УДК 621.43.016

**РОЗВИТОК НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
І КОМПАКТНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК  
ІНТЕНСИФІКАЦІЮ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В ЇХ ЕЛЕМЕНТАХ****Кузнецов В.В.***кандидат технічних наук,**докторант кафедри Системотехніки морської інфраструктури та енергетичного менеджменту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,**м. Миколаїв, Україна**valeriy.kuznetsov@nuos.edu.ua*

**Анотація.** Представлені результати роботи по підвищенню ефективності і компактності енергетичних установок шляхом інтенсифікації теплопередачі в їх елементах. Сформульовані проблема, мета, цілі, предмет та об'єкт дослідження. Представлені основні наукові положення та результати.

**Ключові слова:** енергетична установка, ефективність, елемент, інтенсифікація, теплообмінний апарат.

Підвищення ефективності транспортних та стаціонарних енергетичних установок здійснюється за рахунок вдосконалення процесів перетворення теплоти в їх елементах. Ці процеси визначаються законами термодинаміки і тепломасообміну і впливають на показники установок – ефективний ККД, рівень теплових та шкідливих викидів, ресурс, компактність. Важливу роль при цьому відіграють теплообмінні апарати.

Зростання масогабаритних показників цих апаратів при вдосконаленні суднових енергетичних установок та обмеження їх ефективності у зв'язку з цим визначило **запит практики** – розробку і впровадження науково-технічних рішень підвищення ефективності процесів переносу теплоти і маси в теплообмінних апаратах цих установок для комплексного поліпшення їх економічних, екологічних, ресурсних і масогабаритних характеристик і забезпечення зменшення споживання палива та емісії шкідливих речовин.

Розглянувши сучасний стан підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів та зменшення теплових і шкідливих викидів відпрацьованих газів в судновій енергетиці, можна зробити висновок про актуальність вдосконалення енергетичних установок шляхом інтенсифікації процесів переносу теплоти і маси в їх теплообмінних апаратах та створення

на їх основі обладнання з поліпшеними економічними, екологічними, ресурсними і масогабаритними показниками

Одним із перспективних шляхів інтенсифікації процесів переносу в теплообмінних апаратах є погодження форми і площі поверхонь при переносі теплоти і маси в елементах енергетичних установок. Це погодження базується на використанні внутрішньої і зовнішньої форм поодиноких каналів при заданих розмірах та їх просторового розташування у пучках. Суттєвою відмінністю таких пучків теплопередавальних поверхонь буде забезпечення переважання зростання теплопередачі над зростанням гідродинамічного опору на її забезпечення. Це дасть можливість створення на їх основі компактних теплообмінних апаратів для реалізації підвищених теплових потоків.

Розповсюдженню таких пучків поверхонь заважає відсутність знань про особливості теплогідрравлічних процесів при щільній компоновці таких пучків. Суттєвою проблемою є відсутність узагальнюючих положень і рекомендацій щодо підвищення комплексної технічної ефективності енергетичних установок за рахунок інтенсифікації теплопередачі в їх елементах.

**Науково-прикладною проблемою**, яка вирішується у роботі, є підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів та зменшення теплових і шкідливих викидів відпрацьованих газів суднових енергетичних установок шляхом раціональної організації перетворення енергії за рахунок погодження форми і площі поверхонь при переносі теплоти і маси в їх елементах.

**Метою дослідження** є вдосконалення енергетичних установок шляхом інтенсифікації процесів переносу теплоти і маси в їх теплообмінних апаратах та створення на їх основі обладнання з поліпшеними економічними, екологічними, ресурсними і масогабаритними показниками.

**Об'єктом дослідження** є процеси енергоперетворення при переносі теплоти і маси в теплопередавальних елементах суднових енергетичних установок та їх характеристики.

**Предметом дослідження** є закономірності та параметри процесів енергоперетворення при переносі теплоти і маси в елементах суднових енергетичних установок та їх вплив на ефективність, економічні, екологічні, ресурсні і масогабаритні показники

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає у наступному.

**Вперше:**

1. Доведено, що в судновій енергетиці присутні значні резерви зниження енергетичних втрат в процесах перенесення теплоти завдяки їх вдосконаленню за умови, що співвідношення підведеної теплоти в цикл к витратам енергії на переміщення теплоносіїв складає при проміжному охолодженні до 1,08, регенерації – 1,13 та утилізації теплоти робочого тіла – 1,06 що відповідно дозволяє підвищити ККД енергетичних установок до 3, 5 та 3%.

2. Застосування термогідрравлічної інтенсифікації сукупних процесів переносу теплоти і маси є найбільш прийнятним напрямком для суднових енергетичних установок у порівнянні з існуючими, у зв'язку з наступними перевагами при поліпшенні показників: економічності – до 5%, екологічності – до 11% і масогабаритних – до 20%.

3. Обґрунтовано, що при сталих значеннях загального коефіцієнта опору зменшення його складової частки опору форми призводить до забезпечення в поодиноких каналах різної форми к підвищенню ефективності переносу теплоти, при цьому більшу компактність мають плоскоовальні труби зі співвідношенням осей  $a/b=2,6-2,8$ .

4. Доведено, що при теплопередачі неоребрених пучків каналів з різним просторовим розташуванням більшу компактність мають еліптичні труби зі співвідношенням осей  $a/b=2,4-2,6$ .

5. Показано, що використання еліптичних гладких пучків при їх щільній компоновці зі співвідношенням поперечних і повздовжніх кроків  $S_1/d_{екв}=1,1 \dots 1,4$  і  $S_2/d_{екв}=1,5 \dots 1,9$  підвищує ефективність перенесення теплоти в пучках на 24–36 % у порівнянні з пучками гладких труб.

6. Доведено, що використання лункових систем на оребрених спірально-стрічковим оребренням круглих труб та плоским оребренням еліптичних труб дозволяє забезпечити одночасне зростання ефективності перенесення теплоти і гідродинамічного опору, підвищивши таким чином ефективність перенесення теплоти в пучках на 18–32%.

**Наукові положення**, які були сформульовані на основі отриманих наукових результатів:

1. Підвищення економічних, екологічних, ресурсних і масогабаритних показників суднових енергетичних установок можливо за рахунок погодження форми і площі поверхонь при переносі теплоти і маси в їх елементах на умовах аналогії Рейнольдса, значення комплексного показника якої визначають випереджаючий приріст теплопередачі у порівнянні з загальними втратами на переміщення теплоносіїв

2. Випередження приросту інтенсивності переносу теплоти у порівнянні з витратами на переміщення теплоносіїв всередині і зовні поверхонь теплопередачі компактних теплообмінних апаратів з обмеженнями по ресурсним і масогабаритним показникам характеризуються відповідними факторами аналогії Рейнольдса як відношення критеріїв Нуссельта до Ейлера, нормованими до умов теплопередачі гладкого циліндричного каналу

3. Методологія раціонального використання теплообмінних апаратів з ефективними і компактними пучками каналів дозволяє підвищити ефективність, використання енергетичних ресурсів і ресурс, а також зменшити масу, габарити, теплові і шкідливі викиди енергетичних установок

4. Концепція поліпшення економічних, екологічних, ресурсних і масогабаритних показників шляхом використання теплопередавальних обладнання з пучками каналів різної форми та просторовим розташуванням є науково-технічним підґрунтям вдосконалення енергетичних установок в судновій енергетиці і промисловості

**Наукове значення роботи** полягає у розробці та науковому обґрунтуванні способів раціональної організації теплопередачі в енергетичних установок з проміжним охолодженням, регенерацією і утилізацією теплоти робочого тіла, що є науковим підґрунтям для реалізації концепції отримання додаткової потужності та підвищення ефективності енергетичних установок з поліпшеними економічними, екологічними, ресурсними і масогабаритними показниками шляхом раціональної організації перетворення енергії за рахунок погодження форми і площі поверхонь при переносі теплоти і маси в їх елементах.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у методології вдосконалення енергетичних установок на базі раціональної організації процесів перетворення енергії в їх елементах з використанням вторинної теплоти енергетичних установок, алгоритмі розрахунку і програмному забезпеченні, що його реалізує, вибору раціональних параметрів процесів перетворення енергії в енергетичних установках та їх елементах, схемних рішень теплообмінних апаратів, а також практичних рекомендацій по проектуванню їх теплопередавальних поверхонь у складі енергетичних установок.

## **Development of scientific and technical bases for increasing the efficiency and compactness of power installations**

Kuznetsov V. V.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

**Abstract.** The results of investigations on increasing the efficiency and compactness of power plants by intensifying heat transfer in its elements are presented. The problem, purpose, goals, subject and object of research are formulated. The main scientific provisions and results are presented.

**Keywords:** power plant, efficiency, element, intensification, heat exchanger