

Теплообмін та газодинаміка поверхнево-вихорових систем плівкового охолодження лопаток високотемпературних газотурбінних двигунів

Теплообмен и газодинамика поверхностно-вихревых систем пленочного охлаждения лопаток высокотемпературных газотурбинных двигателей

Heat transfer and gas dynamics of surface-vortex film cooling configurations of high-performance gas turbine engine blades

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0116U002948,**
- 2. Науковий керівник – д.т.н., проф., академік НАНУ Халатов А.А., Халатов А.А., Khalatov Artem A.**

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблено нову методику розрахунку теплообміну, газодинаміки і ефективності плівкового охолодження лопаток високотемпературних газотурбінних двигунів, що забезпечує високу точність розрахунків. Методика враховує стаціонарні умови і умови обертання поверхні, що охолоджується, параметр вдуву і швидкість зовнішнього потоку, конфігурацію поверхневих заглиблень (сферична або прямокутна), геометричну форму поверхні охолодження (плоска, випукла, увігнута), багаторядність подачі охолоджувача. У методиці розрахунку використана модель турбулентності, що коректно описує теплообмін і газодинаміку, фізичні особливості, що визначають ефективність теплообміну в досліджених умовах, течію турбулентного потоку в умовах обертання, неізотермічності і стисливості потоку. Отримано нові дані по фізичній структурі потоку, уточнено фізичну модель теплообміну і газодинаміки в стаціонарних умовах і при обертанні поверхні, що охолоджується, отримано нові рівняння для розрахунку теплообміну, газової динаміки та ефективності плівкового охолодження при подачі охолоджувача в поверхневі поглиблення різної форми. На основі уточненої фізичної моделі теплообміну і газодинаміки розроблені нові конструкції плівкового охолодження лопаток високотемпературних газових турбін поверхнево-вихрового типу, що захищені двома патентами України. Результати роботи дозволяють забезпечити істотне (на 2-3%) покращення коефіцієнту корисної дії сучасних високотемпературних газотурбінних двигунів. Також, результати роботи є важливим внеском у створення теорії і практики нових систем охолодження лопаток високотемпературних газових турбін різного призначення.

(рос.)

Разработана новая методика расчета теплообмена, газодинамики и эффективности пленочного охлаждения лопаток высокотемпературных газотурбинных двигателей, обеспечивает высокую точность расчетов. Методика учитывает стационарные условия и условия вращения охлаждаемой поверхности, параметр вдува и скорость внешнего потока, конфигурацию поверхностных углублений (сферическая или прямоугольная), геометрическую форму поверхности охлаждения (плоская, выпуклая, вогнутая), многорядность подачи охладителя. В методике расчета использована модель турбулентности, которая корректно описывает теплообмен и газодинамику, физические особенности, определяющие эффективность теплообмена в исследованных условиях, течение турбулентного потока в условиях вращения, неізотермичности и сжимаемости потока. Получены новые данные по физической структуре потока, уточнена физическая модель теплообмена и газодинамики в стационарных условиях и при вращении охлаждаемой поверхности, получены новые уравнения для расчета теплообмена, газовой динамики и эффективности пленочного охлаждения при подаче охладителя в поверхностные углубления различной формы. На основе уточненной физической модели теплообмена и газодинамики разработаны новые конструкции пленочного охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин поверхностно-вихревого типа, которые защищены двумя патентами Украины. Результаты работы позволяют обеспечить

существенное (на 2-3%) улучшение коэффициента полезного действия современных высокотемпературных газотурбинных двигателей. Также, результаты работы являются важным вкладом в создание теории и практики новых систем охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин различного назначения.

(англ.)

The novel technology was developed of heat transfer, gasdynamics, and film cooling efficiency prediction of high-performance gas turbine blades providing high accuracy of calculations. This technology takes into consideration stationary conditions and rotation of of cooled surface, blowing ratio, external flow speed, surface geometric shape (flat, concave, or convex), surface indentations configuration (spherical or rectangular), multi-row of coolant supply. The turbulence model is used which describes adequately heat transfer and gasdynamics, physical features defining film cooling efficiency, flowing of turbulent flow in rotation, temperature factor, and flow compressibility. The new data regarding physical structure were obtained, more precise physical model of heat transfer and gasdynamics in stationary conditions, as well as in rotation, new correlations on heat transfer and film cooling efficiency at the coolant supply into surface indentations of different shape were presented. Based on the new physical model of heat transfer and gasdynamics new film cooling designs of high-performance gas turbine blades of a surface-vortex type were developed protected by two patents of Ukraine. Results of studies enable to increase remarkably (by 2-3%) the efficiency of modern high-performance gas turbines. Also, results of studies are an important contribution to the development of the theory and practice of new cooling systems for the blades of high-temperature gas turbines for various applications.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Патент на винахід № 113452 Україна, МПК F01D 5/18, F02C 7/12. Спосіб плівкового охолодження/ А.А. Халатов, С.Д. Северін, М.В. Безлюдна, І.В. Новохатська. Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України. – № 201504484; заявл. 07.05.2015, Бюл. № 22/2015, опубл. 04.01.2017, Бюл. № 2/2017. – 9 с. : іл.
- Подано патент на винахід – Пристрій подачі охолоджувача на поверхню лопаток газових турбін/ А.А. Халатов, С.Д. Северін, Н.А. Панченко, І.В. Новохатська. Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України. – № 2017 05158; заявл. 26.05.2017.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Методика розрахунку і результати дослідження теплообміну, газодинаміки і ефективності плівкового охолодження при подачі охолоджувача в поверхневі заглиблення різної форми (сферичної або прямокутної) не має світових аналогів в частині новизни та точності розрахунку в умовах обертання поверхні, що охолоджується.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Економічний ефект від впровадження більш інтенсивних поверхнево-вихрових схем плівкового охолодження лопаток замість традиційних схем полягає в зниженні до 20 % витрати охолоджуючого повітря. Як наслідок, це дозволить забезпечити істотне (на 2-3%) покращення коефіцієнту корисної дії сучасних высокотемпературних газотурбінних двигунів та економити близько 5 % паливного природного газу. Застосування досліджених конфігурацій також дозволить знизити число капітальних ремонтів газотурбінних двигунів з чотирьох до трьох.

7. Потенційні користувачі.

Проектні організації України, які займаються розробкою, створенням і випробуванням высокотемпературних газотурбінних двигунів і установок (Державне підприємство Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря» -Машпроект », м. Миколаїв; Державне підприємство «Івченко-Прогрес», м. Запоріжжя).

8. Стан готовності розробки.

Методика і програма розрахунку теплообміну, газодинаміки і ефективності плівкового охолодження лопаток високотемпературних газових турбін повністю готові для впровадження.

9. Існуючі результати впровадження.

Результати роботи знайшли застосування в Інституті технічної теплофізики НАН України, а також в учбовому процесі Фізико-технічного інституту КПІ ім. Ігоря Сікорського. В 2018 р. заплановано використання результатів проекту в Державному підприємстві «Івченко-Прогрес», м. Запоріжжя.

10. Форма участі інвестора.

Участь в реалізації результатів проекту; частина в проекті – 30%, частина прибутку – 40%.

11. Обсяг інвестицій.

250 тис. дол. США

12. Мета інвестицій.

Розширення бізнесу.

13. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, фізико-технічний інститут, кафедра фізики енергетичних систем, 204-90-57, phes.ipt.kpi@gmail.com

14. Фото або кілька слайдів презентації (рекламного характеру).



Схема плівкового охолодження поверхні розрідження лопатки газової турбіни з подачею охолоджувача в заглиблення напівсферичної форми і траншею

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання

(1 монографія, 1 навчальний та 5 методичних посібників, 23 наукові статті, 1 дисертація, 16 тез доповідей).

Монографії

1. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография/ А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник. – Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. – Т. 10: Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с. – 300 экз. ISBN 978-966-622-785-3

Навчальний посібник

1. Халатов, А. А. Основы теории конвективного теплообмена [Электронный ресурс] : навчальний посібник/ А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 191 с. – Назва з екрана. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/jspui/handle/123456789/19878>

Методичні посібники

1. Розрахунок системи охолодження сопла рідинного ракетного двигуна [Електронне видання]: Методичні рекомендації до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Основи конвективного теплообміну» для студентів напряму підготовки 6.040204 «Прикладна фізика і наноматеріали» спеціалізації 6.04020401 «Фізика новітніх джерел енергії»/ НТУУ «КПІ»: уклад.: А.А. Халатов, Н.А. Панченко, А.Ж. Мейріс. – Електронні тестові дані (1 файл: 2,33 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 34 с. – Назва з екрана. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15651>
2. Методичні вказівки до виконання дипломної роботи бакалаврів для студентів напрямку «Прикладна фізика і наноматеріали», спеціалізації 6.04020401 «Фізика новітніх джерел енергії» [Електронний ресурс] / Доник Т.В., Гільчук А.В. // НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 113 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 35 с. – Назва з екрана. - Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15420>
3. Методичні вказівки до виконання магістерської дисертації для студентів спеціальності «Прикладна фізика і наноматеріали» [Електронний ресурс]/ Т.В. Доник, А.В. Гільчук, Є.В. Мочалін, А.А. Халатов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 271,67 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 34 с. – Назва з екрана. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19463>
4. Гільчук, А.В. Методичний посібник для практичних занять з курсу «Термодинаміка газового потоку» [Електронний ресурс]/ Гільчук А. В., Панченко Н.А., Мейріс А.Ж. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,05 Мбайт). – Київ, 2017. – 70 с. – Назва з екрану. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/jspui/handle/123456789/19909>
5. Халатов А.А. Методичний посібник для практичних занять з курсу «Основи конвективного теплообміну» [Електронний ресурс]/ Халатов А.А., Панченко Н.А. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,05 Мбайт). – Київ, 2017. – 32 с. – Назва з екрану. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/jspui/handle/123456789/19909>

Статті

1. Application of local dimples for film cooling at the elading edge of gas turbine blades/ V. Petelchyts, A. Khalatov, Yu. Dashevskyy// Thermophysics and Aeromechanics, –2016, – Vol. 23, No. 5. –pp. 713-720. DOI: 10.1134/S0869864316050097 (*SCOPUS, Web of Science*), ISSN 0869-8643.
2. Применение местных углублений при пленочном охлаждении входной кромки лопаток газовых турбин/ В.Ю. Петельчиц, А.А. Халатов, Д.Н. Письменный, Ю.Я. Дашевский// Теплофизика и аэромеханика. —2016. — Т. 23, №5. (*РИНЦ*).
3. Халатов А.А. Влияние поперечного расстояния между отверстиями Δ на эффективность пленочного охлаждения за парными отверстиями/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко / Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. — 2016. — № 9(1181).— С. 26–30. (*фахове видання України Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar, Index Copernicus*), ISSN 2078-774X.
4. Аналіз політропного субатмосферного термодинамічного циклу ГТУ з тепло-масообмінним апаратом Майсоценка/ А.А. Халатов, С.Д. Северін, Ю.П. Кочура, П.І. Бродецький // Промышленная теплотехника, — 2016. — Т. 38, №1. — С. 41–46. (*фахове видання України*) ISSN 0204-3602.
5. Халатов А.А. Термогазодинаміка одиночної циліндричної поверхні з заглибленнями на зовнішній стороні/ А.А. Халатов, А.Ж. Мейріс, А.В. Гамрецька// Енергетика і автоматика. – 2016. –№ 4. – с. 13–23. (*фахове видання України, Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar, Index Copernicus*) ISSN 2223-0858.
6. Доник Т.В. Вплив ефективності елементів ядерного енергоблоку з гелієвою газовою турбіною на ККД установки в комбінованому режимі роботи/ Т.В. Доник, О.О. Сафронова, А.А. Філатов// Енергетика і автоматика. - 2016. - № 4. - С. 237-247. (*фахове видання України, Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar, Index Copernicus*) ISSN 2223-0858.
7. Халатов А.А. Факторы увеличения эффективности пленочного охлаждения за двухрядной системой отверстий в полусферических углублениях/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко, М.В. Безлюдная// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні

- процеси й устаткування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 8(1230). – С. 34–40. (фахове видання України *Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar, Index Copernicus*), ISSN 2078-774X.
8. Халатов А.А. Перспективные схемы пленочного охлаждения: влияние внешней турбулентности/ А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский// *Промышленная теплотехника*. – 2017. –Т.39, №3. – с. 24–29. (фахове видання України) ISSN 0204-3602.
 9. Компьютерное моделирование двух перспективных однорядных схем пленочного охлаждения/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко, В.А. Макаренко, М.І. Спасенко// *Промышленная теплотехника*. — 2017. — Т. 39, №3. — С. 27–31.(фахове видання України) ISSN 0204-3602.
 10. Numerical Simulation of Film Cooling with a Coolant Supplied Through Holes in a Trench / А.А. Khalatov, N.A. Panchenko, I.I. Borisov, V.V. Severina// *Journal of Engineering Physics and Thermophysics* – May 2017, Volume 90, Issue 3, pp 637–643. DOI: 10.1007/s10891-017-1610-1 677 (*SCOPUS, Web of Science*).
 11. Компьютерное моделирование пленочного охлаждения при подаче охладителя через отверстия в траншее/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко, И.И. Борисов, В.В. Северина// *Инженерно-физический журнал – Том 90, №3. – 2017. С. 670-677 (Видання Республіки Білорусь)*.
 12. Khalatov A.A. Flat plate film cooling at the coolant supply into triangular and cylindrical craters/ А.А. Khalatov, N.A. Panchenko, S.D. Severin// *MATEC Web of Conferences*, 115, 09003 (2017), STS-33, – 4 p. DOI: 10.1051/mateconf/201711509003 (*SCOPUS, Web of Science*).
 13. Халатов А.А. Енергетична безпека України: чи є запас міцності/ А.А. Халатов// *Вісник НАН України*. – 2017. – № 9. – С. 23-32.
 14. Khalatov A.A. Effect of external turbulence on the efficiency of film cooling with coolant injection into a transverse trench/ А.А. Khalatov, N.A. Panchenko, S.D. Severin// *Thermal Engineering*, 2017, Vol. 64, No. 9, pp. 686–693. DOI: 10.1134/S0040601517090038 (*SCOPUS, Web of Science*) ISSN 0040-6015.
 15. Влияние внешней турбулентности на эффективность пленочного охлаждения за рядом отверстий в траншее/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко, С.Д. Северин// *Теплоэнергетика. – №9. – 2017. С. 71-79. (ПИИЦ) ISSN: 0040-3636*.
 16. Meyris A. Experimental study of heat transfer and hydraulic resistance at cross flow of tube bundle with indentations/ A. Meyris, A. Khalatov, G. Kovalenko// *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, – Vol 4, No 8 (88) (2017), – pp. 17-21. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.108576. (*SCOPUS, Web of Science*), ISSN 1729-4061.
 17. Мейрис А.Ж. Экспериментальное исследование теплообмена и гидравлического сопротивления при поперечном обтекании пучка труб с углублениями/ А.Ж. Мейрис, А.А. Халатов, Г.В. Коваленко// *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2017. Т.4, №8 (88). С. 17–21. (фахове видання України, *Index Copernicus, Ulrich's Periodical Directory*). ISSN 1729-3774.
 18. Khalatov A.A. Numerical simulation of a flat plate film cooling with a coolant supply into different shape indentations/ А.А. Khalatov, N.A. Panchenko, S.D. Severin// *Thermophysics and Aeromechanics*, 2017, Vol. 24, No. 5, – pp. 751-757. (*SCOPUS, Web of Science*) ISSN: 0869-8643
 19. Халатов А.А. Численное моделирование пленочного охлаждения плоской поверхности при подаче охладителя в углубления различной формы/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко, С.Д. Северин// *Теплофизика и аэромеханика. –2017. – №5. С. 751-757. (ПИИЦ). ISSN 0869-8635*
 20. Khalatov A.A. Application of cylindrical, triangular and hemispherical dimples in the film cooling technology/ А.А. Khalatov, N. A. Panchenko, S.D. Severin // *Journal of Physics: Conf. Series* 891 012145, PTPPE-2017, - 6 p. doi :10.1088/1742-6596/891/1/012145 (*SCOPUS, Web of Science*) ISSN: 1742-6596

21. Comparative analysis of film cooling efficiency at the coolant supply into a single array of triangular dimples/ A.A. Khalatov, O.O. Petliak, S.D. Severin, N. A. Panchenko// Journal of Physics: Conference Series Sixth International Conference «Heat and Mass Transfer and Hydrodynamics in Swirling Flows» (SCOPUS, Web of Science)
22. Халатов А.А. Энергетическая безопасность Украины: сохранился ли запас прочности?/ А.А. Халатов// Промышленная теплотехника. –2017. Т.39, № 2. – С.12-17. (фахове видання України) ISSN 0204-3602.
23. Халатов А.А. Особенности организации пленочного охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин/ А.А. Халатов, А.С. Коваленко, С.Б. Резник// Промышленная теплотехника. 2017, т. 39, № 4. – С. .(фахове видання України) ISSN 0204-3602.

Дисертації

1. Панченко Н.А. Эффективность плёночного охлаждения плоской поверхности при подаче охладжувача через парні отвори: дис. канд. техн. наук: 05.14.06: захищена 22.03.16/ Панченко Надія Анатоліївна; наук. кер. А.А. Халатов; ІТТФ НАНУ. – Київ, 2016. – 151 с.

Тези доповідей

1. Иванов Р.О. Комп'ютерне моделювання плівкового охолодження з подачею охолоджувача в поперечну траншею/ Р.О. Иванов, Н.А. Панченко // Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики: XIV всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та мол. вчен., 26-28 травня 2016 р.: матеріали конф.– К., 2016. – С. 107-110.
2. Северін І.М. Числове моделювання впливу глибини заглиблення на ефективність плівкового охолодження плоскої поверхні в однорядній системі напівсферичних заглиблень/ І.М. Северін, Н.А. Панченко // Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики: XIV всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та мол. вчен., 26-28 травня 2016 р.: матеріали конф.– К., 2016. – С. 122-125.
3. Гамрецька А.В. Термогазодинаміка циліндричної поверхні з заглибленнями на зовнішній стороні/ А.В. Гамрецька, А.Ж. Мейріс // Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики: XIV всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та мол. вчен., 26-28 травня 2016 р.: матеріали конф.– К., 2016. – С. 101-103.
4. Петляк О.О. Порівняльний аналіз двох схем плівкового охолодження з подачею охолоджувача в однорядну систему трикутних та циліндричних заглиблень / О.О. Петляк, А.А. Халатов, С.Д. Северін// Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики: XIV всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та мол. вчен., 26-28 травня 2016 р.: матеріали конф.– К., 2016. – С. 118-121.
5. Сравнительные характеристики пленочного охлаждения с рядами отверстий в углублениях/ Халатов А.А., Борисов И.И., Пахомов М.А., Терехов В.И.// XV Минский международный форум по тепло- и массообмену, 23-26 мая 2016 г.: тезисы докладов и сообщений – г.Минск: Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2016. Т.3. – С.433-436. ISBN 978-985-7138-04-3
6. Компьютерное моделирование двух перспективных однорядных схем пленочного охлаждения/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко, В.А. Макаренко, М.І. Спасенко// Тезиси Х Міжнародної конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики», 23 – 26 травня 2017 р., Київ, Україна, CD.
7. Халатов А.А. Газовая завеса при подаче охладителя в поверхностные углубления/ А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский// Тезиси Х Міжнародної конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики», Київ, 23–26 травня 2017 р., CD
8. Халатов А.А. Енергетична безпека України: чи є запас міцності? Тези доповідей Х Міжнародної конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики» Київ, Україна, 23 – 26 травня 2017 р., CD.
9. Маліновська А.М. Комп'ютерне моделювання плівкового охолодження поверхні при подачі охолоджувача через парні отвори/ А.М. Маліновська, Н.А. Панченко, Н.Л. Лебедь// Тезиси XV Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів,

- магістрантів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», м. Київ, 25–28 квітня 2017 р. С.60.
10. Макаренко В.А. Комп'ютерне моделювання впливу обертання на ефективність плівкового охолодження плоскої поверхні за отворами в напівсферичних заглибленнях та траншеї/ В.А. Макаренко, М.І. Спасенко, Н.А. Панченко// Тезиси XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики», 25 – 27 травня 2017 р., м. Київ, Україна, – Т.1, С. 81-84.
 11. Мулярчук А.А. Втрати тиску в похилих отворах плівкового охолодження для двох схем подачі охолоджувача/ А.А. Мулярчук, С.Д. Северін, А.А. Халатов// Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики» (25 – 27 травня 2017 р., м. Київ, Україна). – т.1, С.85-88.
 12. Мулярчук М.А. Тепловіддача в трубі, що радіально обертається, в області впливу сил Кориоліса/ М.А. Мулярчук, А.А. Халатов, С.Г. Кобзар// Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики» (25 – 27 травня 2017 р., м. Київ, Україна). – Т.1, С.89-92.
 13. Халатов А.А. Пленочное охлаждение плоской поверхности при подаче охладителя в треугольные и цилиндрические кратеры/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко, С.Д. Северин// Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодых учёных «XXXIII Сибирский теплофизический семинар», 6–8 июня 2017, Новосибирск: тезисы докл. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2017. – С. 21. ISBN 978-5-89017-049-1
 14. Халатов А.А. Применение цилиндрических, треугольных и полусферических углублений при пленочном охлаждении/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко, С.Д. Северин// Материалы Международной конференции «Современные проблемы теплофизики и энергетики» (Москва, 9–11 октября 2017 г.): в 2 т. Т. 1. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – С. 293-294. ISBN 978-5-383-01231-4 ISBN 978-5-383-01232-1 (Том 1)
 15. Сравнительный анализ эффективности пленочного охлаждения при подаче охладителя в один ряд треугольных углублений/ А.А. Халатов, Е.О. Петляк, С.Д. Северин, Н.А. Панченко// Теплообмен и гидродинамика в закрученных потоках: шестая всероссийская конференция с международным участием, 21-23 ноября 2017г.: тезисы докладов. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, – 2017. – С.93. ISBN 978-5-89017-053-8
 16. Халатов А.А. Теплообмен в вихревых системах охлаждения лопаток газовых турбин/ А.А. Халатов// Теплообмен и гидродинамика в закрученных потоках: шестая всероссийская конференция с международным участием, 21-23 ноября 2017г.: тезисы докладов. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, – 2017. – С.30. ISBN 978-5-89017-053-8
 17. Халатов А.А. Перспективные схемы завесного охлаждения XV Минский международный форум по тепло- и массообмену, 23-26 мая 2016 г.(пленарна доповідь, без публікації)
 18. Халатов А.А. Влияние поперечного расстояния между отверстиями Δ на эффективность пленочного охлаждения за парными отверстиями/ А.А. Халатов, Н.А. Панченко // Международная конференция «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование» (Харьков, «НТУ» ХПИ, 2016, без публікації).
 19. Халатов А.А. Факторы увеличения эффективности пленочного охлаждения за двухрядной системой отверстий в полусферических углублениях / А.А. Халатов, Н.А. Панченко, М.В. Безлюдная // Международная конференция «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование» (Харьков, «НТУ» ХПИ, 2017, без публікації).

16. Надати ключові слова до розробки Ефективність плівкового охолодження, поверхневі заглиблення, обертання, криволінійна поверхня, параметр вдуву, комп'ютерне моделювання, моделі турбулентності.