

ЗАСТОСУВАННЯ ЛОКАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ

Т. Т. Супрун, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

E-mail: suprun@secbiomass.com

Анотація. Відомо, що в проточній частині теплоенергетичного обладнання потоки теплоносіїв, як правило, є суттєво турбулізованими завдяки багатьом збурюючим факторам (підвищена турбулентність, швидкісна нестационарність, градієнти тиску, локальні замкнені відриви, тощо). Результати комплексних досліджень процесів переносу у складних умовах взаємодії зовнішніх (підвищена турбулентність) та внутрішніх (відрив) турбулізуючих ефектів, типових для теплоенергетичного обладнання, дозволяють розробити заходи щодо підвищення теплової ефективності робочих поверхонь та системи подачі теплоносія.

Об'єктом даного дослідження є теплообмінні поверхні енергетичного, хімічного та електронного обладнання, а також системи подачі теплоносія для розробки енергоефективних теплотехнологій.

Мета роботи - розробка методів оцінювання процесів переносу в теплоенергетичному обладнанні на основі локального контролю теплофізичних параметрів у характерних зонах робочого середовища.

Метод дослідження – фізичне моделювання турбулізуючих ефектів різної природи і процесів переносу теплоти, імпульсу та маси з використанням термоанемометричного, електрокалориметричного методів вимірювань та методів тепломасоаналогії.

Дослідження проводилися в спеціально виготовлених експериментальних зразках установок, які повністю відтворюють умови роботи натурних установок за геометричними параметрами та системою подачі теплоносія.

Перевагою роботи є локальний підхід, що дозволяє фіксувати теплофізичні параметри у будь-якій характерній зоні робочого простору. Використання цього підходу забезпечує можливість контролю найбільш небезпечних теплонапружених ділянок та враховує просторову нерівномірність поля температур, що є основою розробки заходів щодо підвищення теплової ефективності робочих поверхонь.

У роботі розглянуте узагальнене дослідження застосування локального підходу на прикладах оцінювання впливу підвищеної турбулентності, локальних замкнених відривів, потоку з періодичною швидкісною нестационарністю на процеси переносу у проточній частині теплоенергетичного обладнання різного призначення, а також для розробки ефективної системи подачі теплоносія в процесі досушки рослинного матеріалу.

Ключові слова: *локальні теплофізичні параметри, локальні аеродинамічні характеристики, теплообмінні поверхні, система подачі теплоносія*

Актуальність. Відомо, що робочі процеси в теплоенергетичному, технологічному та електронному обладнанні протікають у складних умовах взаємодії турбулізуючих ефектів різної природи. З одного боку, при обтіканні робочої поверхні зовнішні збурення, зумовлені турбулентністю середовища, градієнтами тиску, швидкісною нестационарністю тощо, пов'язані насамперед з геометрією та конструктивним виконанням проточної частини. З іншого боку, на робочій поверхні мають місце внутрішні джерела збурень, викликані як природними причинами (наприклад, шорсткість, відрив), так і спеціальними штучними заходами, спрямованими на поліпшення процесу переносу (наприклад, вдув для охолодження поверхні, лунки для збільшення відведення тепла, риблети для зниження гідравлічного опору тощо). Крім того, для багатьох технічних додатків характерна установка призматичних елементів на плоскій поверхні.

Прогресуюча тенденція підвищення ефективності та експлуатаційної надійності обладнання потребує постійного вдосконалення методів контролю та управління робочими процесами. Це досягається на основі проникнення у складний механізм розвитку примежових шарів (ПШ) на обтічних поверхнях та цілеспрямованого впливу на їхню внутрішню структуру, що характерно для загального підходу ІТТФ НАНУ до управління процесами переносу у проточній частині теплоенергетичного обладнання різного призначення.

Виходячи з вищевикладеного, впливає актуальність проведення в лабораторних умовах комплексних експериментальних досліджень з управління за допомогою збурень різної природи структурою примежових шарів, зокрема, з концентрацією підвищеної уваги на особливостях розвитку байпасного ламінарно-турбулентного переходу. Про актуальність цієї частини роботи свідчить обсяг досліджень, присвячених проблемам байпасного переходу через його велику поширеність у різних технічних додатках, насамперед, газових турбінах, що збільшився в останнє десятиліття [1, 2].

Про актуальність особливостей теплообміну в псевдоламінарному примежовому шарі, що розвивається на поверхні призматичного елемента, вказує

загострений інтерес з боку електронної індустрії до проблем охолодження мікросхем. Як відомо, підвищене тепловиділення є неминучим супутником прогресу у швидкодії та мініатюризації чіпів.

У зв'язку з бурним розвитком комп'ютерної техніки в останнє десятиріччя має місце непропорційне зростання чисельного моделювання порівняно з фізичним експериментом, зокрема пряме чисельне моделювання відривної течії [1]. Тому особливу актуальність набувають експериментальні дослідження тепловіддачі і гідродинаміки складних, в тому числі, відривних течій, які сприяють розвитку уявлень щодо важливих особливостей переносу при виникненні відривів, дозволяють оцінити реальний хід процесів і суттєво сприяти поліпшенню чисельного моделювання.

Організація оптимального розподілу потоку теплоносія для технології досушування фрагментів відходів рослинної сировини є важливим фактором енергозбереження [3]. Покращення аеродинамічних характеристик процесу досушки на основі локального підходу є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останні роки значно збільшилась кількість досліджень, присвячених впливу збурень різної природи на ламінарно-турбулентний перехід. Зокрема, в огляді [4] описані моделі різних видів переходу для течій у примежовому шарі обтічних поверхонь в турбомашинах. У висновках робіт [5, 6], де представлено дослідження одночасного впливу інтенсивності та масштабу турбулентності на початок байпасного ламінарно-турбулентного переходу, зазначено, що інтенсивність турбулентності є основним фактором, що впливає на перехід, а масштаб турбулентності має вторинний вплив. Дослідження, присвячені проблемам байпасного переходу, в основному відносяться до чисельного моделювання характеристик гідродинамічного байпасного переходу за допомогою різних моделей турбулентності.

Більшість як експериментальних, так і розрахункових робіт відносяться до випадку переносу імпульсу. Проблеми, що пов'язані з впливом турбулентності, швидкісної періодичної нестаціонарності і відриву на тепловіддачу, залишаються також до кінця невизначеними.

Незважаючи на численні спроби проникнення в механізм відриву в зонах рециркуляції, приєднання і релаксації, деякі аспекти відривних складних течій до теперішнього часу залишаються непрогнозованими. Так, не розроблені універсальні критерії оцінки інтенсивності відриву та методи діагностування його типу (ламінальний, перехідний або турбулентний). Відсутні достовірні рекомендації для визначення розмірів (довжини та висоти) відривного пузиря та довжини зони релаксації за ним. Обмежені дані по впливу ступеня турбулентності на формування відриву і розвиток ПШ в зоні релаксації за ним.

Оскільки в зоні відриву тертя практично зникає, в ній має місце суттєве порушення аналогії Рейнольдса, яке розповсюджується на зону релаксації. Встановлення закономірностей цього складного процесу переносу потребує ретельних експериментальних даних, отриманих в умовах, максимально наближених до умов в проточній частині натурного обладнання.

Мета дослідження – розробка методів оцінювання процесів переносу в теплоенергетичному обладнанні на основі локального контролю теплофізичних параметрів у характерних зонах робочого середовища.

Матеріали та методи дослідження. Методи дослідження - фізичне моделювання турбулізуючих ефектів різної природи і процесів переносу теплоти, імпульсу та маси з використанням термоанемометричного, електрокалориметричного методів вимірювань та методів тепломасоаналогії.

Оскільки фізичне моделювання є одним з найбільш перспективних методів для вивчення процесів переносу, що відбуваються в складних умовах, дослідження проводилися в спеціально виготовлених експериментальних зразках установок, які повністю відтворюють умови роботи натурної установки за геометричними параметрами та системою подачі повітря.

Дослідження впливу підвищеної турбулентності, локальних замкнених відривів, швидкісної нестационарності на процеси переносу у проточній частині теплоенергетичного обладнання різного призначення проводились у аеродинамічній трубі Т-5 ІТТФ НАНУ. Турбулентність створювалася традиційним для робіт ІТТФ НАНУ генератором у вигляді перфорованої шайби. Робоча поверхня являла собою

плоску пластину, довжина якої дозволяла реалізувати змішаний режим течії у примежовому шарі.

Тип відриву (ламінарний, перехідний або турбулентний) регулювався швидкістю зовнішнього потоку, формою вхідної кромки пластини та довжиною інтерцептора, встановленого в кінці робочої ділянки аеродинамічної труби.

Організація потоків зі швидкісною нестационарністю проводилась за різними генераторами слідів (нерухомий циліндр і циліндр, що коливається, нерухоме і обертове «біляче» колесо), встановлених в аеродинамічній трубі.

Дослідження процесів переносу в псевдоламінарному примежовому шарі, що розвивається на поверхні призматичного елемента, проводилися в аеродинамічному стенді АДС-1. Компонування включало чотири ряди призматичних елементів, встановлених на плоскій поверхні. Турбулентність у першому ряду створювалася вхідними умовами, тоді як у другому - четвертому - слідами попередніх рядів; відрив потоку виникав при обтіканні вхідних кромок елементів.

Конструкція експериментального зразка, спеціально виготовленого для аеродинамічного удосконалення установки досушки відходів рослинної сировини, за геометричними параметрами та системою підводу повітря повністю відтворювала умови експлуатації натурної установки.

Результати досліджень та їх обговорення.

1. Локальний підхід для оцінювання впливу підвищеної турбулентності

Такі дослідження були проведені в умовах нелінійної взаємодії зовнішніх (підвищена турбулентність) та внутрішніх (відрив на вхідній кромці) збурень на двох типах різних робочих поверхонь – плоскої та призматичної, внаслідок чого розглядаються результати двох частин досліджень.

Для першої частини при дослідженні байпасного ламинарно-турбулентного переходу локальний підхід означає визначення по локальній швидкості локальних коефіцієнтів тепловіддачі і тертя, а також полів швидкості, температури та їх пульсацій у різних перерізах по довжині плоскої робочої поверхні. Управління відведенням тепла у псевдоламінарному примежовому шарі та контроль

протяжності та розташування зони байпасного переходу дозволяють уникнути виникненню небезпечних теплонапружених ділянок.

Застосування локального підходу дозволило не лише оцінити суттєве (до 70%) зростання теплообміну в псевдоламінарному примежовому шарі, що значно випереджає збільшення тертя (до 17 %), та обґрунтувати причини цього зростання, але також розробити методи прогнозування типу течії у примежовому шарі та визначення координат області байпасного ламінарно-турбулентного переходу.

Друга частини роботи присвячена особливостям теплообміну в псевдоламінарному примежовому шарі, що розвивається на поверхні призматичного елемента. Як відомо, призми є типовими елементами плат радіоелектронної апаратури. Для розробки ефективної системи охолодження такої апаратури необхідно оцінити тепловий стан елементів конкретної компоновки і розробити заходи щодо його поліпшення. Суть локального підходу для цієї частини роботи полягає у визначенні середньоповерхневого коефіцієнта тепловіддачі за локальною швидкістю, вимірюваної над кожним призматичним елементом. Це дозволяє оцінити просторову температурну неоднорідність компонування і провести заходи щодо зміни температури в необхідному напрямку. За допомогою отриманих рівнянь подібності для розрахунку теплообміну був оцінений температурний стан поверхні конкретних елементів. Це сприяло здійсненню більш точного прогнозування надійності елементів радіоелектронної апаратури з урахуванням умов їх роботи в неоднорідних температурних полях на відміну від наближеної та широко поширеної оцінки, яка, зазвичай, проводиться за середньовитратною швидкістю, що визначається продуктивністю вентилятора і є постійною для всіх призм, встановлених на плоскій поверхні. Таким чином, застосування локального підходу призводить до зниження витрат на розробку виробів, дозволяє зробити більш точний вибір необхідної потужності для системи охолодження, поліпшити конструкції апаратури, підвищити їх надійність та ресурс [7].

2. Локальний підхід для оцінювання впливу відриву потоку

У проточній частині теплоенергетичного обладнання часто створюються умови, які сприяють виникненню локальних замкнених відривів. Виникнення відривів

призводить до перерозподілів коефіцієнтів тепловіддачі та зміни гідродинамічного опору по довжині робочих поверхонь та супроводжується суттєвими порушеннями структури теплового та гідродинамічного ПШ в зонах самого відриву і релаксації.

Експерименти із застосуванням локального підходу, проведені в ІТТФ НАН України [8], підтвердили відновлення ПШ за відривом до «класичного» турбулентного типу з різною швидкістю цього поступового процесу, що дозволило виділити зони «швидкої» та «повільної» релаксації в зовнішній і внутрішній частинах ПШ.

Викликаючи суттєві структурні зміни поблизу стінки, відрив «працює» як генератор зовнішньої турбулентності, внаслідок чого довжина зони релаксації в зовнішній частині ПШ суттєво більша, ніж у внутрішній. Більш того, зона релаксації теплового ПШ коротша за гідродинамічну через консервативну реакцію теплових ПШ до різних збурень, включаючи відрив.

Узагальнення експериментальних даних з інтенсифікації теплообміну підтвердило ефективність використаного підходу щодо першорядної ролі турбулентної в'язкості в оцінці переносних властивостей складних течій. Завдяки такому підходу турбулентна в'язкість на зовнішній границі динамічного примежового шару в ділянці повторного приєднання $v_{t\delta r}/\nu$ обрано як основний критерій, що визначає в першому наближенні тип відриву (ламінарний, перехідний або турбулентний) та його інтенсивність.

Необхідно відмітити, що вибір умов зіставлення є дуже важливим при оцінці інтенсифікації теплообміну і узагальненні результатів експериментів. Саме використання умови $Re^{**} = const$ є більш доцільним при локальному представленні експериментальних даних, коли багато невизначеностей, пов'язаних із початковими умовами, виключаються завдяки використанню товщини імпульсу δ^{**} (а не поточної довжини x) як визначального розміру.

Вимірювання локальної структури в зоні релаксації показують різні швидкості наближення до класичного турбулентного примежового шару таких параметрів, як поздовжні та температурні флуктуації.

Результати досліджень зі застосуванням локального підходу розширили наявні ідеї щодо нетрадиційної і в деякій мірі непередбачуваної трансформації багатьох важливих характеристик динамічного і теплового ПШ в зоні релаксації: розподілів коефіцієнтів тертя і тепловіддачі, середніх швидкостей і температур, пульсацій швидкості і температури на зовнішній границі ПШ.

3. Локальний підхід для оцінювання впливу швидкісної нестационарності потоку

Як уже зазначалось в розділі «Методи дослідження», генераторами швидкісної нестационарності потоку були нерухомий циліндр і циліндр, що коливається, нерухоме і обертове «біляче» колесо, встановлені в аеродинамічній трубі. На основі застосування локального підходу для визначення розподілу локальних коефіцієнтів тепловіддачі на плоскій поверхні було підтверджено виникнення слідового ламінарно-турбулентного переходу, ініційованого нерухомими та рухомими слідами. За допомогою таких слідів можна змінювати інтенсивність теплообміну в псевдоламінарному примежовому шарі до 80 %, керуючи одночасно розташуванням і довжиною слідового ламінарно-турбулентного переходу.

Результати досліджень показали, що зовнішня течія з періодичною нестационарністю характеризується периферійною зсувною зоною та неоднорідним полем турбулентності. Для оцінки характеристик такого зовнішнього потоку було проведено його заміну на беззсувний еквівалент і запропоновано метод поділу сумарних коливань на турбулентну та нестационарну складові [9].

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що нестационарна складова згасає суттєво швидше за турбулентну складову. У початкових перерізах пластини основний внесок у сумарну поздовжню пульсацію швидкості зовнішнього потоку вносить нестационарна складова, у той час як на середині та кінцевих перерізах пластини переважає турбулентна складова. Виявлений факт є важливим із практичної точки зору, тому що дозволяє керувати інтенсивністю процесів переносу, використовуючи окремо параметри нестационарності (частоту, амплітуду) чи турбулентності.

На основі отриманих даних із застосуванням локального підходу можна розрахувати кінетичну енергію флуктуацій, їх дисипацію та характерний масштаб, а також оцінити турбулентну в'язкість турбулізованого потоку з періодичною нестационарністю. Ці дані необхідні при розрахунках процесів переносу течій з періодичною швидкісною нестационарністю, наприклад, в турбомашинах, на базі моделей турбулентності.

4. Локальний підхід для покращення системи подачі теплоносія

Ще одним прикладом застосування локального підходу до управління процесами переносу у теплоенергетичному обладнанні різного призначення була робота з покращення аеродинамічних характеристик системи подачі теплоносія у технології досушки рослинної сировини [3].

Попередньо проектуванню натурної установки передував аеродинамічний розрахунок системи подачі теплоносія. Втім, як показали подальші випробування, в цьому розрахунку недостатньо враховано вплив конструктивних елементів установки на гідродинамічну структуру потоку. Для покращення аеродинамічних характеристик системи подачі теплоносія були проведені дослідження на спеціально виготовленому експериментальному зразку установки, який повністю відтворює умови роботи натурної установки за геометричними параметрами та системою подачі повітря. Аналіз результатів цих досліджень дозволяє відпрацювати раціональніший варіант конструкції натурної установки.

Використання локального підходу полягало в оцінюванні значення середніх швидкостей та нерівномірності у розподілах локальних швидкостей, а також визначенні ступеня турбулентності потоку у характерних точках робочого простору. За рахунок конструктивних змін у системі подачі повітря були розроблені та проведені заходи, спрямовані на підвищення рівномірності полів швидкості потоку та збільшення середньої швидкості високотурбулізованого потоку теплоносія. Аеродинамічне вдосконалення системи подачі теплоносія сприяє інтенсифікації тепломасообміну, і, як наслідок, підвищує продуктивність при скороченні часу процесу досушки рослинної сировини.

Висновки і перспективи.

У статті представлено узагальнене дослідження застосування локального підходу до оцінювання процесів переносу в теплоенергетичному обладнанні різного призначення. Перевагою локального підходу є можливість фіксування теплофізичних параметрів процесу у будь-якій характерній зоні робочого простору. На основі отриманих даних розроблені методи розрахунку складних течій та вдосконалені методи контролю та управління робочими процесами в теплоенергетичному обладнанні.

Зокрема, застосування локального підходу для оцінювання впливу підвищеної турбулентності для двох типів поверхонь – плоскої пластини та плоскої плати з призматичними елементами, дозволило:

- визначити зміну локальних коефіцієнтів переносу у кожному перерізі по довжині поверхні з урахуванням локальної швидкості, що забезпечує можливості управління як інтенсивністю теплообміну в псевдоламінарному примежовому шарі, так і місцезнаходженням зони байпасного переходу, тобто створюються умови контролю найнебезпечніших теплонапружених ділянок у разі розвитку змішаних режимів течії;

- для плати із призматичними елементами визначити середньоповерхневі (за потреби – також локальні для кожної грані) коефіцієнти тепловіддачі окремого елемента за виміряною над ним локальною швидкістю. Це дозволяє врахувати просторову нерівномірність поля температур та організувати заходи щодо усунення температурної неоднорідності.

Застосування локального підходу для оцінювання впливу відриву потоку дозволило:

- виділити зони «швидкої» та «повільної» релаксації в зовнішній і внутрішній частинах ПШ;

- визначити, що відрив «працює» як генератор зовнішньої турбулентності, внаслідок чого довжина зони релаксації в зовнішній частині ПШ суттєво більша, ніж у внутрішній. Більш того, зона релаксації теплового ПШ коротша за гідродинамічну через консервативну реакцію теплових ПШ до різних збурень, включаючи відрив;

- провести узагальнення даних по інтенсифікації теплообміну з застосуванням турбулентної в'язкості в оцінці переносних властивостей складних течій;

- отримати багато важливих характеристик динамічного і теплового ПШ в зоні релаксації: розподілів коефіцієнтів тертя і тепловіддачі, середніх швидкостей і температур, пульсацій швидкості і температури на зовнішній границі ПШ, які можуть бути використаними при розробці перспективних інженерних і числових методів розрахунку складних течій в теплоенергетичному обладнанні.

Застосування локального підходу для оцінювання впливу швидкісної нестационарності потоку дозволило:

- на основі конкретних експериментальних даних обґрунтувати можливість керування за допомогою нерухомих та рухомих слідів місцезнаходженням та протяжністю області слідового ламінарно-турбулентного переходу;

- керувати інтенсивністю процесів переносу, використовуючи окремо параметри нестационарності (частоту, амплітуду) чи турбулентності;

- оцінити турбулентну в'язкість турбулізованого потоку з періодичною нестационарністю для розробки числових методів розрахунків процесів переносу течій в теплоенергетичному обладнанні різного призначення.

Застосування локального підходу для покращення системи подачі теплоносія дозволило:

- впровадити конструктивні зміни у системі подачі повітря, спрямовані на підвищення рівномірності полів швидкості потоку, збільшення середньої швидкості та підвищення ступеня турбулентності потоку теплоносія, що сприяє інтенсифікації теплообміну;

- покращення аеродинамічних характеристик системи підводу теплоносія забезпечує необхідну якість обробки матеріалу при скороченні часу процесу досушки рослинної сировини.

Список використаних джерел

1. Wissink J.G., Zaki T.A., Rodi W. et al. The Effect of wake Turbulence Intensity on Transition in a Compressor Cascade. Flow Turbulence Combust. 2014. Vol. 93, P. 555–576. <https://doi.org/10.1007/s10494-014-9559-z>.

2. Simoni D., Ubaldi M., Zunino P. et al. Transition mechanisms in laminar separation bubbles with and without incoming wakes and synthetic jet effects. *Exp Fluids*. 2012. Vol.53, P. 173–186. <https://doi.org/10.1007/s00348-012-1281-9>
3. Suprun T.T. Local approach to improve the aerodynamic characteristics of the final drying process. *Eurasian Physical Technical Journal*. 2022. Vol. 19, No. 2 (40), P. 65 – 70, <https://doi.org/10.31489/2022No2/65-70>, ISSN 1811-1165 (Print); 2413-2179 (Online), UDC 536.24:532.526 <https://fast3.ksu.kz/index.php/EPTJ/article/view/125/45>
4. Dick E., Kubacki S. Transition Models for Turbomachinery Boundary Layer Flows: A Review. *International Journal of Turbomachinery, Propulsion and Power*. 2017. Vol. 2, Issue 2. P. 1-45; doi:10.3390/ijtp2020004
5. Shahinfar S.; Fransson J.H.M. Effect of free-stream turbulence characteristics on boundary layer transition. *J. Phys. Conf. Ser.* 2011. Vol. 318, 032019.
6. [Grzelak J.](#), [Wiercinski Z.](#) Length scale of free stream turbulence and its impact on bypass transition in a boundary layer. *Journal of Applied Fluid Mechanics*. 2017. DOI: 10.18869/acadpub.jafm.73.238.27159
7. Suprun T.T. Local approach for evaluating heat transfer of prismatic elements on a flat surface. *Eurasian Physical Technical Journal*. 2021. Vol.18, No. 3 (37). P. 43-47. DOI 10.31489/2021No3/43-47 https://up.ksu.kz/phtj/2021_19_1_37/7.pdf
8. Epik E.Ya., Suprun T.T. Local characteristics of the boundary layer in relaxation zone after a local closed separation. *Eurasian Physical Technical Journal*. 2009. Vol.6, No.2(12), P.12-18.
9. Suprun T. Physical modeling the unsteady flow with wakes. *Eurasian Physical Technical Journal*. 2017. Vol.14, No. 2(28). P. 113 - 119. http://phtj.ksu.kz/files_phtj/2018.01/19.pdf

References

1. Wissink, J.G., Zaki, T.A., Rodi, W. *et al.* (2014). The Effect of wake Turbulence Intensity on Transition in a Compressor Cascade. *Flow Turbulence Combust.* 93, 555–576 <https://doi.org/10.1007/s10494-014-9559-z>.
2. Simoni, D., Ubaldi, M., Zunino, P. *et al.* (2012). Transition mechanisms in laminar separation bubbles with and without incoming wakes and synthetic jet effects. *Exp Fluids*. 53, 173–186 <https://doi.org/10.1007/s00348-012-1281-9>
3. Suprun T.T. (2022). Local approach to improve the aerodynamic characteristics of the final drying process. *Eurasian Physical Technical Journal*, 19/2 (40), 65 – 70, <https://doi.org/10.31489/2022No2/65-70> , ISSN 1811-1165 (Print); 2413-2179 (Online), UDC 536.24:532.526 <https://fast3.ksu.kz/index.php/EPTJ/article/view/125/45>
4. Dick, E., Kubacki, S. (2017). Transition Models for Turbomachinery Boundary Layer Flows: A Review. *International Journal of Turbomachinery, Propulsion and Power*. 2/2. 1-45; doi:10.3390/ijtp2020004
5. Shahinfar, S.; Fransson, J.H.M. (2011). Effect of free-stream turbulence characteristics on boundary layer transition. *J. Phys. Conf. Ser.*, 318, 032019.
6. [Grzelak, J.](#) [Wiercinski, Z.](#) (2017). Length scale of free stream turbulence and its impact on bypass transition in a boundary layer. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, DOI: 10.18869/acadpub.jafm.73.238.27159

7. Suprun, T.T. (2021). Local approach for evaluating heat transfer of prismatic elements on a flat surface. Eurasian Physical Technical Journal, 18/ 3 (37), 43-47. DOI 10.31489/2021No3/43-47 https://up.ksu.kz/phtj/2021_19_1_37/7.pdf

8. Epik, E.Ya., Suprun, T.T. (2009). Local characteristics of the boundary layer in relaxation zone after a local closed separation. Eurasian Physical Technical Journal, 6/2(12), 12-18.

9. Suprun, T. (2017). Physical modeling the unsteady flow with wakes. Eurasian Physical Technical Journal, 14/2(28), 113 - 119. http://phtj.ksu.kz/files_phtj/2018.01/19.pdf

Application of a local approach for evaluating transfer processes in thermal power equipment

T. Suprun

Abstract. *It is known that, as a rule, heat carrier flows in the flow path of thermal power equipment are significantly turbulized due to many disturbing factors (increased turbulence, velocity unsteadiness, pressure gradients, local closed separations, etc.). The results of comprehensive studies of transfer processes under complex conditions of interaction between external (increased turbulence) and internal (separation) turbulence effects, typical for heat and power equipment, make it possible to develop measures to improve the thermal efficiency of working surfaces and the coolant supply system.*

The object of this study is the heat exchange surfaces of power, chemical and electronic equipment, as well as coolant supply systems for the development of energy efficient heat technologies.

The purpose of the work is to develop methods for evaluating the transfer processes in thermal power equipment based on local control of thermophysical parameters in characteristic zones of the working environment.

Research method - physical modeling of turbulent effects of different nature and processes of heat, momentum and mass transfer using hot-wire, electrocalorimetric measurement methods and thermal mass analogy methods.

The studies were carried out in specially made experimental samples of installations that completely reproduce the operating conditions of a full-scale installation in terms of geometric parameters and coolant supply system.

The advantage of the work is the local approach, which allows fixing thermophysical parameters in a characteristic zone of the working space. The use of this approach makes it possible to control the most dangerous heat-stressed areas and takes into account the spatial non-uniformity of the temperature field, which is the basis for developing measures to improve the thermal efficiency of working surfaces.

The paper considers a generalized study of the local approach application on the examples of assessing the impact of increased turbulence, local closed separations, flow with periodic nonstationarity on the transfer processes in the flow part of heat and power equipment, as well as for developing an effective coolant supply system for the final drying of plant materials.

Key words: *local thermophysical parameters, local aerodynamic characteristics, heat exchange surfaces, coolant supply system*