

По приведенным данным минимальные потери для двух поездов на МЗ четного направления составляют 918 кВт, а максимальные 4136 кВт, на МЗ нечетного направления минимальные потери для двух поездов 1310 кВт, максимальные 14175 кВт. Вариация потерь мощности в зависимости от дислокации и расстояния между поездами достигает – 3,5 раза на МЗ четного направления и почти 10 раз на МЗ нечетного направления.

Выводы

В ходе проведенных исследований установлено, что одно и то же количество поездов может быть пропущено по участку с различными потерями мощности в тяговой сети в зависимости от дислокации и расстояния между поездами на МЗ, что приводит к задаче определения оптимальных расстояний между поездами по критерию минимума суммарных потерь мощности в контактной сети. Вариация потерь мощности в зависимости от дислокации и расстояния между поездами достигает – 3,5 раза на МЗ четного направления и почти 10 раз на МЗ нечетного направления.

Список литературы: 1. *Левин, Д. Ю.* Теория оперативного управления перевозочным процессом [Текст] / Д. Ю. Левин. - М. : Транспорт, 2008. – 625 с. 2. *Гетьман Г.К.* Теория электрической тяги [Текст] / Г.К. Гетьман. – Д: Маковецкий, 2011. – 362 с. 3. *Бобирь, Д. В.* Усовершенствование режимов ведения грузового поезда с электрической тягой [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.22.07 / Бобирь Дмитрий Валерьевич; [ДНУЖТ].-Д.:2000.- 23 с. 4. *Марквардт, К.Г.* Электроснабжение электрифицированных железных дорог [Текст] / К.Г.Марквардт. – М:Транспорт, 1982.–528 с. 5. *Мирошниченко, Р. И.* Режимы работы электрифицированных участков [Текст] / Р. И. Мирошниченко - М. : Транспорт, 1982. – 207 с. 6. Проектирование систем энергоснабжения электрических железных дорог / [Бесков Б.А., Геронимус Б.Е., Давыдов В.Н. и др.]; под ред. Л.М. Перцовского. - М.: Трансжелдориздат, 1963. – 471 с. 7. Эксплуатационные требования к параметрам устройств энергоснабжения железных дорог, электрифицированных на постоянном токе [Текст] : сб. науч. тр. / ВНИИЖТ – Москва : Трансжелдориздат, 1959. – 234 с. 8. *Гаранин, М. А.* Совершенствование расчета наличной пропускной способности железных дорог постоянного тока по условиям электроснабжения [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.22.07 / М. А. Гаранин. – Самара: 2004. – 25 с.

Поступила в редколлегию 17.03.2012

УДК 629.735.083.02.06(045)

Ю.М. ТЕРЕЩЕНКО, докт.техн.наук, проф., НАУ, Київ,
І.О. ЛАСТІВКА, канд.техн.наук, зав.каф., НАУ, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ОБТІКАННЯМ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИФУЗОРНИХ КОМПРЕСОРНИХ РЕШІТОК

Проведено дослідження ефективності впливу активного управління обтіканням дифузорних компресорних решіток на кут відставання потоку та рівень втрат повного тиску.

Ключові слова: газодинамічне управління обтіканням, дифузорні решітки.

Проведены исследования эффективности влияния активного управления обтеканием диффузорных компрессорных решеток на угол отставания потока и уровень потерь полного давления.

Ключевые слова: газодинамическое управление обтеканием, диффузорные решетки

Researches of efficiency of active influence on a flow diffuser compressor lattices and on a corner of a stream backlog and total pressure level losses are conducted.

Key words: gas-dynamic influence on a flow, diffuser compressor lattices.

1. Вступ

Необхідність покращення характеристик компресорних решіток газотурбінних двигунів викликана тенденціями розвитку авіаційного двигунобудування. Вирішення задач щодо підвищення аеродинамічної навантаженості лопаткових вінців, розширення діапазону беззривного обтікання решіток, зниження рівня втрат в проточній частині компресора і ін. [1,2,3] спрямовано на підвищення ефективності та газодинамічної стійкості авіаційних ГТД. Наявність за вихідними кромками лопаток статора аеродинамічних слідів [4,5,6] призводить до нерівномірності поля швидкостей і тисків та зривного обтікання лопаткових вінців. Зрив потоку з поверхні лопаток відбувається за рахунок того, що тиск в примежовому шарі на спинці лопатки менший, ніж в ядрі потоку в міжлопатковому каналі [7,8]. Уникнути зриву потоку або зменшити його за межу робочих режимів можливо шляхом газодинамічного впливу на

примежовий шар. Газодинамічна дія на течію здійснюється шляхом видування повітря через щілини профілів у напрямі осевого потоку по дотичній до обтічної поверхні. Як показали результати цілого ряду досліджень [6,7,8,2], струмінь повітря, що витікає з щілини на поверхні лопаток, після невеликої початкової ділянки I (рис. 1), що характеризується ядром постійних швидкостей і тисків, утворює спочатку

ділянку II (струменевий примежовий шар зливається з супутнім потоком), а потім основну ділянку III, де пристінний примежовий шар з'єднується зі струменевим.

2. Постановка задачі

Задача дослідження полягала у визначенні ефективності впливу активного управління обтіканням профілів дифузورних решіток на їх характеристики – на кут відставання потоку Δ та рівень втрат повного тиску ξ .

3. Проведення дослідження і аналіз результатів

Схема дифузорної компресорної решітки та її основні геометричні параметри зображені на рис.2. Вибір місця розміщення щілини висотою

$\bar{h}_u = h/b$ на поверхні лопаток на відстані b_u від передньої кромки по хорді b ґрунтувався на рекомендаціях і результатах розрахунків точки відриву потоку згідно з методами, розвиненими у роботах [9,10,7,8]. Напрямок вектора швидкості струменя повітря, що видувається через щілину \vec{W}_b , повинен бути паралельним

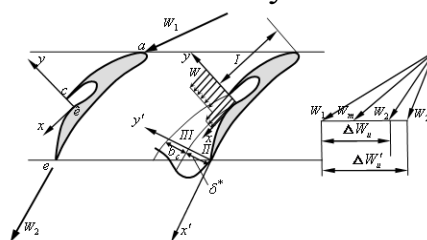


Рис. 1. Розрахункова схема течії в дифузорній решітці з газодинамічним управлінням обтіканням

$$c_{\mu} = K \frac{\rho_6 W_6^2 h_{u1}}{\rho_1 W_1^2 t \sin \beta_1} = K \frac{\rho_6 W_6^2 \bar{h}_{u1}}{\rho_m W_m^2 t \sin \beta_m} = K \frac{\rho_6 W_6^2}{\rho_m W_m^2} \bar{h}_{u1} \left(\frac{b}{t} \right) \cdot \frac{1}{\sin \gamma},$$

де ρ_a і W_a – густина і швидкість газу на виході із щілини; ρ_m – умовна середня густина потоку в решітці; h_u – висота щілини; $\bar{h}_u = h_u / b$ – відносна висота щілини; K – коефіцієнт пропорційності (враховує непаралельність \vec{W}_a і \vec{W}_m); b – хорда профілю; γ – кут установлення профілю.

В процесі експериментальних досліджень було розглянуто характеристики 18 решіток: 12 решіток було складено з лопаток, середня лінія профілів яких була зігнута по дузі кола, а 6 решіток мали лопатки, середня лінія профілів яких згиналася по гіперболі.

На рис. 3 – 7 приведені графічні залежності

$$\square = f_1 \left(\frac{b}{t}; c_{\mu}; \lambda_{W_1} \right); \xi = f_2 \left(\frac{b}{t}; c_{\mu}; \lambda_{W_1} \right),$$

отримані в результаті обробки даних експериментальних досліджень.

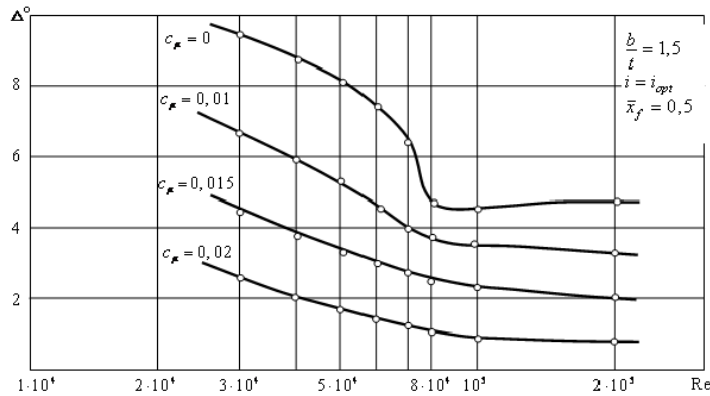


Рис. 3. Вплив зміни Re на кут відставання потоку за дифузornoю решіткою при $\theta = 20^\circ$

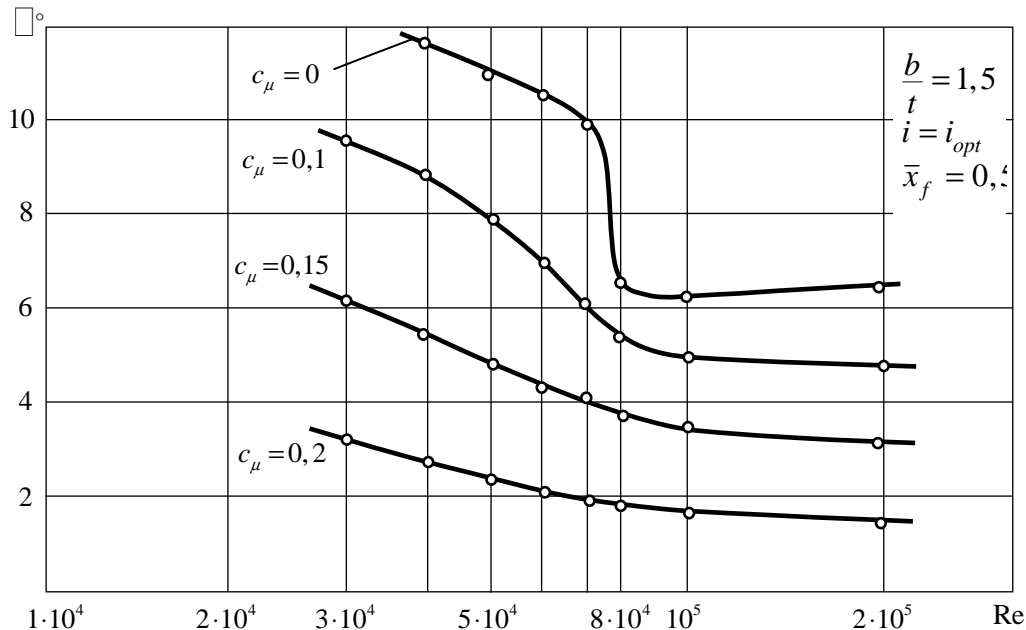


Рис. 4. Вплив зміни Re на кут відставання потоку за дифузornoю решіткою при $\theta = 30^\circ$

Результатами досліджень показано, що при обтіканні решіток профілів кут відставання зростає при збільшенні кута згину і кута установлення профілів. Кут відставання потоку $\alpha = \beta'_2 - \beta_2$ зменшується при збільшенні густоти дифузорних решіток. Окрім цих величин на кут відставання певний вплив чинять кінематичні параметри і зміна критеріїв M і Re .

У якості першого наближення при визначенні кутів відставання потоку в дифузорних решітках з управлінням обтіканням можуть бути рекомендовані наступні напівемпіричні співвідношення:

$$\begin{aligned} \text{при } \theta \leq 30^\circ \quad \alpha &= \frac{g\sqrt{t/b}(\alpha\beta - 1)}{1 - g\sqrt{t/b}} \left(1 - 2,72 \cdot 10^m \cdot c_\mu \frac{1}{\cos^2 \theta} \right); \\ \text{при } \theta > 30^\circ \quad \alpha &= \frac{g\sqrt{t/b}(\alpha\beta - 1)}{1 - g\sqrt{t/b}} \left(1 - 2,53 \cdot 10^m \cdot c_\mu \frac{1}{\cos^2 \theta} \right), \end{aligned}$$

де $g = 0,23(2a/b)^2 + 0,1(\beta_2/50)$; $m = 0,8-1,2$.

В решітках, середня лінія яких була зігнута по гіперболі, інтенсивність управління обтіканням, при якій забезпечувалося $\alpha = 0^\circ$, була на 10–15 % (по c_μ) меншою, ніж в решітках з тією ж густотою, але складених із профілів з середньою лінією у формі дуги кола. Це може бути пояснено кращим змішуванням потоків в примезових шарах за щілинами для видування на профілях з гіперболічною середньою лінією.

На рис. 5–7 представлені результати досліджень впливу управління обтіканням на коефіцієнт втрат повного тиску в дифузорних решітках. На відміну від розгляду впливу c_μ на кут відставання потоку α , коли кут атаки приймався оптимальним, при дослідженні впливу зміни c_μ на ξ розглядався досить широкий діапазон зміни кутів атаки (практично від кута i_{\min} , що відповідає коефіцієнту втрати повного тиску в решітці ξ_{\min} , до i_{\max} , що відповідає настанню зривних режимів течії на зовнішній поверхні лопаток).

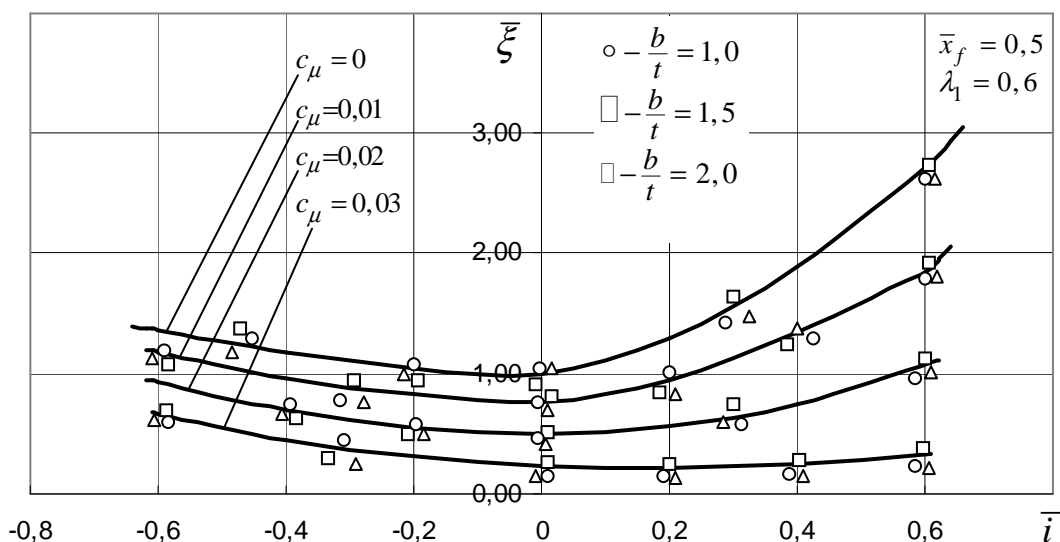


Рис. 5. Залежність рівня втрат в дифузорних решітках від інтенсивності управління обтіканням при $\theta = 20^\circ$

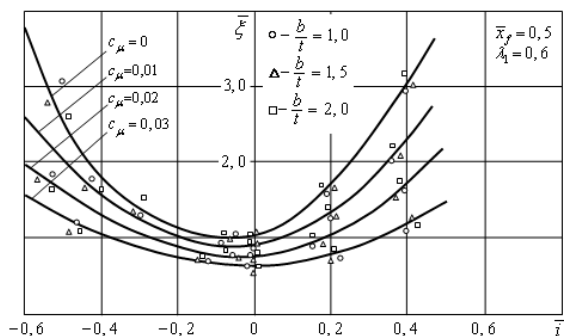


Рис. 6. Залежність рівня втрат в дифузорних решітках від інтенсивності управління обтіканням при $\theta = 40^\circ$

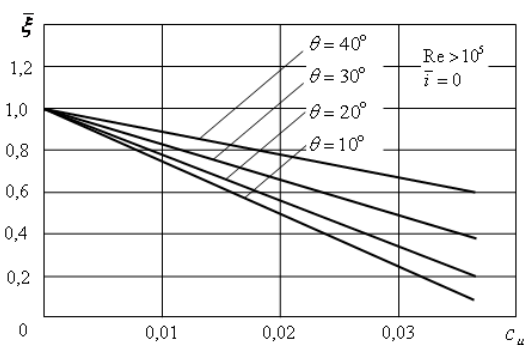


Рис. 7. Узагальнені залежності відносного рівня втрат в дифузорних решітках від інтенсивності управління обтіканням

Вказана обставина дозволила певним чином систематизувати отримані результати і представити їх у вигляді узагальненої залежності:

$$\bar{\xi} = \frac{\xi}{\xi_{\max}} = f\left(\bar{i}, \theta, c_\mu, \frac{b}{t}\right).$$

З метою отримання певних узагальнень, що дозволяють уточнити дані теоретичних досліджень, оброблені відповідним чином експериментальні дані представлялись у вигляді залежностей (рис. 7):

$$\bar{\xi} = f(\bar{i}, c_\mu), \text{ при } \theta = \text{const}, \frac{b}{t} = \text{const}.$$

Величина відносного кута атаки \bar{i} визначалася з умови:

$$\bar{i} = \frac{i - i^*}{\square \beta^*},$$

де i – поточне значення кута атаки; i^* – кут атаки, що відповідає режиму обтікання решітки з максимальним ККД; $\square \beta^* = \beta_2^* - \beta_1^*$ – кут повороту потоку на номінальному режимі; β_1^* і β_2^* – кут входу потоку в решітку і кут виходу потоку з решітки на номінальному режимі, відповідно. Величина i^* визначалася за наближеною формулою, запропонованою А.П. Комаровим [13]:

$$i^* = 4,5 - 0,3\theta \frac{t}{b} \left[1,81 - (2\bar{x}_f)^2 \right].$$

4. Висновки

1. Активна дія на потік в дифузорних решітках призводить до зміни значень кута відставання потоку: при оптимальному куті атаки кут відставання зменшується при збільшенні густоти дифузорних решіток; на зміну кута відставання певний вплив чинять, значання чисел Рейнольдса, а також кут згину профілів.

2. На нерозрахункових режимах обтікання дифузорних решіток при великих кутах атаки ефект управління обтіканням найістотніше позначається на характері зміни залежностей $\bar{\xi} = f(i)$. Помітний вплив на ефективність управління обтіканням чинить кут згину середньої лінії профілів θ : чим більший кут згину

середньої лінії, тим менш ефективно впливає управління обтіканням на рівень витрат при нерозрахунковому режимі обтікання решіток.

Список літератури: 1. *Lieblein S.* Theoretical Loss Relations for Low-Speed Two-Dimensional-Cascade Flow / S. Lieblein, W. Randebusch. – NASA TN 3662, 1956. 2. *Терещенко Ю.М.* Аэродинамическое совершенствование лопаточных аппаратов компрессоров / Ю.М. Терещенко. – М.: Машиностроение, 1987. – 168с. 3. *Терещенко Ю.М.* Аэродинамика компрессоров с управлением отрывом потока / Ю.М. Терещенко, М.М. Митрахович. – К.: Институт математики НАН Украины, 1996. – 252с. 4. *Гинзбург С.И.* Исследование неравномерного по окружности течения перед осевой компрессорной ступенью / С.И. Гинзбург, А.А. Сусленников // Сб. «Лопаточные машины и струйные аппараты». – М.: Машиностроение, 1971. 5. *Самойлович Г.С.* Нестационарное обтекание и аэроупругие колебания решеток турбомашин / Г.С. Самойлович. – М.: «Наука», 1969. – 444 с. 6. *Гиневский А.С.* Теория турбулентных струй и следов / А.С. Гиневский. – М.: Машиностроение, 1969. – 400 с. 7. *Чжен П.* Управление отрывом потока / П. Чжен. – М.: Мир, 1979. – 365с. 8. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Наука, 1969. – 742 с. 9. *Абрамович Г.Н.* Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. – М.: Физматгиз, 1976. – 888 с. 10. *Степанов Г.Ю.* Гидродинамика решеток турбомашин / Г.Ю. Степанов. – М.: Физматгиз, 1962. 11. *Терещенко Ю.М.* Экспериментальное исследование плоских компрессорных решеток с управлением пограничным слоем / Ю.М. Терещенко, А.Н. Говоров // Сб. материалов НТК, КВВАИУ, 1968. 12. *Терещенко Ю.М.* Исследование управления пограничным слоем в компрессорных решетках / Ю.М. Терещенко // Сб. Авиационные двигатели, КВВАИУ, 1969. 13. *Комаров А.П.* Исследование плоских компрессорных решеток / А.П. Комаров // Сб. «Лопаточные машины и струйные аппараты». – М.: Машиностроение, 1967. – № 2. 14. *Бекнев В.С.* Оптимальное профилирование решеток дозвуковых компрессоров, вентиляторов и насосов / В.С. Бекнев // Известия высшей школы. – М.: Машиностроение, 1963. – № 9.

Поступила в редколлегию 17.03.2012

УДК 621.311

А. В. ПРИХОДЬКО, директор ООО «Южкабель - сервис», Харьков

УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ (ТЭП) ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ ТЭС

Розглянуті методичні похибки, які виникають при автоматичному визначенні ТЕП в АСУ ТП енергоблоків ТЕС, а також засоби зменшення їх впливу на точність розрахунку ТЕП

Ключові слова: АСУ, енергоблок, електростанція

Рассмотрены методические погрешности, возникающие при автоматическом определении ТЭП в АСУ ТП энергоблоков ТЭС, а также способы уменьшения их влияния на точность расчета ТЭП

Ключевые слова: АСУ, энергоблок, электростанция

Methodical errors arising up at automatic determination of technical and economic indexes in automated control system of management the technological processes of power units of the thermal electric stations, and also methods of reduction of their influence, are considered on exactness of calculation of technical and economic indexes

Keywords: АСУ, power unit, power-station.