

Резюмета на научните трудове на д-р инж. Галина Илиева

• ДИСЕРТАЦИЯ И СВЪРЗАНИ С НЕЯ ПУБЛИКАЦИИ -А.1-А.6 /не се представят резюмета/

A1. G. I. Пиева, R. D. Yosifov, “Geometry Modeling Features for 3D Turbine Cascade with Twisted Rotor Blade in GAMBIT”, Acta Universitates Pontica Euxinius Number 2, Volume 5, 2005; ISSN 1312-1669, p.7-12.

A2. R. D. Yosifov, N.A. Lazarovski, D.A. Kavlakov, **G. I. Пиева** “Evaluation to the Possibilities for Improvement of the Aerodynamical Quality of the Turbine Lattices.”- Part I. Acta Universitates Pontica Euxinius Number 2, Volume 5, 2005; ISSN 1312-1669, p.13-18.

A3. R. D. Yosifov **G. I. Пиева** N.A. Lazarovski “Evaluation to the Possibilities for Improvement of the Aerodynamical Quality of the Turbine Lattices.”- Part II. Acta Universitates Pontica Euxinius Number 2, Volume 5, 2005; ISSN 1312-1669, p.19-23.

A4. Г. Илиева, „Числено моделиране и изследване на ерозионното износване на турбинни лопатки при 3D движение на реално течение в турбинно стъпало работещо в областта на влажна пара”, Механика на машините, ISSN 0861-9727, Международна конференция „Дни на механиката”, Варна 2008, „Механика на машините”, 2009, 75-78стр.

A5. Галина Илиева Илиева, „Числено моделиране и изследване на 3D движение на реален поток в турбинно стъпало с радиална хлабина-особености и подходи, сходимост на числената процедура. Част I.”, Годишник на Технически университет-Варна, 2008, 59-64стр.

A6. Галина Илиева Илиева, „Числено моделиране и изследване на 3D движение на реален поток в турбинно стъпало с радиална хлабина-особености и подходи, сходимост на числената процедура. Част II. Резултати.”, Годишник на Технически университет-Варна, 2008, 65-68 стр.

Б. ПУБЛИКАЦИИ РАВНОСТОЙНИ НА МОНОГРАФИЧЕН ТРУД
„Парни и газови турбини - съвременни подходи за аеротермодинамично моделиране и повишаване на ефективността ”

B1. Galina Ilieva Ilieva, Numerical modeling and research of a 3D turbine stage, Engineering Applications of Computational Fluid Dynamics, Series: Advanced Structured Materials, Springer International Publishing, 2015, Vol. 44, VI, 181 p., ISBN (online) 978-3-319-02836-1, DOI: 10.1007/978-3-319-02836-1_8, pp.103-126.

Публикацията описва подробно изградената методология за геометрично и числено моделиране на турбинно стъпало, която е приложена на изследване в тримерен аспект на стъпало с относително голяма дължина и винтообразен работен апарат. В различните етапи от решаване на поставената задача се прилагат, установените в хода на проведените изследвания, конкретни подходи за преодоляване на проблемите с получаването на лошо обусловени елементи и несходимост на числената процедура.

Представената методика в средата на програмни системи GAMBIT и FLUENT, е приложена успешно в изследвания свързани с ефектите на грапавост върху обтекаемите повърхнини, ерозионно въздействие на течението върху лопатките, влияние на радиалната хлабина върху особеностите на течението в проточната част на турбинния агрегат, разпределение на налягането по обтекаемите стени на лопатките, по сечения в радиално направление и т.н. Разработени са и различни от основните и посочени в публикацията, особености и подходи за сходимост на решението, за всеки конкретен случай.

Методиките са верифицирани и валидирани успешно, могат да бъдат прилагани в случаите на:

- изследване обтичането на лопатки с различна дължина (вкл. и при отношение $d/l < 12$) и наличие на тангенциален наклон;
- изследване на различни по вид радиални и аксиални уплътнения в турбинни стъпала, с цел установяване на ефективността им на работа и намаление на загубите от изтичане на работно тяло от луфтовете;
- изследване на влиянието на грапавините по обтекаемите повърхнини на лопатките, с цел определяне на степента на вихрообразуване и ефективността на преобразуване на енергията в стъпалата;
- изследване на особеностите в течението на двуфазен флуид, оценка на влиянието на вторичната фаза върху обтичането на лопатките, разпределението на параметрите на течението, ерозионното въздействие върху НА и РА и коефициента на полезно действие на стъпалото;
- идентифициране на вторичните течения и причините за възникването им;
- разпределение на налягането по лопатките, с цел решаване на задачата за вибрационно и якостно натоварване;
- изследване на особеностите на охлаждане и ефективността на различни схеми на охлаждане в газотурбинни стъпала, както и много други.

Разработените подходи и методиките като цяло, са верифицирани с цел тяхната приложимост за различни аспекти на работата на турбомашини.

С определени малки изменения, методологията е подходяща за моделиране и на други ротационни машини, не само турбини.

Част от разработената методология и получените резултати са използвани, като учебни материали в обучението на студентите по „Корабни парни и газови турбини”, както и са приложени за целите на реконструкция и модернизирание на турбоагрегати.

B2. Galina Ilieva, Rhomboid Concave and Convex Dimples Applied for Cooling in Gas Turbines, International Journal of Science and Research, 2016, Vol.5, Issue 3, ISSN (Online): 2319-7064, pp.1491-1496, IF: 5.611

В изследването се разглежда голяма част от съществуващите подходи за охлаждане на лопатките на газови турбини, анализират се техните предимства и недостатъци. Извършеният преглед на множество публикации и получените резултати показват, че усилията са съсредоточени главно към моделиране на съществуващи конструкции и изследване на влиянието на различни геометрични и аеродинамични параметри върху тяхната ефективност.

Целта на настоящата разработка е да предложи, моделира и изследва ромбоидни изпъкнали и вдлъбнати елементи, разположени нерегулярно и използвани за оптимизация на процеса на охлаждане на турбини лопатки.

Идеята на предложената геометрия и начина на разположението на турбулизаторите е достигане на интензивно вихрообразуване, увеличени нива на топлообмен, последвани от значително охлаждане на температура напрегнатите повърхнини на турбинните лопатки.

Геометричният модел и дискретизацията на флуидното поле са изпълнени в среда на програмна система GAMBIT. Численото моделиране е обект на FLUENT, като са използвани и предходно разработени подходи за сходимост на итерационната процедура.

Числените резултати показват, че нивата на топлообмен се повишават значително при изпъкнали елементи, използвани като прегради по пътя на охлаждащия флуид.

В местата, където са съсредоточени голяма част от елементите, които са и с променливи размери, се отчита и най-интензивното завихряне на флуида. В близост до стените на охлаждащия канал се наблюдават по-ниски степени на турбулентна активност, т.е. по-малка степен на охлаждане, понижени са и коефициентите на топлообмен.

При вдлъбнати ромбоидни елементи степента на завихряне на потока е много по-малка, което намалява и степента на охлаждане. Това е така, защото няма взаимодействие между охлаждащия флуид и множеството остри ръбове, при обтичането на които, се получава значително откъсване на граничен слой и вихрообразуване (вихрови пътеки на Карман).

Сравнението на получените резултати показва, че в канал с вдлъбнати елементи, топлообменът е 1,98 пъти по-интензивен от този в канал с гладки стени. Сравнението на резултатите, за случаите на изпъкнали и вдлъбнати елементи, показва 2 пъти по-интензивен топлообмен в полза на изпъкналите ромбоидни елементи, разположени на пътя на охладителя.

Разработеният подход за числено моделиране, извършените изследвания и получените резултати показват по безспорен начин приложимостта на идеята за изпъкнали, ромбоидни турбулизатори, разположени така, че да се търси умишлено ефект на по-интензивно вихрообразуване, за целите на високоефективното охлаждане на турбинни лопатки.

B3. Galina Ilieva, “GEOMETRY MODELING OF 3D TURBINE STAGES - HOW TO OBTAIN HIGH QUALITY GRID AND OVERCOME DISCRETIZATION PROBLEMS” International Journal of Research – Granthaalayah, 2016, Vol. 4, No. 2, ISSN(Online)- 2350-0530, pp.197-205. IF: 3.025

Моделирането и изследването на особеностите на аеродинамиката на 3D свиваем, вискозен и турбулентен поток, обтичащ стъпала със сложна геометрия, изисква изграждане на геометричен модел и неговата дискретизация с мрежа от висококачествени елементи, за намиране на разпределението на параметрите на работното тяло. Независимо от заложените опции и възможности в програмна система GAMBIT, получената мрежа от дискретизационни елементи може да е с ниско качество - „ляво ориентирани” елементи, такива с отрицателни обеми, силно изтеглени елементи, елементи с малки ъгли и други, които способстват за получаването на нереални физични резултати за параметрите на изследваното течение или водят до несходимост на числената процедура.

Това изследване е насочено към създаване, верифициране и въвеждане на набор от подходи за геометричното моделиране на 3D стъпала със сложна геометрия, дискретизирани с мрежа от елементи с високо качество на формата. Разработени са и представени специфични подходи за геометрично моделиране; целта е успешно преодоляване на всички предизвикателства на геометричното моделиране и дискретизацията.

Въз основа на извършените изследвания е създадена система от подходи за моделиране и анализ на 3D турбинни стъпала със сложна геометрия, като са разработени специфични подходи за получаването на елементи с високо качество на формата. Някои от най-важните съвети, които трябва да се следват при дискретизация на 3D турбинни, а и компресорни стъпала, са:

- при дискретизация на флуидното поле около турбинни и компресорни лопатки със силно изразена винтообразност, се прилага схемата на Купър, при която се следва изменението на формата на профила в радиално направление;
- формата на входните и изходящи ръбове трябва да се дискретизира при внимателен подбор на опциите и с голям брой елементи, за да се избегнат проблемите с получаване на физически нереална картина на обтичането, поради получени неравномерности и остри ръбове, в резултат на погрешно и неточно дискретизиране;
- внимателен подбор на прилаганите подопции “internal count” и “successive ratio” и техните стойности, за да не се получават силно изтеглени елементи и мн.др.

Като резултат от множеството изследвания в GAMBIT е създадена логическа последователност от подходи, които трябва да бъдат следвани за изграждане на съответната геометрия. Във връзка с достигането на високо качество на мрежата и достоверни резултати за аеродинамиката на работното тяло, са намерени и въведени в практиката определени подходи за получаване на мрежа от елементи с високо качество на формата.

Разработените подходи са широко приложими за изследвания на различни ротационни машини, приложени са и при разрешаване на проблеми в хода на геометричното моделиране, като част от решаване на разнообразни задачи за индустрията.

B4. Galina Ilieva, Reliability of Turbine Blades in Wet Steam Conditions, International Journal of Science and Research, (под печат) IF: 5.611

Ерозията на турбинни лопатки води до грапавини по обтекаемите повърхнини, изменения в траекторията на флуидните частици и намаление на ефективността на работа на стъпалата и агрегата, като цяло. Процесът на отлагане на водни капки върху обтекаемите ръбове и странични повърхнини на лопатките е много сложен, зависи от аеродинамиката на работното тяло, геометрията на лопатките, размерите на капките, особеностите и динамиката на водния филм, ротационната скорост, действащите сили и други фактори. Ерозията и особеностите в динамиката на вторичната фаза способстват за изменение на формата на повърхнините, намаление на ефективността на преобразуване на енергията и други негативни ефекти. Изучаването и задълбочените познания за причините, механизмите и ефектите на ерозионното износване са изключително важни, за да се гарантира надеждна и високоефективна работа на турбинните агрегати.

Целта на това изследване е моделиране, изучаване и анализ на механизмите и оценка на влиянието на ерозията в турбинни лопатки; създаване на модел за изчисляване на времето до възникване на ерозията, намиране на местата с най-силна ерозия, с цел бъдещо предвиждане на определени подходи за намаление на влажността и ерозионното износване.

Създаден е специфичен код, който включва уравнения, моделиращи динамиката, разпределението, взаимодействието на водните капки в обема на двуфазния флуид. Този код работи успоредно с основния модел „Discrete Phase Modeling”, който е заложен в FLUENT и обогатява значително математическия апарат за изследване на поставените проблеми. Моделира се динамиката на работното тяло при различни размери на водните капки и различна степен на влажност в стъпалото.

След получаване на числените резултати се анализират: траекториите на частиците на двуфазното работно тяло и причините за отчетените отклонения, измененията в скоростите и направлението (по скоростните триъгълници) на парните и водните частици; визуализират се местата на ударното действие на водните капки.

Въз основа на извършените изследвания и получени числени резултати е изградена и представена логическа последователност за изчисление на: броя на ударите от водните капки върху единица повърхнина, времето за поява на първите следи от ерозия, загубата на материал от повърхнините, заради ерозионното износване.

Разработените програмен код, подход на числено моделиране и зависимости, са успешно приложени и верифицирани за: анализ на динамиката на двуфазен флуид в турбинни стъпала; визуализация на траекториите на водните капки и местата на ерозионно износване; намиране на важни параметри, като: сила на ударно действие на капките, времето до поява на ерозия, степен на ерозионно износване, брой капки и брой удари по повърхнините.

Разработените подходи могат да се прилагат в обучението на студенти, като алтернатива на скъпоструващи измервания, като база на изследване за намиране на подходи за намаление на влажността и ерозията в турбинни лопатки.

Численият код е успешно допълнен и от модел на кондензация и изпарение, предстои и отпечатването на научна публикация, която дискутира получените резултати.

B5: Galina Ilieva Ilieva, GEOMETRY AND NUMERICAL MODELING OF 3D TURBINE STAGE. PART I MODELING FEATURES, TEHNONAV 2010 THE 7TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON NAVAL, MECHANICAL, INDUSTRIAL AND POWER ENGINEERING 20-22.05.2010 в Ovidius University Annals, 2010, vol. X, Том. I.

Енергопреобразуването в течението на реален работен флуид в турбинни стъпала се характеризира с множество особености и е сложен процес, породен основно от наличието на тримерност, отчитане ефектите на свиваемост, вискозност и променливост на свойствата на флуида, както и от допълнителното вихрообразуване.

В част първа на публикацията се представят особеностите свързани с изграждане на геометричния модел на турбинно стъпало с винтообразен, подвижен работен апарат и дефинирана радиална хлабина в среда на програмен продукт GAMBIT. Разглеждат се проблемите на дискретизацията на изследваната флуидна област, подходите за тяхното преодоляване, както и процедурата на численото моделиране в FLUENT.

Обект на разглеждане е турбинно стъпало с винтообразен, подвижен работен апарат и определена радиална хлабина. Целта е построяване на геометрията, въвеждане на подходи за достигане до високо качество на формата на елементите, избягване наличието на силно изтеглени елементи, отрицателни обемни елементи (особено в областта на радиалната хлабина), неточна дискретизация на входните и изходни ръбове на лопатките в хода на изграждане на крайноелементния модел.

Численото моделиране се извършва в среда на програмен продукт FLUENT. Първоначално се разглеждат особеностите на обтичането в сеченията в корена и върха. Работният флуид е влажна пара, като в хода на итерационната процедура, за достигане на търсеното числено решение, се дефинира и изменение на физичните параметри на изследвания реален флуид. По граничните зони се задават определени по стойност гранични условия. Взаимодействието между НА и РА се моделира чрез "Mixing Plane". Обтекаемите стени са дефинирани от граничен тип „wall”, като се задава гранично условие за прилепваемост на парните частици. Системата уравнения се решава с "Coupled Solver", като подход на решение, избраната схема на дискретизация на системата уравнения е „Second Order Upwind” .

В резултат на извършеното изследване е изградена методология за геометрично и числено моделиране на турбинно стъпало с винтообразен и подвижен работен апарат. В различните етапи от решаване на поставената задача, се установяват и успешно прилагат някои конкретни и логически обвързани подходи за преодоляване на проблемите, които са свързани с получаването на лошо обусловени елементи и несходимост на числената процедура. Представената методология в среда на програмни системи GAMBIT и FLUENT, може да бъде успешно прилагана за моделиране на течението на реален флуид в турбинни стъпала със сложна геометрия.

Б6: Galina Ilieva Ilieva, GEOMETRY AND NUMERICAL MODELING OF 3D TURBINE STAGE. PART II RESULTS, TEHNONAV 2010 THE 7TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON NAVAL, MECHANICAL, INDUSTRIAL AND POWER ENGINEERING 20-22,05,2010 в Ovidius University Annals, 2010, vol. X, Том. I.

В първа част на публикацията е отделено внимание на постановката на задачата, изграждането на геометрията на изследваното стъпало в GAMBIT, подходите за достигане на високо качество на формата за елементите от дискретизационната мрежа, особеностите и спецификата на задаване на метод на решение на системата уравнения, дефиниране на граничните условия и др. при изследване на турбинно стъпало с винтообразен ПА.

Във втората част на публикацията се представят приложените подходи за достигане на физически реални резултати, решаване на възникналите проблеми със сходимостта, намаление на разликата в стойностите на „остатъците“ при две последователни итерации; подробно се анализират получените резултати. Численото моделиране първоначално е изпълнено за сеченията в корена и върха на лопатката, а впоследствие и в тримерен аспект.

Построените графики за разпределението на налягането около обтекаемите профили, при разглеждане на течението по контролни сечения, водят до извода, че се създават предпоставки за неравномерно натоварване на лопатките в определения режим на натоварване. За разглежданото стъпало може да се извърши корекция на ъгъла на поставяне на лопатката в решетката, или да се въздейства геометрично на течението чрез формата на НА за подобряване на обтичането.

Анализират се особеностите на обтичане на лопатките по тяхната височина при неподвижен и подвижен работен апарат, построяват се графики за разпределение на налягането по обтекаемите контури, с цел оценка работата на всяко едно от сеченията.

Анализира се изменението на скоростите, налягането, степента на вихрообразуване около лопатките от стъпалото и в радиалната хлабина.

Всички получени резултати са верифицирани. Сравнителният анализ, с цел верификация на резултатите показва, че разработената основна методика за моделиране и изследване на аеродинамиката на работното тяло в турбинно стъпало дава физически точни резултати за особеностите в разпределението на параметрите на течението и локализиране на местата на откъсване на граничен слой, водещо до вихрообразуване; изследване на ерозионните ефекти; наличието на вторична фаза във течението, както и много други проблеми, свързани с обтичането и работата на турбинни стъпала.

Разработената методология за геометрично и числено моделиране на турбинно стъпало, при определени особености и подходи, може да бъде прилагана за изследване на ефектите в течението, в случай на дефинирана радиална хлабина, с цел избягване на загубите на енергия от допълнително вихрообразуване; за анализ на развитието на граничен слой по профилите; установяване на особеностите и определяне на параметрите на 2D течение, за различни сечения по височина на лопатката и по-конкретно в корена и върха, при неподвижен и подвижен винтообразен ПА; получаване на разпределението на налягането около профилите и оценка на ефективността на преобразуване на енергията и работата на сечението.

След този етап на изследвания вниманието е съсредоточено и върху усложняване на изследваната геометрия, разработване на подходи за изследване на турбинни стъпала в нестационарни режими, при въвеждане на специфични кодове моделиране на конденция, изпарение, кодове за увъвършенстване на математическия модел и други.

B7. N.A. Lazarovski, R.D.Yossifov, D.A. Kavlakov, **G. I. Пиева**, Изследване на аеродинамичната ефективност на турбинни решетки, „Механика на машините”, 2005, книга 4, ISSN 0861-9727, стр. 20-24.

Развитието на турбомашините основно се определя от аеродинамичното усъвършенстване на лопатъчните им апарати. Вследствие на това при проектирането възниква необходимостта от използването на съвременните достижения на приложната аеродинамика и числените методи на изследване, основани на изследването с ефективна компютърна техника. Наред с емпиричните методи, съществено значение имат и теоретичните за пресмятането на пространствения поток в турбинни стъпала. Пространствените подходи, в сравнение с едно- и двумерните, позволяват изграждането на много по-точни математични модели, това дава възможност за рационално въздействие върху потока чрез лопатъчното и меридианно профилиране и в краен аспект увеличаване на КПД и намаляване на загубите. При проектирането на лопатъчни апарати, голямо значение има правата аеродинамична задача, чрез която се оценяват аеродинамичната ефективност на лопатките и профилите им.

В настоящата работа се представя методика за определяне на аеродинамичните, термодинамичните и геометричните параметри, свързана с реализирана програмна система за различни пространствени лопатки в турбомашините – стреловидни, винтообразни, саблевидни, включени в сложната меридианна конфигурация на проточната част.

Обект на настоящето разглеждане са 2D задачите за обтичане на решетки от профили, разположени по ротационни повърхнини на различни радиуси, по височина на лопатките, в променлив токов слой. Разпределението на параметрите се определя с помощта на метода на крайните елементи. Задачите се разглеждат за вихрово течение на свиваем флуид относно токовата функция. Решават се квазилинейно диференциално уравнение, както и уравнението на процеса, следва итерационно определяне на плътността, скоростите и други параметри на течението; уточняват се граничните условия и направлението на работното тяло при променливи граници на флуидното поле. Условието на периодичността се отчита директно. Определя се характера на изменение на налягането в окръжно направление, отчитат се възникващите пулсации в параметрите на течението поради ротационното движение. Изменението на налягането, което е получено като резултат от изследванията, се задава като гранично условие в задача за вибрационно и якостно натоварване на лопатъчните апарати.

Обект на изследването са стъпала 4 и 5 на кондензационна турбина, работеща в АЕЦ – Козлодуй, които се характеризират със значително натоварване в якостно и аеродинамично отношение. Аеродинамичната задача се разглежда по създадените методики за пресмятане, в хода на геометричното моделиране са заложили реалните размери на направляващите и работните лопатки на турбинните стъпала.

Получените резултати дават възможност за оценка на особеностите на аеродинамиката при обтичане на стъпалата, неравномерното разпределение на параметрите на потока в окръжно направление в НА и РА, което води до ясно изразена нестационарност, която от своя страна поражда и голямо динамично натоварване на работните лопатки.

Създаденият аеродинамичен модел позволява изследването на ефективността на турбинни решетки при различни геометрични и гранични условия, а също и дава оценка за неравномерността на течението при входа и изхода на лопатъчните апарати. Определят се разпределението на параметрите на потока и профилните загуби, свързани с периодичното пулсиращо аеродинамично натоварване на лопатките.

За разработката на тази методика в 3D аспект и в съчетание с приложение на специфична програмна методология в Gambit и Fluent, за определянето на натоварването на лопатките и решаването на сложна експлоатационна задача, авторският колектив е и носител на награда „Варна”.

Б8. Iosifov R. D., Lazarovski N. A., **Иlieva G.I.**, INVESTIGATION OF BOUNDARY LAYER IN FLOW PAST TURBINE BLADES, Annual Proceedings of TU-Varna, 2004, ISSN 1312-1839, pp.305-312

При обтичането на работни лопатки от парен поток по профилите се образува граничен слой, където скоростта на течението рязко намалява. При определени условия, в случаите на дифузорен участък, по повърхността на работните лопатки може да настъпи и откъсване на граничен слой, последвано от вихрообразуване и загуби на енергия.

Целта на настоящата разработка е изследване на граничния слой по обтекаеми профили и влиянието му върху разпределението на параметрите на течението. Определят се оптималните условия, при които не се наблюдава откъсване на граничен слой, което от своя страна способства за образуването на вихрови зони в областта на изходящия ръб на РА и входния ръб на лопатките от НА за следващото турбинно стъпало. Построени са графични зависимости, сравняват се параметрите на течението, получените реални физични картини, като се отчита изменението на граничния слой по профилите.

Изчисленията са извършени в съвременен софтуер, като е създаден модел за целите на геометричното и числено моделиране, въведени са и определени подходи за дискретизационна мрежа с високо качество на елементите и сходимост на итерационната процедура.

Изследването на формиране и развитие на граничен слой по обтекаемите повърхнини е на базата на въведени положителни и отрицателни ъгли на атака. При отрицателен ъгъл на атака, за дадената геометрия, се подобряват условията на обтичането по гърба на лопатката. Дебелината на слоя по изпъкналата страна на профила намалява, това намалява и възможностите за откъсване на граничния слой, реализиране на допълнително вихрообразуване и намаление на КПД. При положителен ъгъл на атака се обтича по-добре вдлъбнатата част на профила, по гърба на профила се наблюдава разреждане и създаване на условия за откъсване на граничен слой, което влияе на живото сечение на потока и намалява разхода на работно тяло през междулопатъчния канал. Вихрообразуването създава и силно изразена неравномерност на потока на изхода на РА.

В резултат на проведените множество числени изследвания е създадена автоматизирана програма в ANSYS-Flotran за изследване и визуализиране на развитието на граничния слой, влиянието му върху изменение и разпределение на параметрите на работното тяло, в случаите на обтичане на лопатките под различни ъгли на атака. При подходяща дискретизационна мрежа се визуализира и точката на откъсване на граничния слой от лопатъчните повърхнини, което е изключително важно, като може да се управлява граничния слой и да се подобри обтичането за увеличение на КПД на стъпалата и агрегатите.

Б9. Йосифов Р, Н. Лазаровски, Г. Илиева, Двумерен аеродинамичен модел при турбулентно течение в турбинни решетки, Годишник на Техническия Университет във Варна, 2003, ISSN 1311-896X, стр. 864 - 871

Целта на изследването е да се разгледат и анализират особеностите по намиране и задаване на граничните условия по стените на разглеждания канал за реализиране на условията на периодичност. Разглежда се течение на работното тяло в турбинна решетка, с постоянно увеличаващ се брой профили. Стремежът е установяване на оптималния брой профили, при който параметрите по контура на средния за решетката профил не се влияят от зададените гранични условия и геометрия на канала.

Обект на разглеждане е права решетка, изградена от 3 реактивни профила. Работният флуид е въздух, течението е адиабатно, турбулентно, вискозно и стационарно. Численото моделиране е изпълнено в програмна система ANSYS-Flotran, като при реализацията на итерационната процедура, възникват множество проблеми със сходимостта. За стабилизация на решението се въвеждат т.нар. релаксация и изкуствен вискозитет.

В хода на проведените множество числени моделирания, с цел решаване на възникващите проблеми, са разработени и успешно верифицирани два авторски подхода: „средна-крайни линии”, както и „метод на освобождаване на течението”.

„Средна-крайни линии” - от средните линии при входа и изхода от геометрията на решетката (това са допълнително изчертани линии при изграждане на геометрията на флуидното поле; свързват входен/изходен ръб с вертикалните линии на полето, моделиращи входа и изхода на решетката) се вземат получените резултати за скоростта и се задават като гранични условия по хоризонталните гранични линии. Следва нова итерационна процедура и определяне на параметрите на потока при неизменни от предходната стъпка релаксационни коефициенти, метод на решение, турбулентен модел и др.

„Метод на освобождаване на течението” – особеното тук е, че по хоризонталните линии, описващи границите на флуидното поле при входа и изхода, се дефинират следните условия: непроницаемост по „y” и по „x” потокът е освободен, т.е. няма дефинирано конкретно гранично условие.

След окончателно установяване на приложимостта на гореспоменатите авторски подходи, е разгледан и проблем за оптималния брой лопатки, който способства за неизменност на параметрите на течението по средния профил.

В заключение към проведените изследвания и получените резултати, може да се твърди, че: създадени са методики за автоматизирано и последователно уточняване на граничните условия по отношение на задаваните компоненти на скоростта, чрез вариране на броя на профилите в турбинната решетка.

На базата на извършените множество числени експерименти и сравнение на получените резултати с експериментални данни, е създадена и реализирана автоматизирана методика и програмна система за моделиране на турбинни решетки с вариращ брой профили.

Б10. Лазаровски Н., Р. Йосифов, Г. Илиева, Аеродинамични изследвания на турбулентно вискозно течение в турбинни решетки при променливи условия на входа, Годишник на Техническият Университет във Варна, 2003, ISSN 1311-896X, стр. 872 - 879

Работата на турбинните агрегати в областта на изменение на експлоатационните условия, води до изменение на параметрите на работния флуид и аеродинамичните характеристики на решетките. Промените в параметрите и организацията на потока, способстват за допълнителна дисипация на енергията и намаление на КПД на направляващите и работните лопатки, както и на проточната част. За оценка на ефективността на профилите е необходимо познаването на разпределението на параметрите на течението. В изследването се реализира правата задача на аеродинамиката при променливи условия на работа на решетката.

Целта на настоящата работа е изследване на влиянието на променливи по стойност ъгъл на атака и относителна стъпка, върху показателите на определен профил, формиращ реалната турбинна решетка. Определят се аеродинамичните качества и оптимални условия на работа на профила, за достигане на максимална ефективност на решетката. След получаване на резултатите се отделя внимание на коефициентите на полезно действие, степента на неравномерност на потока; намират се и оптималните стойности на изброените параметри.

Обект на изследване е права решетка, изградена от 3 реактивни профила. Числената процедура се прилага за различни относителни стъпки на решетката и ъгли на атака за работното тяло. Определят се характера на изменение на относителното налягане по контура на профилите, КПД и степента на неравномерност на потока.

Създадена е в среда на ANSYS, автоматизирана програма, която позволява устойчивост на решението, при разглеждане на права аеродинамична задача за турбулентен, свиваем, вискозен флуид, с отчитане на ефективността на турбинни решетки от различен вид при променливи условия на обтичане, определени от ъгъла на атака и стъпката на решетката. Програмата работи и при въведени подходи за достигане до сходимост на числената процедура.

След приложение на автоматизираната програма, се получават потвърдителни резултати, че изменението на стъпката на решетката и ъгъла на атака съществено влияят на разпределението на налягането по контура. Оптималните за всяка решетка условия на входа - ъгли на атака и относителна стъпка, зависят силно от вида на изграждащите я профили, режима на течението и могат да се определят на базата на численото моделиране, като заменящи скъпоструващи опити.

ПУБЛИКАЦИИ В ОБЛАСТ „Пропулсивни системи - иновативни решения, числено моделиране, анализ и ефективност”

B1. Galina Ilieva Ilieva, José C. Páscoa, Antonio Dumas, Michele Trancossi, Unsteady Interaction Effects between an Airship and Its Air-Jets Propulsion System, Series: Advanced Structured Materials, Springer International Publishing, 2015, Vol. 44, VI, ISBN (online) 978-3-319-02836-1, DOI 10.1007/978-3-319-02836-1_9, pp 127-143.

Основната цел тук е да се проектира и изследва аеродинамиката на летателни апарати (дирижабли) с форма различна от стандартно установената, които са с вертикално излитане и приземяване, за т.нар. “стационарен полет” (hover), които могат да оперират при стратосферни условия и имат висока степен на автономност. Конкретното изследване е фокусирано върху внедряването на иновативна пропулсивна система, предназначена за описаните летателни апарати, която има определени характеристики.

Летателният апарат трябва да има пропулсивна система, която да бъде надеждна, високоефективна и маневрена. Въздушните джетове (air-jets) трябва да осигуряват бързо изменение на големината и посоката на вектора на скоростта, да не увеличават значително масата на системата, да оперират с достатъчно голяма ефективност при ниска плътност на работното тяло, да са разположени на определени места по обтекаемия корпус, с цел избягване на взаимодействия, водещи до неефективна и ненадеждна работа.

За целите на конкретната задача е създаден числен модел в програмна система FLUENT с допълнително разработен код за приложение на опцията „подвижна дискретизационна мрежа”. Изследвани са особеностите в аеродинамиката на течението при обтичането на дирижабъла, взаимодействието между флуида, обтичащ корпуса на лет. апарат и реактивните струи, изтичащи от дюзовите канали (които са основната част от системата за задвижване), при стационарно и нестационарно движение. Изчисляват се промените в тягата, анализират се вихровите структури, породени при изтичане на реактивните струи и взаимодействието им с откъснатия граничен слой от стените на дирижабъла.

Въздушният поток, който обтича лет. апарат, както и откъснатият граничен слой от стените на корпуса, взаимодействат с флуида, който изтича от дюзовите канали и се създават условия за допълнително вихрообразуване около и след корпуса на дирижабъла. Поради създадените разлики в полето на налягането, върху обтекаемите стени действат допълнителни сили и моменти, наблюдава се и тенденция на определено отклонение от зададената траектория към зоните на ниски налягания. В конкретно разглежданата пропулсивна система, тези малки отклонения се корегират с допълнителна тяга от дюзите, които генерират и основната пропулсивна сила. Допълнително, като следваща стъпка от глобалното изследване, е създадена и система за контрол и стабилност на дирижабъла.

Зоните на вихрообразуване, триенето между откъснатия граничен слой и стените на дирижабъла, увеличават коефициента на триене, а отгук и необходимата сила на задвижване. Всички изменения в пропулсивната мощност е необходимо да се идентифицират и изследват, за да се вземат под внимание във фазата на проектиране. Резултатите от нестационарните пресмятания показват особеностите в развитието на вихрите след обтекаемата форма. За всяка една времева стъпка се отчита изменение на стойностите на коефициента на триене и необходимата пропулсивна мощност. Възникващите вихри около корпуса на дирижабъла, в резултат от ефектите на обтичане – скорост на летателния апарат, параметри и динамика на въздушния поток на стратосферна височина, ъгъл на атака и др., намаляват ефективността и надеждността на пропулсивната система. Разработеният подход за изследване и анализ, методиката за определяне на числото на Струхал, получените резултати за интензивността на вихрите и тяхното разпространение около/след корпуса на летателния апарат, могат да се приложат като базисни за изследването на аеродинамичните особености на съществуващи и в проект пропулсивни концепции.

B2. Galina Ilieva, Jose Pascoa, Antonio Dumas, Michele Trancossi, MAAT - Promising innovative design and green propulsive concept for future airship's transport, Aerospace Science and Technology Journal, available online 25.02.2014, DOI: 10.1016/j.ast.2014.01.014 (ELSEVIER, ISI indexing, IF 0.94, Цитирания 7) , pp. 1-14

Първата стъпка от глобалната методика е идентифициране на недостатъците на класическата форма на дирижаблите, като се доказва, че предложената иновативна конфигурация е осъществима и ефективна от аеродинамична и енергетична гледна точка, както и, че удовлетворява изискванията на МААТ. Неконвенционалната форма се налага от изискванията за намалено фронтално сечение, особеностите на системата за съхранение на водород, необходимост от стабилност при възникващи значителни вихрови структури и други аеродинамични особености около корпуса на летателния апарат.

Следващите стъпки от изследването са: моделиране на неконвенционалната форма на геометрията на корпуса в Fluent, задаване на различни режими на експлоатация и определяне на аеродинамичните особености на обтичане на летателния апарат; пресмятане за всеки от зададените режими на необходимата пропусивна мощност при различни височини; оптимизация на формата.

Въз основа на първоначалните изследвания за неконвенционалната форма на дирижабъл, получените аеродинамични особености на обтичането на летателен апарат на определена височина и необходимата тяга на задвижване, се анализира числено и конкретна иновативна пропусивна система. Системата е набор от въздушни дюзи, през чийто канал с променливо сечение, протича работен флуид, като реакцията на изтичане е част от общата пропусивна сила, задвижваща летателния апарат. Тези дюзи са разпределени в два реда - един в горната и един в долната част на корпуса. Дюзите от горната и долната част са свързани с един централен канал, в който двустранно постъпва в системата въздух от околната среда. Дюзите се управляват, така че да могат да контролират и променят посоката и големината на вектора на задвижващата сила, което е необходимо във вертикален и хоризонтален полет. Геометрията на летателния апарат и построената към него геометрия на пропусивна система се моделират в Gambit, а в среда на Fluent се извършват и числените симулации за различни режими и височини на работа. Дефинираните гранични условия са „wall”, „pressure-far-field”, за дюзите се задават условия от тип „mass flow rate”, които са предварително пресметнати, въз основа на предходните начални етапи на разработката.

Разработен и приложен е глобален итерационен цикъл, в който в последователни приближения се уточняват размерите на дюзовите канали и количеството въздух, което преминава през тях, още и скоростите на изтичане. Целта е получаване на оптимални размери на геометрията на каналите и избягване на проблемите с ненужно увеличаване на масата на пропусивната система.

Въздушният поток, който обтича лет. апарат, както и откъснатият граничен слой от стените на корпуса, взаимодействат с флуида, който изтича от дюзовите канали и се създават условия за допълнително вихрообразуване около и след корпуса на дирижабъла. Поради създадените разлики в полето на налягането, върху обтекаемите стени действат допълнителни сили и моменти, наблюдава се и тенденция на определено отклонение от зададената траектория към зоните на ниски налягания. В конкретното разглежданата пропусивна система, тези малки отклонения се корегират с допълнителна тяга от дюзите, които генерират и основната пропусивна сила. Допълнително, като следваща стъпка от глобалното изследване, е създадена и система за контрол и стабилност на дирижабъла.

Зоните на вихрообразуване, триенето между откъснатия граничен слой и стените на дирижабъла, увеличават коефициента на триене, а оттук и необходимата сила на задвижване. Всички изменения в пропусивната мощност е необходимо да се идентифицират и изследват, за да може във фазата на проектиране да се вземат под внимание. Резултатите от нестационарните пресмятания показват особеностите в развитието на вихрите след обтекаемата форма. За всяка една времева стъпка се отчита изменение на стойностите на коефициента на триене и необходимата пропусивна мощност. Възникващите вихри около корпуса на дирижабъла, в резултат от ефектите на обтичане – скорост на летателния апарат, параметри и динамика на въздушния поток на стратосферна височина, ъгъл на атака и др., намаляват ефективността и надеждността на пропусивната система.

Разработеният подход за изследване и анализ, получените резултати за интензивността на вихрите и тяхното разпространение около/след корпуса на летателния апарат, могат да се приложат като базисни за изследването аеродинамичните особености на съществуващи и в проект пропусивни концепции.

Логическата последователност и получените резултати, могат да послужат за бъдещо развитие и изследвания в областта на дистрибуция поле поток, коефициент на челно съпротивление за по-категорична форма, с различни скорости и условия на надморската височина

B3. Galina Ilieva, José C. Páscoa, Antonio Dumas, Michele Trancossi, A critical review of propulsion concepts for modern airships, Central European Journal of Engineering 2012, 2(2), Received 17 December 2011; accepted 18 February 2012 189-200, DOI: 10.2478/c13531-011-0070-1. pp. 189-200 (SPRINGER, ISI indexing, IF 1.981, Цитирания 15)

***** currently is OPEN Journal, De Gruyter**

След десетилетия, в които дирижаблите са били депопуляризирани, в наши дни изглежда се възвръщат отново. Основните причини за това са свързани освен с напредъка в областта на технологиите, материалите и с възможността им да се издигат до определени (но лимитирани в зависимост от обема им) височини и да се задържат във въздуха, в продължение на дълги периоди от време, благодарение на подемна сила (buoyancy force), като се спестява производството на пропульсивна енергия. За издигане на височина по-голяма от лимитиращата, следва да се използва т.нар. динамична подемна сила, произвеждана от пропульсивна система.

В този контекст Европейският съюз финансира изследователски проект, наречен МААТ - (Multibody Advanced Airship for Transport). Основната идея е да се установят и разработят възможностите за приложение на т.нар концепция „cruiser-feeder” - дирижабли за превоз на товари и пътници. Тъй като в проекта се предвиждат иновативни концепции за формата на корабите и тяхното задвижване е извършено предварително изследване и критичен анализ на прилаганите пропульсивни системи за летателни апарати.

Съществува голямо разнообразие на пропульсивни концепции, които са подредени по групи и представени в настоящето изследване. Идеята е да се анализират съществуващите пропульсивни системи и на базата на сравнителните резултати да се определят някои насоки за идеята на задвижващата система за летателните апарати от проекта МААТ.

Въз основа на критичния анализ на пропульсивни концепции могат да се направят определени изводи относно ефективността на приложение на съществуващите и ефекта от разработването на нови.

Разгледани и анализирани са най-ранните концепции за приложение на двигатели, работещи по цикъл на Ото или Дизел, за задвижване на пропелерите, както в случая с Хинденбург.

В днешно време една от най-обещаващите и евтини концепции за производство на енергия е тази за приложение на слънчеви и горивни клетки. Предимството е, че се получава т.нар. „зелена” енергия, предава се лесно с помощта на електрически кабели, не се замърсява и околната среда.

Възможно е да се проектират и изработят високоефективни пропелери, които работят добре близо до или на нивото на морското равнище, независимо от присъединените маси. В случая на стратосферен полет, пропелерите ще работят при ниско число на Рейнолдс и висока стойност за числото на Мах, изискват и специално профилиране на лопатките. Препоръчително е и да са с малки размери и разпределени по обтекаемите повърхнини на летателния апарат, монтирани на специално определени места, като целта е повишена ефективност на работа и намаление на общата маса на системата; това е ефективна опция и при проблем с работата на някой от пропелерите.

Анализирани са и възможностите за приложение на неконвенционално задвижване – циклоротори, движители, които са основани на биомиметиката и др.

Каквато и да е концепцията за задвижване, тя трябва да осигурява цялостната аеродинамична ефективност на летателния апарат, да не повишава значително масата му, да има предвидена автономност, да е маневрена, да осигурява запас от енергия за кратки периоди от време, да не влошава аеродинамиката на дирижабъла, например в резултат на взаимодействие с откъснатия граничен слой от обтекаемите стени на корпуса, да осигурява бързо и ефективно изменение на силата и посоката на вектора на скоростта и други.

B4.Galina Ilieva, An Approach for Aerodynamic Design of Gas Turbine , 2016, Vol. 4 (3), International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering, ISSN (online) 2321-3051, IF 1.528 (под печат)

Процесът на проектиране е от изключителна важност поради наложените изисквания към пропульсивните и енергийни системи за висок КПД и нисък разход на гориво. Познаването в детайли на подходите за проектиране, основните закони и физиката на процесите са много важни предпоставки за достигането до ефективни и надеждни решения в хода на проектиране.

Основната цел на тази разработка е да се представи бърз и точен подход на проектиране, основан на логически обвързани закони и зависимости, в последствие програмирани в среда на Mathcad, за намиране на възможно най-ефективната геометрия, която способства за значително намаляване на загубите и повишаване на ефективността на работа на пропульсивната система, като цяло. Като изходни данни за този начален етап на проектирането се дефинират параметрите на газотурбинния цикъл на авиационен двигател, чиято част е и турбината, обект на проектиране.

Основните стъпки в глобалната методика на процеса на проектиране, са както следва:

- анализ на цикъла на работа на ГТД: определяне на термодинамичните и работни параметри в основни точки от цикъла (например: вход-изход силова турбина, вход-изход компресор, т.н.); определяне на съвместимостта между турбината и компресора;
- едноизмерен анализ: определяне на параметрите на течението по средния радиус по височина на стъпалото от ГТ, част от авиационния ГТД
- ISRE анализ: анализ на базата на опростеното уравнение на радиалното равновесие (разпределение на параметрите на работния флуид по контролни сечения, равномерно разпределение на ентропията (загубите)
- NISRE анализ: анализ на базата на пълното уравнение на радиалното равновесие (разпределение на параметрите на работния флуид по контролни сечения, неравномерно разпределение на загубите)

Тук са въведени определени изменения в установените итерационни цикли, който целят да се намали броя на параметрите, който се избират по данни от експерименти (за широк диапазон експлоатационни условия, натоварвания, геометрия на лопатките) и уточняват в последователни приближения. Идеята е параметрите за отделните компоненти на пропульсивната система да се получават въз основа на методиката, като по този начин има по-голяма обвързаност между тях, особено в по-специфичните случаи на проектиране. След определяне на параметрите на работното тяло по контролни сечения в радиално направление, следва да се пристъпи към избор на профили за направляващите и работните лопатки, по височина на стъпалата.

Третата глобална стъпка, която не е описана в тази статия, е анализ на течението в тримерен аспект. При известно изменение на геометрията на лопатките от корена до върха (от двумерния анализ), са пресметнати стойностите за скоростите и ъглите на течението (от едномерния анализ) и са известни загубите, следва моделиране и изследване в съвременен програмен продукт. Целта е визуализация на аеродинамиката и особеностите на изменение на параметрите на потока, идентифициране на проблемите при преобразуване на енергията и да се предприемат евентуални стъпки за корекция на съществуващата геометрия. Последното е обект на т.нар. съвременни генетични алгоритми.

Описаните стъпки за проектиране на газова турбина се повтарят за компресорите и силовата турбина на ГТД, при определени малки различия. Предложената методика за проектиране е приложена практиката в процесите на проектиране на авиационни пропульсивни системи .

B5. Galina Ilieva, Labyrinth Seals - A Promising and Effective Design, International Journal of Science and Research, ISSN (Online): 2319-7064, IF: 5.611 (под печат)

В последните години се наблюдава значително повишаване на необходимата енергия, което води до повишени изисквания за ефективност на пропульсивните и енергопреобразуващите системи и техните елементи.

Известен факт е, че се отчитат големи загуби на работен флуид през радиалните и аксиалните луфтове на турбинните стъпала, което води и до тяхната намалена ефективност на работа и преобразуване на енергията. Установено е, че редуцирането на утечките в турбина високо налягане, част от авиационна пропульсивна система само с 1%, води до намаление на специфичния разход на гориво с 0.4%. Това в световен мащаб се измерва с милиони тонове спестено гориво и по-малки експлоатационни разходи за пропульсивните системи и летателните апарати, като цяло.

В последните години са предложени и внедрени определени решения за преодоляването на споменатите загуби, като едно от тях е прилагането на безконтактни лабиринтни уплътнения за пропульсивни системи. В множество литературни източници са представени аналитични и числени подходи за пресмятане на разпределението на параметрите на флуида през стесненията и в камерите на уплътнението. Основен проблем се явява конструкцията на уплътнението, в повечето случаи на изследване, вниманието се фокусира върху определени подобни геометрии, за които се оказва, че не са ефективни от гледна точка на изработване, монтиране, наблюдава се несъгласуваност с натоварването на вала на работната машина или особеностите на геометрията в областите, където се прилагат.

Основната задача е числено моделиране и анализ на лабиринтни уплътнения, които имат геометрия различна от досега прилаганата в практиката. Предизвикателството тук е да се предложи форма, която се характеризира с добро уплътнение, лесна изработка, издържа високи нива на вибрационно и якостно/термично натоварване, както и да осигурява значително намаление на кинетичната енергия на течението, като идеята е да се редуцират до минимум утечките и повиши ефективността на работа на елементите от енергийното оборудване.

Получените резултати показват постигнатата значителна степен на вихрообразуване в големия брой камери, които съставляват обема на предложения модел. В посока вход-изход на флуидното поле се наблюдава и голямо намаление на разполагаемата кинетична енергия на работното тяло (утечките), която се губи в поддържане на вихрите, още дисипира и като резултат от триенето между флуида и стените на уплътнението. Описаните ефекти способстват за редуциране на утечките през системата от камери, създаденото високо налягане се явява препятствие на пътя на флуида, постигнат е по-голям ефект на уплътнение от приблизително 30% в сравнение със стандартните конструкции, наложени в практиката.

Допълнително са извършени и изследвания за влиянието на ротационната скорост, отношението на наляганята и размерите на камерите върху една от основните характеристики на уплътнението - $C_{discharge}$ (коэффициент на разтоварване). Работата продължава в насока усъвършенстване на предложената концепция.

B6: Dumas A., Trancossi M., Pascoa J., Madonia M., **Ilieva G.**, Coppola A., CFD Analysis and Optimization of a Variable Shape Airship, Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, IMECE2012, November 9-15, 2012, Houston, Texas, USA.

В някои предходно публикувани разработки авторите са дефинирали иновативната концепция за геометрия на формата на дирижабли с променлив обем по време на полет. За изменение на формата на дирижабъла и осигуряване на промяна във височината на полета, на база на естествената подемна сила (buoyancy force), във вътрешността му са разположени балонети, които са пълни с водород. С увеличаване на височината на полет, следва увеличение на обема му и раздуване на балонетите. Водородът, в сравнение с хелий, има по-голяма степен на изменение на плътността с увеличение на височината, като това способства за получаването на по-голяма подемна сила. В последните 4 години, има издадени патенти за разработката на система за съхранение и експлоатация, която предотвратяват риска от употребата на водород за различни цели.

Концепцията за иновативен дизайн на формата на дирижабъла се основава на: намаление на фронталната повърхнина при вертикално издигане и спускане на дирижабъла; особености свързани с гореспоменатите патенти.

Тук трябва да се спомене, че класическата форма и изискването за коефициента $\lambda = 5-6$ се оказва неподходящо, тъй като възникват, въз основа на изискваните големи обеми, значителни моменти на огъване.

Численото моделиране на предлаганите геометрични форми на дирижабъла е извършено в Fluent, като е направена и оценка на големината на елементите от дискретизиращата мрежа, като целта е визуализиране на особеностите в граничния слой и оценка на ефектите от обтичане.

Получените резултати за разпределение на налягането около обтекаемите стени, коефициента C_d (коефициент на съпротивление, drag coefficient), както и други предходно пресметнати параметри, се включват в зависимости, от които се пресмята необходимата пропульсивна сила за избраната форма и при определени условия на полета.

След анализ на получените резултати, първоначално създадената геометрия на дирижабъла е оптимизирана, тъй като изследванията показаха недостатъчна по големина естествена подемна сила, след определена достигната височина при издигане на дирижабъла.

Получените резултати от численото моделиране позволяват и да се определят основните критични аспекти на предложения дизайн на формата на дирижабъла: отрицателна стойност на подемната сила при много големи височини; нестабилност на предложената форма при малки надморски височини; определена нестабилност и необходимост за задълбочен анализ на системата за контрол на полета при силни ветрове и въздушни течения, в случаите на вертикално издигане и спускане на летателния апарат и други.

За преодоляване на тези ограничения, могат да се предложат: изменения в геометрията на формата; използване на аеродинамични повърхности, дори и в случаите, когато могат да способстват за малко увеличение на коефициента C_d ; търсене на ефективни възможности за увеличение на общо необходимата пропульсивна сила.

Представеното проучване е предварителен етап от изграждане на цялостната концепция за геометрията на летателните апарати, прилагането на система от балонети за използване до определена височина на естествената подемна сила, изследване на аеродинамиката и обвързването с необходимата пропульсивна сила и особеностите на системата за задвижване на дирижабъла. Изследването доказва, че описаната концепция може да бъде реализирана и осигурява ефективно намаляване на необходимата мощност за задвижване при полет на по-ниски височини.

B7 Ilieva, G., Pascoa J., Dumas A., Trancossi M., “Numerical research and efficiency performance of the propulsion system for an innovative airship”, DETC2012-70927, Proceedings of the ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2012, August 12-15, 2012, Chicago, IL, USA.

Тази статия описва методологията и получените резултати за изследване на нетрадиционна пропульсивна система, която е предназначена за задвижване на дирижабъл с неконвенционална форма. Това е част от глобалното изследване по проект МААТ (Multibody Advanced Airship for Transport), който проучва възможностите за приложение на концепцията за система от стратосферни дирижабли (АТЕН-РТАН) за транспорт на пътници и товари.

Въз основа на първоначалните изследвания за неконвенционална форма на дирижабъл, на получените аеродинамични особености за обтичането на летателен апарат, който е издигнат на определена височина и се нуждае от определена тяга, се анализира числено конкретна иновативна пропульсивна система. Системата е набор от въздушни дюзи; през техните канали с променливо сечение протича работен флуид, като реакцията на изтичане поражда и пропульсивната сила, която задвижва летателния апарат. Тези дюзи са разпределени два реда - един в горната и един в долната част на корпуса. Дюзите от горната и долната част са свързани с един централен канал, в който двустранно постъпва в системата въздух от околната среда. Дюзите се управляват, така че да могат да контролират и променят посоката и големината на вектора на задвижващата сила, което е необходимо във вертикален и хоризонтален полет.

Геометрията на летателния апарат и внедрената в него пропульсивна система се моделират в Gambit, а в среда на Fluent се извършват и числените симулации за различни режими и височини на работа. Дефинираните гранични условия са „wall” и “pressure-far-field”. За дюзите се задава условие “mass flow rate”, като стойностите на дефинираните параметри са предварително пресметнати, въз основа на предходните начални етапи на разработката.

Разработен и приложен е глобален итерационен цикъл - в последователни приближения се уточняват размерите на дюзовите канали и количеството въздух, което преминава през тях, още и скоростите на изтичане. Целта е получаване на оптимални размери на геометрията на каналите и избягване на проблемите с ненужно увеличаване на масата на пропульсивната система и дирижабъла, като цяло.

Създаден е и модел за изследване на загубите на енергия в каналите на дюзите, въведени са и подходи за намаляване на тези загуби, което води до увеличение на получаваната енергия за задвижване.

B8: Pascoa J.P., **Илева, G.**, Overcoming stopovers in cycloidal rotor propulsion integration on air vehicles, Proceedings of the ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2012, August 12-15, 2012, Chicago, IL, USA. Цитирания 2

Един от действащите проекти, финансирани по 7-ма рамкова програма, е CROP (Cycloidal Rotor Optimized for Propulsion). Този проект разработва иновативна пропульсивна система на базата на концепцията на циклоротора. Усилията са съсредоточени към интегриране на циклоидния пропелер към малки летателни апарати; в следствие работата ще продължи за големи такива, които изискват и много по-голяма пропульсивна енергия. Идеята е да се разработи електрическа пропульсивна система с малко тегло, като необходимата енергия ще се получава от соларни и горивни клетки. Системата е надеждна и със сравнително висок КПД, не замърсява околната среда. Недостатъците, за които се търсят решения, са: невъзможност за генериране на значителна пропульсивна сила, при запазване компактността на формата при конструкция с малка маса.

Циклороторът е система от определен брой лопатки, които се въртят около ос, успоредна на дължината им. Всяка лопатка от циклоротора може да се завърта (да осцилира) на определена стъпка около собствената си ос, като този ъгъл на завъртане се променя циклично по механичен начин, така всяка от лопатките ще бъде обтичана от работния флуид при реализиран положителен ъгъл на атака, когато е в крайна горна или долна позиция спрямо азимута.

Големината и посоката на резултантната сила, която действа върху лопатките (сила на завъртане на циклоротора) могат да се менят чрез изменение на ъгъла на отклонение на лопатката около собствената ѝ ос, както и около центъра на въртене на циклоротора.

Предпочитани за циклоидни пропелери са лопатките със симетричен профил на напречното сечение. При симетричен профил може да се генерира сила от всяка от страните, независимо от ъгъла на завъртане на циклоротора, както и от изменението на стъпката на завъртане на лопатката около собствената ѝ ос.

В настоящата публикация се описва численото моделиране и резултатите получени от изследване на циклоротор, както и неговото интегриране в малък летателен апарат. Итерационната процедура е извършена в FLUENT, включени са всички особености на аеродинамиката на течението и режима на работа на циклоидния двигател. След получаване на първоначалните резултати се изследват и анализират други конфигурации, като целта е да се идентифицират проблеми в експлоатацията, недостатъци на геометрията, водещи до нисък КПД и други.

Резултатите доказват, че приложението на циклоротора, като пропульсивен елемент за големи летателни апарати се явява проблемно в някои аспекти. Главен недостатък за циклоротора, в сравнение с конвенционален ротор, е неговата голяма и тежка структура, когато е необходимо да се задвижват големи летателни апарати. От друга страна, посоката на силата на задвижване може мигновено да се промени в направление перпендикулярно на оста на ротация. В този смисъл един летателен апарат, който е задвижван от циклоротор, може да бъде много по-маневрен, в сравнение с такъв работещ с конвенционален пропелер.

В допълнение е необходимо да се спомене, че CROP е завършен успешно, решени са голяма част от проблемите с динамиката на системата. Концепцията доказано работи при малки летателни апарати, създаден е и малък демонстратор с 4 циклоротора.

B9: Dumas A., Trancossi M., Pascoa J., Tacchini A., Madonia M., **Иlieva G.**, Acheon Project: A novel vectoring jet concept, Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, IMECE2012, November 9-15, 2012, Houston, Texas, USA.
Цитирания 3

Въздушният транспорт, който в последните 100 години промени нашето общество, предоставяйки множество социални и икономически ползи, продължава да се развива с изключителни темпове. Прогнозите са за прогресивно нарастване на въздушния трафик до 2020. Това налага да се търсят начини за намаляване на разходите, увеличение на сигурността, поставя се акцент на изчерпването на запасите от горива, тревожното замърсяване на околната среда и др. Един от начините да се отговори на поставените въпроси и да се покрият съответните изисквания е да се разработват иновативни пропульсивни системи.

Един от финансираните от ЕС проекти е ACHEON (Aerial Coanda High Efficiency Orienting-jet Nozzle) (въздушна дюза на Коанда с високоефективна направляваема струя), който представя иновативна идея за разработка на управляема дюза на Коанда, която работи на принципа на смесването на две струйни течения, като целта е получаване на ъглово отклонение на резултиращата струя, като функция от момента на двете струи. Тази дюза е и основен елемент на пропульсивна система, която: няма подвижни елементи, не използва фосилни горива, не произвежда вредни емисии, векторът на пропульсивната сила се мени по сила и направление, има система за управление на развитието на граничен слой по обтекаемите повърхнини на каналите, не изисква високи разходи за поддръжка и управление, лесно се интегрира към различни по дизайн летателни апарати и др.

В основата на принципа на работа са две концепции, които са защитени с патенти:

- Н.О.М.Е.Р. дюза: генерира напълно контролируем поток, с възможност за поддържане на предварително определена посока и големина на силата от реакцията на изтичане. Тази сила и посоката ѝ може бързо да се менят (според изискванията на параметрите на полета), във функция на скоростта на двата потока от работен флуид, които протичат през двата канала на дюзата и на самата геометрична конфигурация на дюзата. Двата малки канали постепенно менят напречното си сечение, като при изхода на дюзата се сливат и преминават в силно дивергентна повърхнина на Коанда.

- Р.Е.А.С.Е. устройство: в присъствието на електрично поле, тънкият слой от йонизиран въздух привлича/отблъсква основния поток от работен флуид, който обтича каналите на дюзата. Ускорените йонизирани частици предават своя момент на неутралните частици въздух, в непосредствена близост до така формираната плазма, върху обтекаемите и подложени на електрично поле повърхнини. Р.Е.А.С.Е. може да управлява граничния слой, оттук осигурява и условия на неоткъсване на течението, спомага в изменението на направлението му, а приложено върху крилни профили осигурява и надеждно ефективно обтичане при много големи ъгли на атака.

Предимствата на устройството са: опростен дизайн, оперира еднакво надеждно в стационарни и нестационарни условия, изисква ниска мощност от 0,0067-0,0134 W/mm дължина от обтекаемите канали, лесен контрол, надеждност, не поврежда повърхнините върху които се монтира, има голяма устойчивост на вибрационни и механични натоварвания и др.

Във връзка с проектирането на пропульсивната система са създадени специфични числени алгоритми и модели, които са верифицирани и внедрени за целите на това и други изследвания; проведени са измервания, които потвърждават числените резултати.

Самата пропульсивна система е моделирана и изследвана отделно и интегрирана в летателен апарат. Цялостната концепция е потвърдена при завършека на проекта с демонстрационен тест.

B10. Пиева G., Pascoa J., Dumas A., Trancossi M., Numerical analysis of aerodynamic performance and propulsion needs for an innovative airship” MEFTE 2012 IV Conferência Nacional em Mecânica dos Fluidos, Termodinâmica e Energia, 28-29.05.2012, Lisbon, Portugal, paper No 57, pp.11, ISBN 978-972-49-2234-8.

Един от текущите европейски проекти, свързан с неконвенционална геометрия на летателния апарат и предвидена към него иновативна пропульсивна система, е МААТ(Multibody Advanced Airship for Transport), подкрепен от 7ма рамкова програма на ЕС. Основната идея е да се разработи и експлоатира система от дирижабли, която да позволи високоефективно транспортиране на хора и стоки.

Важна част, от цялостния проект, е формата на летателните апарати. В настоящата статия се представят особеностите от изследване на аеродинамиката на формата, която да позволи продължителен безопасен полет, аеродинамична ефективност и най-нисък разход на енергия.

Формата на изследваният дирижабъл е различна от тази на традиционния и се нуждае от задълбочен анализ. Това изследване не може да се основе на класически таблични коефициенти на съпротивление, те са валидни за по-опростени геометрични форми, като тези на класическите дирижабли. За тази иновативна форма е избран числен подход, целта е да се докаже, че предложената конфигурация е осъществима и ефективна от аеродинамична и енергетична гледна точка, както и, че удовлетворява изискванията на проекта. Неконвенционалната форма се налага от изискванията за намалено фронтално сечение, особеностите на системата за съхранение на водород, стабилност при значителни вихрови структури и др.

Тъй като аеродинамичната ефективност зависи главно от формата, а тя от своя страна, зависи от особеностите на обтичането ѝ и условията на полета, установената последователност на изследване е:

- идентифициране на недостатъците на класическата форма на дирижаблите за целите на проекта

При известни по предварителни изчисления - необходим обем на газ за балонетите и пропульсивна сила, според очакваните условия на полет; изменение на плътността на въздуха до стратосферна височина; очаквана обща маса на лет апарат; присъединена маса и др., следва:

- изграждане на методика за определяне на оптималната стойност на т.нар. коефициент на издълженост (fineness ratio) λ , във функция на числото на Рейнолдс, скоростта на обтичане, турбулентните ефекти и др;

- определяне на размерите на стандартната форма;

- изчисление на натоварването на формата и главно на момента на огъване, сравнение със стойностите допустимите им граници на изменение .

- моделиране на неконвенционалната форма на геометрията на корпуса в Fluent, задаване на режими на експлоатация и определяне на аеродинамичните особености на обтичане на летателния апарат

- пресмятане за всеки от зададените режими на необходимата пропульсивна мощност при различни височини

- оптимизация на формата

Получените резултати са верифицирани.

Логическата последователност на изследването, получените резултати и заложените идеи, могат да послужат за бъдещо развитие и изследване на обтичането и определяне на пропульсивните характеристики на други иновативни форми за летателни апарати, при различни условия и височини.

Учебно пособие:

1. **Галина Илиева**, Съвременни програмни приложения за числено изследване на парни и газови турбини, кат. КММ, ТУ-Варна, 65стр, 2016 (под печат)

Топлинните турбомашини се прилагат широко в съвременната авиационна, стационарна и корабна енергетика. Течението в турбомашините се характеризира с комплексност и множество особености, породени от нестационарност и тримерност, реални физични свойства на работния флуид и сложна геометрия на лопатъчните апарати. В хода на експлоатация на агрегата се наблюдават множество характерни явления-откъсване на граничен слой, вихрообразуване, вторични течения, загуби през радиалните и аксиални хлабини, ударни и вълнови явления, ерозия, голяма кривина на токовете линии и др.

Описаните особености, способстват за получаването на механични и термични натоварвания, които оказват съществено влияние върху надеждността и ефективността на работа на турбинния агрегат. Пълното и точно моделиране на течението в турбинните агрегати е от особена важност за определяне на енергопреобразуването и предприемането на определени мерки за повишаване на ефективността на работа на машината. Прецизното моделиране, изследване и анализ на особеностите на флуида в турбинното стъпало е важна и актуална задача на съвременната теория на топлинните турбомашини.

Развитието на съвременните методи за числено моделиране способства за решението на тази задача и получаването на качествена и количествена картина на изследваното течение.

Учебното пособие представя насоките и основните стъпки в хода на геометричното и численото моделиране на турбинни стъпала с приложение на съвременни мощни програмни продукти – GAMBIT и FLUENT. Наред с описание на основните етапи се привеждат и примери за моделиране в двумерен и тримерен аспект на турбинни лопатки, прилагане на определени подходи за достигане до високо качество на формата на елементите от дискретизационната мрежа, както и подходи за сходимост на числената процедура.

Учебното пособие е предназначено за студенти, дипломанти, инженери и всички, които решават сложните задачи на аеротермодинамиката на работно тяло в проточната част на турбинни агрегати, при написване на дипломни работи, работа върху индустриални и изследователски проекти, курсови задачи, обучение по компютърно моделиране и др. С някои малки изменения представените методики могат да се прилагат и за моделиране на течението в компресори, помпи, вентилатори и др.

В учебното пособие е представен натрупан ценен практически опит при геометричното и числено моделиране и изследване на турбинни стъпала, като са обхванати следните основни направления: геометрично моделиране и дискретизация на областта на турбинни стъпала в програмна система GAMBIT в 2D и 3D аспект, подходи за повишаване на качеството на дискретизационната мрежа, методика в програмна система FLUENT за моделиране на 2D и 3D свиваем, вискозен и турбулентен флуид в турбинно стъпало, подходи за достигане до сходимост на изчислителната процедура, като са разгледани и конкретни примери.