
Механика на Машините

62

ISSN 0861-9727

**НАЦИОНАЛЕН КОМИТЕТ ПО ТЕОРИЯ
НА МЕХАНИЗМИТЕ И МАШИНИТЕ**

МЕХАНИКА НА МАШИНИТЕ

ГОДИНА XIV, КНИГА 1, 2006

СЕРИЯ **FN: ПРИЛОЖНА МЕХАНИКА НА ФЛУИДИТЕ, ТОПЛО И
МАСО ПРЕНОС**

ИЗДАТЕЛСТВО НА ТУ-ВАРНА

И. Антонов	
Моделиране взаимодействието на турболентно течение със смукателен отвор.....	3
С. Пенчев, Д. Колибаров, Д. Сейзински	
Изследване на характеристиките на течението в роботната част на аеродинамична тръба УТ-1.....	9
М. Райкова, И. Илиев	
Влияние на геометричните размери на напречното сечение на плоско-овален канал върху хидравличният коефициент на линейно съпротивление.....	13
М. Райкова	
Ефективност на интензифициране на топлообмена при плоскоовални тръби.....	17
П. Томов, М Василев	
Експериментално изследване на динамичните характеристики на турбо-помпа.....	21
П. Томов	
Динамика на турбо-помпа, задвижвана от асинхронен електродвигател.....	24
М. Ангелов, Д. Бодурова	
Моделиране циркулационните зони в кавитатор.....	28
N. Hao, L. Truyen, V. Tuyen, N. Nam	
Numerical model of natural gas burning in swirling turbulent boiler's combustor.....	32
А. Делеми, И. Антонов	
Математически модел на равнинно канално течение.....	35
А. Делеми	
Числено изследване на канално струйно течение. Интегрален метод.....	39
V. Grigorova, D. Rusev	
Application of the irreversible processes thermodynamics for analysing the treated product qualities in high pressure solid state phase transitions-the case of PdSe ₂ , PdTe ₂ , and PtTe ₂	42
С. Пенчев, Д. Колибаров, Д. Сейзински	
Моделиране на възникване и развитие на горски пожар.....	48
П. Костов, Н. Кръстев, К. Атанасов	
Моделиране на термичните условия за образуване на азотни оксиди при изгаряне на газово гориво.....	52
П. Костов, Н. Кръстев	
Влияние на топлинното натоварване на горелката върху емисиите азотни оксиди.....	57
Н. Кръстев	
Влияние на коефициента на излишък на въздух на инжекционна и плоскопламъчна горелка върху емисиите NO _x	59
Б. Максимопв, А. Недев, В. Наумов, Б. Андреев	
Надеждност на главните корабни двигатели "МАК".....	63
Б. Мксимов	
Оптимален период за бункероване на корабите.....	67
А. Недев, Г. Кунев, А. Мирчев, В. Наумов, Н. Триглова	
Приемане на управляващи решения за бъдещи енергоспестяващи мероприятия на сгради.....	70
А. Недев, В. Наумов, Г. Кунев, Н. Триглова, А. Киров	
Оптимална стратегия за енергиен мениджмънт.....	75
В. Димитрова	
Възможности за ограничаване разлива на масло по водната повърхност.....	90

МОДЕЛИРАНЕ ЦИРКУЛАЦИОННИТЕ ЗОНИ В КАВИТАТОР

Доц. д-р. инж. Милчо АНГЕЛОВ

mangelov@filibeto.org

маг. инж. Донка БОДУРОВА

bodurova@evrocom.net

катедра МАХВП, УХТ, гр. Пловдив 4002, България бул. Марица 26

Резюме

Използването на изчислителната механика на флуидите дава възможност да се моделира течението през проточната част на кавитатор с цел да се оцени работата на кавитатора. Изследват се циркуляционните зони, които се получават при течението през кавитатор със специфични геометрични форми. Получената информация за големината на циркуляционната зона и дължината на прилеване на струята може да се използва за да се дефинират оптимални условия за създаване на интензивна хидродинамична кавитация с цел почистване на водата.

Ключови думи: хидродинамична кавитация, математично моделиране на кавитатор.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

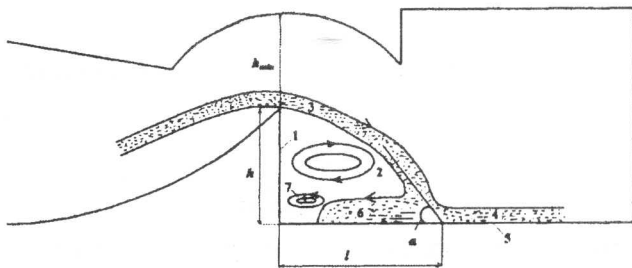
Основното въздействие на кавитацията върху микроорганизмите се определя от степента на разрушаване на повърхността им. Ерозионното действие на кавитационните мехури върху микроорганизмите може да се интензифицира, като се намали периода за появата и разпаденото в проточната част на кавитатора и се увеличи честотата им. Хидродинамичната кавитацията, генерирана при течение, което протича през различни зони на промяна на налягането спомага за въздействието върху бактериите и микроорганизмите с цел разрушаване на външната им обвивка. Използват се различни по форми проточни части на кавитатор с цел засилване на въздействието на завихрянето на потока върху разрушаването.

Това въздействие се постига чрез конструкцията на кавитатора, която да осигури откъсване на потока и увеличаване дължината на циркуляционната зона.

2. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Обект на нашето изследване е кавитатор със специфична проточна част. При случай на течение само през единична зона на откъсване има само една маса от флуида, която циркулира в зоната, където се очаква кавитацията. Този случай ние дефинираме като единичен кавитатор [Angelov 1997].

Нашата хипотеза е, че разрушаването на повърхността на бактерията може да се осъществи при протичане на флуида през кавитатора. В случай че повърхността, като еластична материя се стреми да се възстанови, предвиждаме втора възможност - веднага след първата кавитационна зона да има втора такава. Този случай ние дефинираме като сдвоен кавитатор. При протичане на флуида през сдвоения кавитатор, нарушената вече повърхност на бактерията служи за образуване на нови кавитационни ядра, които водят до окончателно разрушаване на стените на бактериите [Bodurova et al. 2004]. Течността, която изтича от отвора оформя струйно течение – фиг.1.



Фиг.1 Схема на течението в кавитатора

1-стъпка, 2-циркуляционна зона, 3-слой течност, 4 струя на паточка, 5-повърхност на твърдото тяло, 6-обратна струя, 7-вторичен вихър

Струята, оформена след стъпката в кавитатора продължава инерционното си движение по параболична траектория, която се насочва допълнително от горната повърхност на кавитатора и се удря в стената под определен ъгъл. Тази схема може да се разглежда като удар на струя върху стена. По-голямата част от струята се отнася с основния поток, а другата част от струята се връща в противоположна посока спрямо основния поток. По този начин се образува вихъра, а от там и вихровата зона. Непрекъснатата смяна на течността във вихъра е важна за износването на повърхностите, в следствие на кавитационното въздействие.

Най-важните геометрични параметри, определящи големината на циркуляционната зона са h , h_{min} и l . От височината на стъпката h , зависи дължината на образувания вихър l . Разстоянието h_{min} съответства на най-тъсното сечение в кавитатора, от него зависи максималната скорост, на възникване на кавитацията и установяването на устойчив режим на развита хидродинамична кавитация. Проведени са изследвания за почистване на природна повърхностна вода при двете различни конфигурации на кавитатора (единичен и сдвоен) и при различна стойност на параметъра h_{min} . Приемаме за определящо безразмерното отношение h/h_{min} .

Разглежда се примерно течение в единичен и сдвоен кавитатор. За описание на течението се използват уравненията на Навие-Стокс за турбулентно течение. Като модел на затварящата система от диференциални уравнения, описващи течението се използва к-ε модел на турбулентност [Angelov 1997].

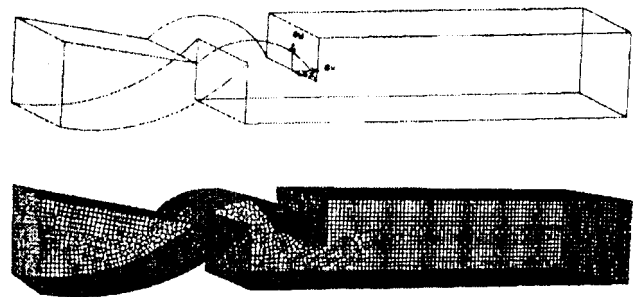
За решаването на системата диференциални уравнения за движение се използва методът на крайните обеми по следната процедура:

1. В среда на кода Solid Works се изчертава кавитатора за примерен случай с желаните от нас геометрични размери и конфигурации;
2. Експортира се чертежа в кода за създаване на изчислителната мрежа;
3. Създадената мрежа се експортира във FLUENT, кода за решаване на системата диференциални уравнения, като се задават начални и гранични условия;
4. Използват се възможностите на кода за графично представяне на резултатите.

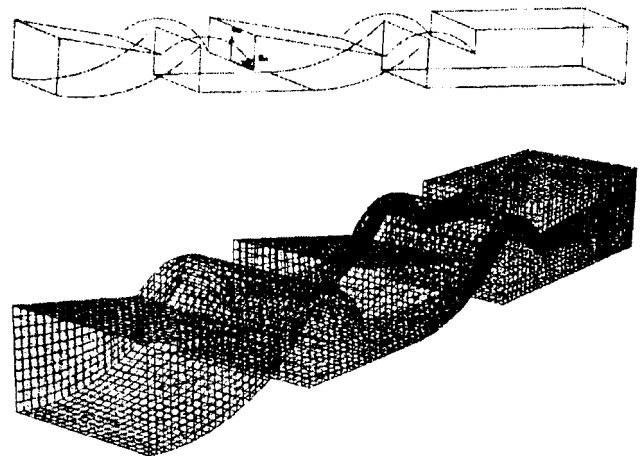
FLUENT е силен инструмент за изследване на теченията на течностите и газовете. Програмата дава възможност да се построи модел на изследваното течение - геометричен и динамичен, с помощта на който напълно се описва поведението на течността вътре в

кавитационната зона при различните начални и гранични условия. Така след проведеният анализ може да се избере най-оптималният вариант на геометрични параметри на кавитатора, при които се създават условия за максимални кавитационни разрушения. От проведените по-рано експерименти и на база съществуващите публикации по темата бе установено, че за по-доброто микробиологично почистване на водата е необходимо да се създадат условия за максимално интензивна кавитация [Gogate 2002]. По този начин ще се интензифицира процеса на почистване на води.

На фиг. 2 е показан чертежа на кавитатора, създаден чрез Solid Works и генерираната изчислителна мрежа за два конкретни случая. Броят на крайните обеми се избира такъв, че да се получи решение, независимо от промяната на броя им. Дължината на прилепване на струята зависи от отношението на големината на стъпката към големината на отвор на изтичане. Това отношение определя и големината на циркуляционната зона.



фиг. 2, Геометрия и изчислителна мрежа на единичен кавитатор при $h/h_{min}=2.67$



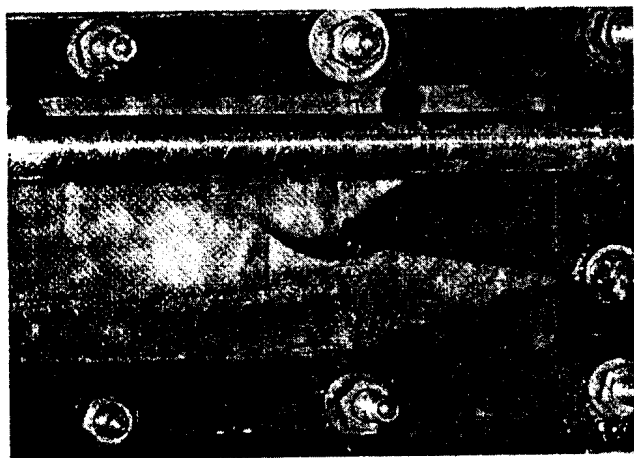
фиг. 2₆ Геометрия и изчислителна мрежа на сдвоен кавитатор при $h/h_{min}=5.88$

От разпределението на токовата картина и образуваната вихрова и циркуляционна зона

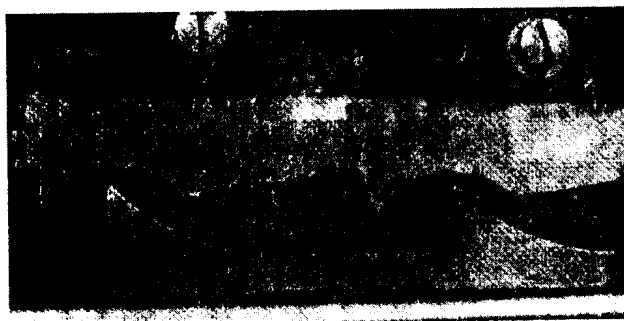
може да се намери най-подходящото място за поставяне на сребърната пластина, с цел интензивно износване на пластината. По този начин се гарантира отделянето на сребърни йони от пластината [Pandit et al. 2003].

3. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

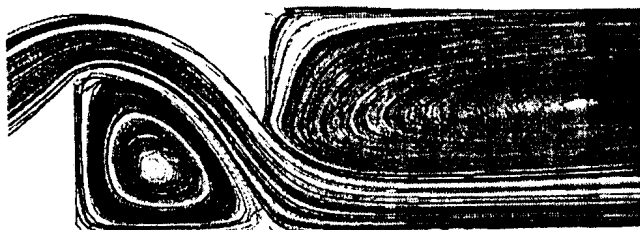
На фиг.3 е показана снимка на развита кавитация в единичен кавитатор (фиг. 3_а) и при сдвоен кавитатор (фиг. 3_б) при определена геометрия на проточната част, а на фиг. 4 и 5 резултатите получени от решението на системата диференциални уравнения за движение.



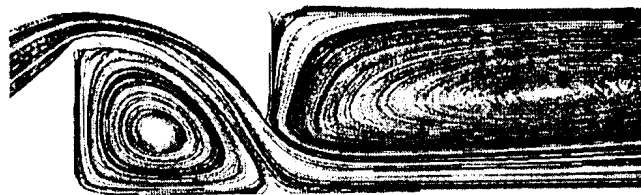
фиг. 3_а. Развита кавитация при единичен кавитатор при $h/h_{min}=2.67$



фиг. 3_б. Развита кавитация при сдвоен кавитатор при $h/h_{min}=2.67$



фиг. 4. Разпределение на токовата картина в единичен кавитатор при $h/h_{min}=2.67$



фиг. 4_б. Разпределение на токовата картина в единичен кавитатор при $h/h_{min}=5.88$

На фиг. 5. е показана токовата картина на течение при сдвоен кавитатор съответно при $h/h_{min}=2.67$ и $h/h_{min}=5.88$.

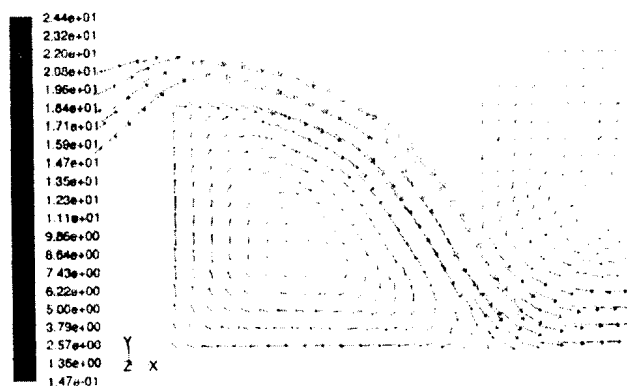


фиг. 5_а. Разпределение на токовата картина в сдвоен кавитатор $h/h_{min}=2.67$

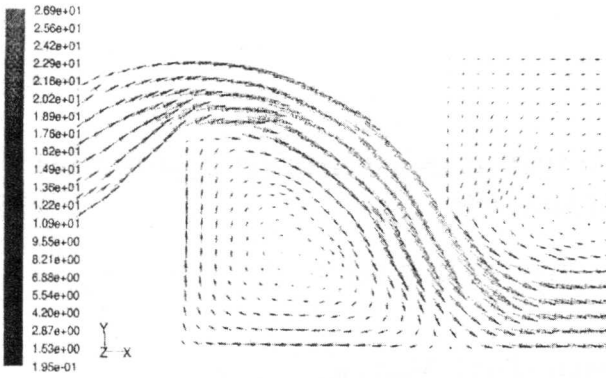


фиг. 5_б. Разпределение на токовата картина в сдвоен кавитатор $h/h_{min}=5.88$

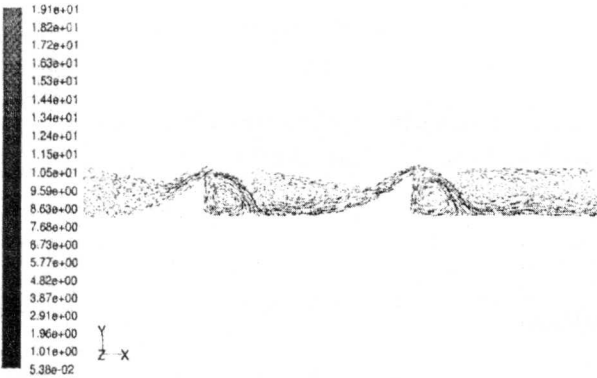
Фигури 4 и 5 ясно представят вихрообразуването и обръщането на част от потока флуид в обратна посока, в резултат на което се получава и откъсване на потока. Колкото по-големи са зоните на завихряне на потока се наблюдава толкова по-интензивно кавитационно въздействие [Pandit 2002]. На фигури 6 са представени резултатите за изменението на скоростта при разглежданите различни геометрични форми на кавитатора.



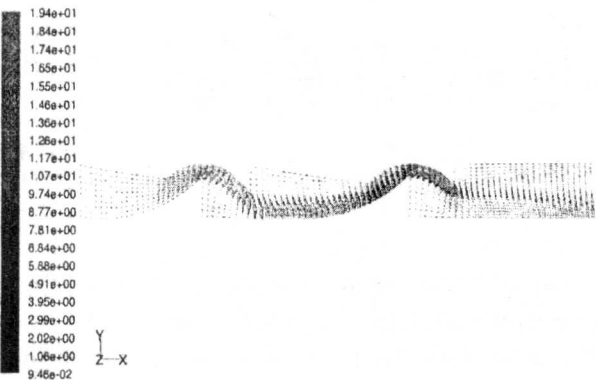
Фиг. 6. Единичен кавитатор $h/h_{min}=5.88$



Фиг. 6б Единичен кавитатор $h/h_{min}=2.67$



Фиг. 6в Сдвоен кавитатор $h/h_{min}=5.88$



Фиг. 6г Сдвоен кавитатор $h/h_{min}=2.67$

4. ИЗВОДИ

1. Резултатите от моделирането позволяват бързо и точно проектиране на проточна част на кавитатор във връзка с неговото предназначение.
2. Конструирани единичен и сдвоен кавитатор ще позволят да се намери оптималният режим на работа с цел максимален ефект очистване на водата.

ЛИТЕРАТУРА

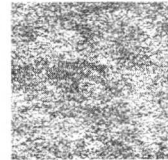
Angelov M. Computational modelling of flow in a cavitator, Leaven, Belgium, 1997.

Bodurova D., M.S. Angelov, Intensification the process of water purification by hydrodynamic cavitation, Scientific Conference with International Participation : Manufacturing and management in 21st century. Ohrid, Republic of Macedonia, 16-17 September 2004.

Gogate P., Cavitation: an auxiliary technique in wastewater treatment schemes, "Advances in Environmental Research Journal" 6, 2002.

Pandit A., Jyoti K., Hybrid cavitation methods for water disinfection. "Biochemical Engineering Journal" 14, 2003.

Pandit A., Wastewater treatment: a novel energy efficient hydrodynamic cavitation technique. "Ultrasonics Sonochemistry" Journal 9, 2002.



MODELLING OF CIRCULATION ZONES IN A CAVITATOR

Milcho ANGELOV Donka BODUROVA

SUMMARY

Fluids computing mechanics utilization gives an opportunity of modeling the flow that goes through the protracted part of a cavitator and its main objective is estimation of the work of the cavitator. Circulation zones that are a result of a flow running through a cavitator with specific geometrical forms are explored. The collected information on the size of the circulation zone and the length of the jet adhering can be used to create optimal conditions for intensive hydrodynamic water purifying cavitation.

Key words: hydrodynamic cavitation, mathematical modeling of a cavitator