

ISSN 1563-034X • Индекс 75877; 25877



ӘЛ-ФАРАБИ атындағы
ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

AL-FARABI KAZAKH
NATIONAL UNIVERSITY

ХАБАРШЫ

ФИЗИКА СЕРИЯСЫ

ВЕСТНИК

СЕРИЯ ФИЗИЧЕСКАЯ

BULLETIN

PHYSICS SERIES

1(56) 2016

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

Бұл монографияда М.С. Аскарова жылу физикасы мен плазма физикасының жаңынайтыншылдық мәдениеттегі маңыздылығын көрсету үшін оның нағызындық проблемаларын және шешімдерін түсінген.

1-бөлім Раздел 1

Плазма физикасы Физика плазмы

| | |
|--|----|
| Рамазанов Т.С., Молдабеков Ж.А., Габдуллин М.Т. нұфтауда | 4 |
| Эффективные потенциалы взаимодействия частиц неидеальной двухтемпературной плотной плазмы..... | 4 |
| Усенов Е.А., Габдуллин М.Т., Досболаев М.К., Даанияров Т.Т., Рамазанов Т.С. | 12 |
| Электрические и оптические свойства диэлектрического барьера разряда..... | 12 |
| Zhukeshov A.M., Pak S.P., Gabdullina A.T., Amrenova A.U., Shigayeva G.G. | 18 |
| Structure and microhardness of iron alloys after pulse plasma flows processing..... | 18 |

2-бөлім Раздел 2

Жылу физикасы және Теплофизика и теориялық жылу техникасы теоретическая теплотехника

| | |
|---|----|
| Аскарова А., Болгегенова С., Гороховский М., Тужкаев А., Останова Ш., Нурыманова А., Манбаева Р. | 28 |
| Компьютерное моделирование процессов дисперсии и горения жидкых топлив при высокой турбулентности..... | 28 |
| Аскарова А.С., Болгегенова С.А., Болгегенова С.А., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б., Габитова З.Х., Боранбаева А.Е. | 36 |
| Исследование характеристик теплообмена при горении пылеугольного факела в топочной камере котла БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ-3..... | 36 |
| Молдабекова М.С., Эсембаева М.К., Мукамеденқызы В., Абдулаева Ә.Б. | 44 |
| Күрамында пропаны болатын үшкомпонентті газ көспасындағы механикалық тепе-тендіктін орныксыздығын Стейган-Максвелл әдісімен зерттеу | 44 |
| Нұрмаханов Н., Қалиахмет А.Б., Иқласова С., Эсембаева М.К. | 50 |
| H ₂ -N ₂ +CH ₄ газ жүйесіндегі метаның эффективтік диффузия коэффициентінің температуралық және концентрациялық тәуелділігі | 50 |
| Толеуов F., Есім Н.Б., Зейнегабиден Б.К., Байғалиқызы Б. | 56 |
| Шекаралық кабатының кіші бастапқы калындығы бар ағыншыға әсер етуін зерттеу | 56 |
| Исатаев М.С., Есеналиева А., Омаралина А., Молдабекова Д., Сейдулла Ж.К. | 62 |
| О характерной частоте пульсаций скорости в конце начального участка струи | 62 |
| Исатаев М.С., Омаралина А., Есеналиева А., Молдабекова Д., Шалбаева Ж. | 66 |
| Влияние интенсивности турбулентности набегающего потока на теплоотдачу круглого цилиндра в канале..... | 66 |
| Толеуов F., Қалқанова М., Сейдулла Ж.К. | 70 |
| Оссесимметриялық ағынның бастапқы және соңғы боліктерінде ағыстың периодтық құрылымын әсері | 70 |

3-бөлім Раздел 3

Конденсирленген күй физикасы және Физика конденсированного состояния материалтану проблемалары и проблемы материаловедения

| | |
|---|-----|
| Өтепов Е.Б., Баст Ю., Беркинбаева А.С., Мадижанова А.Т., Нұргалиев А.К. | 76 |
| Темір негізіндегі наноқұрылымды жабындысымен қорытпалардың диссипативті қасиеттерін зерттеу..... | 76 |
| Наривский А.Э., Яр-Мухамедова Г.Ш. | 86 |
| Влияние легирующих элементов и структурной гетерогенности стали AISI 321 на селективное растворение металлов из пигментов..... | 86 |
| Мукашев К.М., Яр-Мухамедова Г.Ш., Муратов А.Д. | 98 |
| Радиационная повреждаемость сплавов Ti-Ge и аннигиляция позитронов..... | 98 |
| Контактная термообработка никеля за пакетом из чистого ионизированного железа | 106 |

Исатаев М.С., Есеналиева А.,
Омаралина А., Молдабекова Д.,
Сейдулла Ж.К.

**О характерной частоте пульсаций
скорости в конце начального
участка струи**

Установлено, что в спектрах пульсаций скорости начального участка осесимметричных струй с малой толщиной пограничного слоя в выходном сечении насадки, имеются две наиболее характерные частоты. Одна частота регистрируется на границе струи в оторвавшемся пограничном слое вблизи кромки сопла, другая – на оси струи в конце начального участка. Первая обусловлена возникновением периодических возмущений в результате потери устойчивости свободного ламинарного пограничного слоя и зависит от его толщины. Вторая характерная частота обусловлена формированием больших вихрей с масштабом порядка диаметра струи в начальном участке и не зависит от начальной толщины пограничного слоя.

Число Струхала, рассчитанное по первой характерной частоте, изменяется пропорционально корню квадратному из числа Рейнольдса. Величина же числа Струхала, рассчитанного по второй характерной частоте, сохраняет приблизительно постоянное значение $S=0,4\div0,6$.

Ключевые слова: турбулентность, число Струхала, пульсация скорости, спектры, струя.

Isatayev M.S., Esenalieva A.,
Omaralina A., Moldabekova D.,
Sejdulla Zh.K.

**The characteristic pulse frequency
velocity at the end of the initial
section jet**

It is established that in the spectra of velocity pulsations in the initial phase axisymmetric jets with small thickness of the boundary layer in the outlet section of the nozzle, there are two of the most characteristic frequency. One frequency is recorded on the boundary of the detached jet in the boundary layer near the edge of the nozzle and the other at the jet axis at the end of the initial phase. The first is the occurrence of periodic perturbations as a result of loss of stability of free laminar boundary layer and depends on its thickness. The second characteristic frequency due to the formation of large vortices with scale of order of the diameter of the jet in the initial section and does not depend on the initial thickness of the boundary layer.

The number of strugala calculated by the first characteristic frequency is proportional to the square root of the Reynolds number. The same value of the Strouhal number calculated by the second characteristic frequency keeps approximately constant value of $S=0,4\div0,6$.

Key words: turbulence, the Strouhal number, pulse speed, range, the jet.

Исатаев М.С., Есеналиева А.,
Омаралина А., Молдабекова Д.,
Сейдулла Ж.К.

**Ағыстың бастапқы бөлімшесінің
соңында пульсацияның сипатты
жайлігі туралы**

Саптаманың шығу құмасында шекаралық қабаттың қалындығы аз болған кезде осесимметриялық ағыстың бастапқы участкесіндегі жылдамдық пульс спектрлерінде екі негұрлым сипатты жайліктердің бар екені анықталды. Бір жайлік шумек шеттің жарындағы үзілген шекаралық қабаттың ағысының шекарасында, басқасы – бастапқы участкесінің соңындағы ағыс білігінде тіркеледі. Біріншісі еркін ламинацияланған шекаралық қабаттың тұрактығының жогалуы нәтижесінде мерзім сайынғы ауытқуының туындауымен байланысты және оның қалындығына байланысты болады. Екінші сипатты жайлік бастапқы участкеде ағыс диаметрінің ауқымымен үлкен құйындардың қалыптастасымен байланысты және шекаралық қабаттың бастапқы қалындығына байланысты болмайды.

Бірінші сипатты жайлік бойынша есептеп шыгарылған Струхаль саны Рейнольдс санының квадратты түбіріне барабар өзгереді. Ал екінші сипатты жайлік бойынша есептеп шыгарылған Струхаль санының шамасы $S=0,4\div0,6$ тұрақты мәнін сақтап қалады.

Түйін сөздер: турбуленттілік, Струхаль саны, жылдамдық, пульсациясы, спектр, ағынша.

УДК 536.46:532.517.4

*Исатаев М.С., Есеналиева А., Омаралина А.,
Молдабекова Д., Сейдулла Ж.К.

НИИЭТФ,
Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы
*E-mail: Muhtar.Isataev@kaznu.kz

О ХАРАКТЕРНОЙ ЧАСТОТЕ ПУЛЬСАЦИЙ СКОРОСТИ В КОНЦЕ НАЧАЛЬНОГО УЧАСТКА СТРУИ

Введение

Спектры пульсаций скорости начального участка осесимметричных струй

Анализ спектров, полученных во всем поле течения начального и переходного участков различных струй, показали, что спектры в конце начального участка имеют довольно ярко выраженный максимум. На рисунке 1 показаны спектры обезразмеренные, согласно выражению:

$$\int_1^\infty E(n)dn = U^2.$$

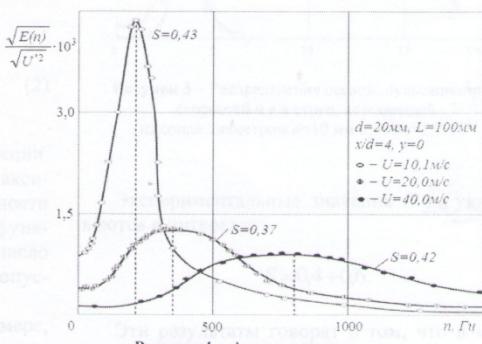


Рисунок 1 – Анализ спектров

$$\frac{\sqrt{E(n)}}{|f'|^2} = f(K),$$

$$\frac{\sqrt{E(n)}}{\sqrt{U^2}} = f(K),$$

(рисунок 2) эти максимумы собираются вблизи одного волнового числа. Волновое же число $2\pi n/U$ и число Струхала nd/U отличаются только постоянными множителями 2π и d . Это означает, что число Струхала, рассчитанное по частоте максимума, с изменением Re не меняется.

Количественно степень выраженности какой-либо частоты в спектре пульсаций скорости можно оценить величиной

$$e = \frac{1}{e_{\infty}} \int_{n_1}^{n_2} E(n) dn, \quad e = \int_{\infty}^{\infty} E(n) dn. \quad (1)$$

Здесь $E(n)$ спектральная функция распределения кинетической энергии турбулентности по частотам: разность $n_2 - n_1$ соответствуют узкой полосе частот, в которой наблюдается пик энергии. Величину e удобно назвать долей энергии пульсаций скорости в полосе частот $\Delta n = n_2 - n_1$.

Для примера на рисунке 3 показано распределение e в струе, истекающей из сопла диаметром $d = 10$ мм.

Энергетические спектры были получены с помощью анализатора, имеющего набор фильтров. Соотношения (1) для двойного анализатора принимают вид:

$$e = \frac{E_i \Delta n_i}{\sum}, \quad \Sigma = \sum_{K=1}^m E_K \Delta n_k. \quad (2)$$

Здесь E_i – значение спектральной функции, вычисленное по показанию фильтра с максимальной величиной спектральной плотности напряжения; E_K – значение спектральной функции соответствующее K -му фильтру; m – число фильтров анализатора; Δn_k – полоса пропускания K -го фильтра.

В представленном на рисунке 3 примере, пик энергетического спектра пульсаций скорости, обусловленный образованием дискретных вихрей, строго совпадал с резонансной частотой фильтра на 1140 Гц. Полоса пропускания этого фильтра 114 Гц.

Распределение величины e (кривая 3) имеет максимум при $x/d = 3,5 \div 4$, т.е. примерно соответствует месту расположения конца ядра струи. Это место легко определяется по форме спектра, имеющего ярко выраженный максимум или по осциллограмме пульсаций скорости,

принимающей вид близкий к синусоидальному сигналу, амплитудно-модулированному низкой частотой.

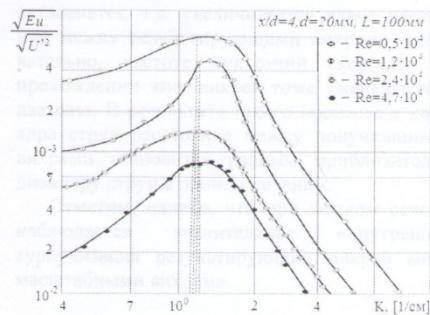


Рисунок 2 – Построение спектров в координатах

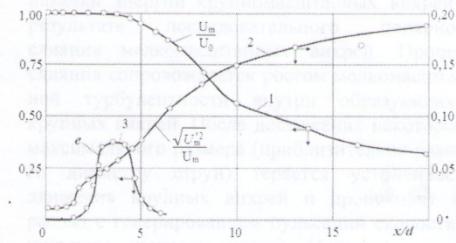


Рисунок 3 – Распределения осевой, пульсационной скоростей и e в струе, истекающей из сопла диаметром $d = 10$ мм при $Re = 1,7 \cdot 10^4$

Экспериментальные значения $S_{y=0}$ укладываются в интервале

$$S = 0,4 \div 0,6. \quad (3)$$

Эти результаты говорят о том, что в конце начального участка свободных струй существует характерная частота пульсаций скорости, связанная с преобладанием вихрей, масштаб которых обусловлен геометрией потоков (диаметром струи в начальном участке).

Сказанное будет более понятным, если число Струхала представить в таком виде:

$$S = \frac{nd}{U} \cdot \frac{C_r}{C_{r_s}} = \frac{C_r}{U} \cdot \frac{d}{\lambda}, \quad (4)$$

где C_r – скорость движения вихрей.

$\lambda = C_r/n$ – длина волны пульсаций скорости, обусловленная прохождением вихрей. Скорость движения центров вихрей в пределах ядра струи по данным, полученным нами методом скоростной съемки и синхронного освещения, составляет $\sim 0,5 U_0$, что совпадает с данными работами [1]. Тогда выражение (4) можно написать

$$S = 0,05 \cdot \frac{d}{\lambda}. \quad (5)$$

Из сравнения (4) и (5) вытекает, что $d/\lambda = 0,8 \div 1,2$. Длина волны пульсаций скорости λ есть ни что иное, как расстояние между вихрями вдоль направления распространения струи.

Таким образом, выражение (4) и (5) свидетельствует о том, что к концу начального участка струй независимо от числа Re наибольшую энергию имеют вихри, продольный масштаб которых приблизительно равен поперечному размеру струи в начальном участке. То же заключение можно сделать по данным изучения визуальной картины течения. При $x/d=2 \div 4$ расстояние между вихрями устанавливается приблизительно равным диаметру струи в начальном участке. На этом снимке можно вполне различить два наиболее характерных масштаба вихрей, о которых шла речь выше. При $x/d=1$ на границе струи видны малые вихри, масштаб которых задается толщиной пограничного слоя в выходном сечении сопла, а при $x/d=2 \div 4$ большие вихри, масштаб которых приблизительно равен диаметру струи в начальном участке.

Если масштаб вихрей, возникающих на границе струи в ламинарном пограничном слое,

значительно меньше диаметра струи в начальном участке ($\lambda < d$), то в пределах ядра струи происходит несколько полярных слияний вихрей. При каждом слиянии длине волны λ удваивается, т.е. увеличивается вдвое расстояние между результирующими вихрями, следовательно, частоте пульсаций скорости при прохождении этих вихрей тоже уменьшается в два раза. В результате такого процесса к концу ядра струи расстояние между получившимися вихрями становится равным приблизительно диаметру струи в данном сечении.

Отметим, однако, что при каждом сечении наблюдается значительная «внутренняя» турбулизация результирующих вихрей мелкими масштабами вихрями.

Выводы

Таким образом, вначале происходит процесс накачки энергии крупномасштабных вихрей в результате последовательного полярного слияния мелкомасштабных вихрей. Процесс слияния сопровождается ростом мелкомасштабной турбулентности внутри образующихся крупных вихрей. После достижения некоторого максимального размера (приблизительно равного диаметру струи) теряется устойчивость движения крупных вихрей и происходит их распад с генерированием пульсаций скорости с широким спектром частот. Именно по этой причине распределение e (рисунок 3) имеет вид с ярко выраженным максимумом. До $x/d=2 \div 4$ происходит пространственное усиление пульсаций скорости, связанных с формированием больших вихрей, а при $x/d>4$ – распад этих вихрей и генерирование обычной турбулентности с вихрями всевозможных масштабов.

Литература

1 Сапарова А., Есим., Есеналиева А. Воздействие на струю периодических пульсаций с малой начальной толщиной пограничного слоя // Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби алемі». – Алматы, 2015. – С.150.

References

1 Saparova A., Esim N., Esenalieva A. Vozdejstvie na strui periodicheskikh pul'sacij s maloj nachal'noj tolshhinoj pogranichnogo sloja // Mezhdunarodnaja konferencija studentov i molodyh uchenykh «Farabi alemi». – Almaty, 2015. – S 150. (in Russ).