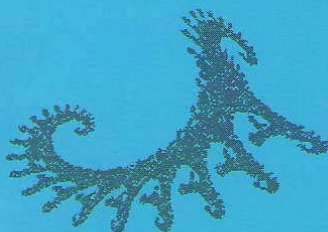


БЕЙСЫЗЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ХАОС ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДАР. ТЕОРИЯ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕ

*Академик Е.А.Бөкетовтің 90 жылдығына арналған
9-ші Халықаралық ғылыми конференцияның*

МАТЕРИАЛДАРЫ

18–20 маусым



ХАОС И СТРУКТУРЫ В НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ. ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

МАТЕРИАЛЫ

*9-й Международной научной конференции,
посвященной 90-летию академика Е.А.Букетова*

18–20 июня

CHAOS AND STRUCTURES IN NONLINEAR SYSTEMS. THEORY AND EXPERIMENT

MATERIALS

*of the 9th International scientific conference
devoted to the 90th anniversary of academician Ye.A.Buketov*

June, 18–20

Қарағанды – 2015

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

АКАДЕМИК Е.А.БӨКЕТОВ АТЫНДАҒЫ
ҚАРАҒАНДЫ МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АКАДЕМИКА
Е.А.БУКЕТОВА

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ACADEMICIAN Ye.A.BUKETOV KARAGANDA STATE
UNIVERSITY

БЕЙСЫЗЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ХАОС ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДАР. ТЕОРИЯ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕ

*Академик Е.А.Бөкетовтің 90 жылдығына арналған
9-шы Халықаралық ғылыми конференцияның материалдары
18–20 маусым*

ХАОС И СТРУКТУРЫ В НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ. ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

*Материалы 9-й Международной научной конференции,
посвященной 90-летию академика Е.А.Букетова
18–20 июня*

CHAOS AND STRUCTURES IN NONLINEAR SYSTEMS. THEORY AND EXPERIMENT

*Materials of the 9th International scientific conference
devoted to the 90th anniversary of academician Ye.A. Buketov
June, 18–20*



Қарағанда
2015

Байжуманов М., Даулетбекова А., Акилбеков А., Здоровец М., Сулеева Л. Электронные центры окраски в кристаллах LiF облученных ионами ^{40}Ar (ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, г.Астана, Астанинский филиал ИЯФ, г.Астана, КазНУ им.К.Сатпаева, г.Алматы, Казахстан).....	181
Юров В.М., Кубич В.И. Некоторые вопросы самоорганизации трибологических систем, содержащих тонкие слои смазочного материала (КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан, Запорожский национальный технический университет г.Запорожье, Украина)...	185
Афанасьев Д.А., Ибраев Н.Х., Омарова Г.С., Юсупова Ж.Б. Исследование оптических и электрофизических свойств полимерных пленок redot:PSS, допированных наночастицами серебра (Институт молекулярной нанофотоники, КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан).....	189
Аймуханов А.К., Ибраев Н.Х., Канапина А.Е., Есімбек А. Свойства наночастиц золота, полученных методом лазерной абляции объемной мишени в разных средах (КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан).....	194
Селиверстова Е.В., Ибраев Н.Х., Джанабекова Р.Х., Алихайдарова Э.Ж. Синтез и исследование дисперсий восстановленного оксида графена (Институт молекулярной нанофотоники, КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан).....	199
Селиверстова Е.В., Ибраев Н.Х., Ильина Л.Ф., Ищенко А.А. Квантово-химический расчет полиметинового красителя 1,1'-гидроксизтил-3,3'-диметил-карбоцианин бромид (Институт молекулярной нанофотоники, КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан).....	202
Казначеева А.М., Толеугожина С.Т., Квеглиц Л.И., Бектасова Г.С. Электронографический анализ процесса кластерной самоорганизации в металлах и сплавах (ВКГУ им.С.Аманжолова, г.Усть-Каменогорск, Казахстан).....	207
Квеглиц Л.И., Ахметжанов Б.К., Чериханова А.Х. Исследование структуры сплава 36 НХТЮ после сварки (ВКГУ им.С.Аманжолова, г.Усть - Каменогорск, Казахстан).....	212
Крайнов А.Ю., Моисеева К.М., Миньков Л.Л. Расчет задачи горения метано-воздушной смеси в щелевой горелке с инертной внутренней вставкой в двухмерном приближении (Томский государственный университет, г.Томск, Россия).....	216
Юров В.М., Сыздыкова А.Ш., Еремин Е.Н. Возникновение диссипативных структур при формировании плазменных покрытий (КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Политехнический колледж корпорации «Казахмыс», г.Балхаш, Казахстан, Омский государственный технический университет, г.Омск, Россия).....	221
Сыздыкова А.Ш., Еремин Е.Н., Юров В.М., Гученко С., Абжанова Д. Структура и свойства стальных покрытий, легированных алюминием (Политехнический колледж корпорации «Казахмыс», г.Балхаш, Казахстан, Омский государственный технический университет, г.Омск, Россия, КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан).....	227
Редько С.Л., Карбозова А.К., Хуанбай Е., Маханов К.М. Разработка технологии лазерной абляции ВТСП (КарГУ им.Е.А.Букетова, КарГТУ, г.Караганда, Казахстан).....	231
Зейниденов А.К., Ибраев Н.Х., Сериков Т.М., Айтбаева Ж.М. Влияния наночастиц серебра на оптические свойства полимера Poly (3-Hexylthiophene) в растворах (Институт молекулярной нанофотоники, КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан).....	235
Сакипова С.Е., Нусупбеков Б.Р., Айтпаева З.К., Оспанова Д.А., Ахмерова К.Е. Влияние электроимпульсной обработки на свойства и структуру техногенного сырья (КарГУ им.Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан).....	238

Секция 3. ДИНАМИКА НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА

Бактыбеков К.С., Бекмухамедов Б.Э., Муратбеков М.М., Алтынбек С.А. Метод расчёта затопления прибрежных зон при наводнениях с использованием цифровой модели рельефа и клеточных автоматов (АО «Национальный центр космических исследований и технологий», г.Алматы, ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан).....	243
Бактыбеков К.С., Баратова А.А. Исследование процессов радиационного дефектообразования на поверхности твердого тела (ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан).....	247
Исатаев С.И., Толеуов Г., Исатаев М.С., Калканова М. Экспериментальное исследование скорости в вихре (НИИЭТФ, КазНУ им.аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан).....	250

УДК 532.525.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ В ВИХРЕ

С.И. Исатаев, Г.Толлеуов, М.С. Исатаев, М. Калканова
 НИИЭТФ, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
Muhtar.Isataev@kaznu.kz

Развитие вихрей на краю струи происходит в градиентном потоке (слой сдвига). Экспериментальное исследование вихрей в слое сдвига связано с большими трудностями, такими как нестабильность образования и не стационарность их параметров во времени, наличие осредненной скорости. Проходящий через точку расположения датчика вихрь находится в развитии. Соответствующее ему начало, и конец сигнала термоанемометра принадлежат уже отличающимся по параметрам состояниям вихря. Применяемый в настоящей работе метод позволяет проводить измерения характеристик вихря в одной и той же фазе его развития путем перемещения датчика с использованием метода фазовой выборки.

Имеющиеся теоретические и экспериментальные работы по изучению внутренней структуры вихрей посвящены свободным сформировавшимся вихрям, перемещающимся в неподвижной среде. В зависимости от выбора координат такое перемещение можно рассматривать и в движущейся среде. Течение же подразумевается не имеющее поперечного градиента скорости.

Компоненты скорости U и V выделялись путем суммирования сигналов двух окрашенных нитей датчика. Стабилизация частоты образования вихрей достигалась наложением акустического воздействия при $Sh=0,5$. Пользуясь стробоскопическим освещением через теневой прибор ИАБ-451 можно было установить датчик приблизительно на оси вихря (на это время струя слегка подогревалась).

Опытные данные распределения скоростей показаны на рисунке 1. Кривая V - компоненты типична для распределения скорости в сечении вихря. В области ядра наблюдается близкая к линейной зависимость скорости от радиуса. Небольшой изгиб вблизи центра ядра объясняется не совсем точным прохождением датчика через ось вихря. Из графика можно определить некоторые параметры вихря: радиус ядра $a_0 \approx 5$ мм; окружная скорость $V_0 \approx 4,6$ м/с, или $V_0/U_0 \approx 1$.

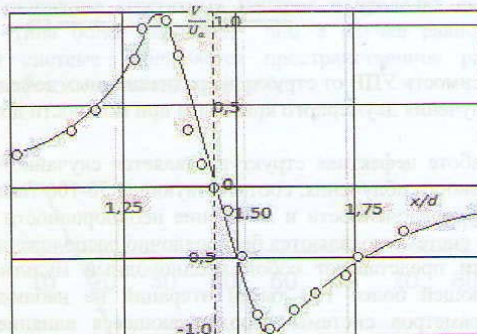


Рисунок 1. Распределение V - компоненты скорости в сечении, проходящем через ось вихря

На рисунке 2 приведены профили U - компоненты в сечении, перпендикулярном оси струи и проходящим через ось вихря. Скорость на оси струи ($U_m \approx 1,2$) не является наибольшей, а несколько нарастает ближе к краю. Затем идет резкий спад в области ядра вихря, причем изменяется знак скорости. Радиус вихревого кольца $R \approx 24$ мм.

Для определения направления скорости использовался нагретый датчик термоанемометра. Его тепловой след при наблюдении через тепловеский прибор со стробоскопическим освещением, синхронизованным с частотой воздействия, показывал вектор скорости в исследуемой точке. Датчик перемещался вдоль оси y , проходящей через ось вихря. Было установлено, что на внешней границе вихря тепловой след от датчика поворачивает в противоположно направлении основному потоку.

На основании этого можно сделать важный вывод о механизме усиления процессов переноса под влиянием низкочастотного акустического воздействия в свободных струях. Избыток окружной скорости вихря проявляется на краю струи в виде обратного течения, способствующего увеличению инжекции и расширению границ взаимодействия с окружающим внешним газом. Движение вихря осуществляется как бы с «пробуксовкой». Из-за активного смешения на границе струя быстро теряет максимальную осевую скорость, расширяется, пока не произойдет распад крупномасштабных периодических структур. Только тогда распределения средних и пульсационных скоростей, спектры принимают вид, характерный для турбулентного течения.

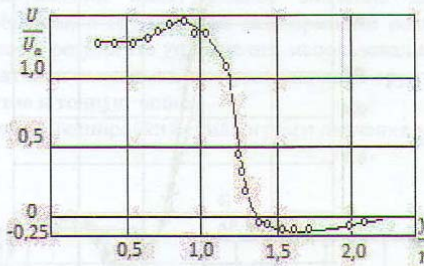


Рисунок 2. Распределение U - компоненты скорости в сечении, перпендикулярном оси струи и проходящем через ось вихря

Избыток окружной скорости приводит также к выносу нагретой массы газа на периферию изотермической струи, в результате чего ускоряется падение средней температуры. Всё сказанное конечно справедливо и для течения с вихрями, не имеющими избытка окружной скорости, если бы такие удалось создать. Но именно избыток, видимо, сильно повышает эффект влияния периодических структур (вихрей) на аэродинамические и тепловые характеристики свободных струй.

Оценим некоторые параметры вихря, пользуясь данными Тарасова В.Ф. из работы, где коэффициенты расчетных формул были определены эмпирически для вихревого кольца. Будем считать, что длина струи l_* , образующая вихрь, равна расстоянию от среза сопла до сечения, в котором производится измерение, т.е. $l_*=58$ мм. Так как вихрь в струе находится в состоянии развития, то определим его параметры как начальные. Найдём радиус вихревого кольца:

$R_0 R_*$, где $R_*=20$ мм - радиус сопла,

$$\gamma = 1,03 \left(\frac{l_*}{2R_*} \right)^{\frac{1}{3}},$$

тогда $R_0 = 1,03 \cdot (1,45)^{1/3} \cdot 20 = 23,3$ мм.

Радиус ядра:

$$a_0 = \frac{0,9 \cdot l_*}{\gamma^{3/4} \cdot \text{Re}^{1/4}} \approx 4,5 \text{ мм.}$$

Число Рейнольдса взято здесь по максимальной скорости $U_m = 1,17 \langle U_a \rangle$ на оси струи.

Окружная скорость на границе ядра:

$$V_0 = 0,098 \text{Re}_e^{11/42} \cdot V_* \cdot (\text{возьмем } V_* = U_m)$$

$$V_0 = 0,098 \cdot 8,94 \cdot 1,06 \cdot 5,2 = 4,2 \text{ мм,}$$

$$\frac{V_0}{U_m} \approx 0,85 \frac{V_0}{\langle U_a \rangle} \approx 1.$$

Можно видеть, что вычисленные параметры вихря R_0 , a_0 , V_0 хорошо согласуются с нашими экспериментальными данными. Значение окружной скорости сильно отличается от данных работы [1] в большую сторону. Видимо, наличие осредненной скорости потока препятствует затуханию окружной скорости в процессе развития вихря.

На рисунке 3 приведены профили U - компоненты при различном уровне воздействия. Изменение уровня сказывается на величине окружной скорости и скорости в центре вихря (на оси струи). Если принять, что ось вихря расположена посередине между максимумом и минимумом

кривой, то можно определить поступательную скорость вихрей. Для трех значений уровня воздействия она составляет $C_1 \approx 0,55 < U_a$, $C_2 \approx 0,62 < U_a$, $C_3 \approx 0,65 < U_a$.

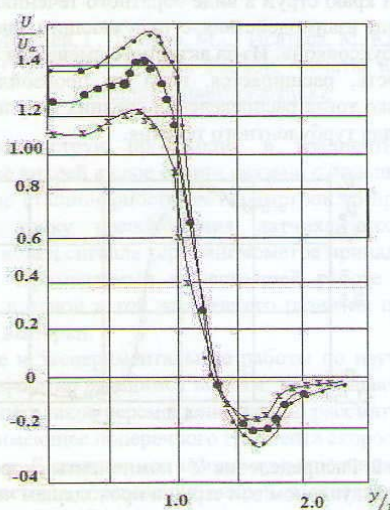


Рисунок 3. Измерение U -компоненты скорости в сечении, перпендикулярном оси струи и проходящем через ось вихря, от амплитуды воздействия

Также можно заметить, что в пределах погрешности $C \approx \frac{U_{\text{тф}}}{2}$ для каждого случая.

Следовательно, увеличение амплитуды акустического воздействия вызывает некоторый рост поступательной скорости вихрей.

Результаты измерений скорости трубкой Пито в поперечных сечениях на краю струи принято считать неправильными из-за крутого наклона получаемой кривой распределения. Термоанемометрические измерения, наоборот, дают удлинение профиля. Поэтому экспериментаторы часто применяют аппроксимацию кривых по теоретическим профилям для нахождения значений скорости на краю струи.

Оценка понижения статического давления вблизи края струи за счет эжекции при $U_a = 10$ м/с дает $\Delta p \approx 10^{-1}$ мм.вод.ст., а регистрируемое экспериментальное Δp составляло порядка 10^0 мм.вод.ст. и более при $Sh = 0,45$. Наличие крупномасштабных вихрей позволяет объяснить расхождение обоих методов измерения.

На трубку Пито, находящуюся на краю струи, действует изменяющаяся по направлению скорость (крупные вихри). Если окружная скорость вихрей в этом сечении больше C , то в момент прохождения вихря на краю струи должно образоваться обратное течение, вызывающее понижение регистрируемого давления. От соотношения величины прямого и обратного потока будет зависеть среднее значение зафиксированного микроманометром давления. В случае усиленной внешним воздействием периодичности показания трубки могут стать отрицательными.

Термоанемометрический датчик не чувствителен к изменению направления потока и реагирует на абсолютную величину вектора скорости, перпендикулярного к продольной оси нити. Показания термоанемометра становятся завышенными. Чтобы избежать больших погрешностей при измерениях, необходимо пользоваться крестообразным датчиком для выделения требуемой компоненты скорости и проверить наличие её отрицательных значений одним из известных методов.

Литература

1. Тарасов В.Ф. Оценка некоторых параметров турбулентного вихревого кольца // Динамика сплошной среды. – Новосибирск, Наука, 1973. Вып. 14. – С. 120-127.

УДК 530.1
ББК 22.3
Б 38

Организационный комитет

Кубеев Е.К. (*председатель*), Жанабаев З.Ж., Шрагер Э.Р., Омаров Х.Б.,
Кусаинов К.К., Нусупбеков Б.Р., Арынгазин К.М., Бактыбеков К.С.,
Дауменов Т.Д., Джайчибеков Н.Ж., Дик И.Г., Ермаганбетов К.Т.,
Ибраев Н.Х., Исатаев С.И., Карстина С.Г., Колмаков А.Г., Кокетай Т.А.,
Куритник И.П., Кучеренко М.Г., Лежнин С.И., Лисицын В.М., Малышев В.П.,
Мырзакулов Р., Палеев Д.Ю., Панас А.И., Потапов А.А.,
Прибатурин Н.А., Саулебеков А.О., Стоев М., Смоляков В.К.,
Трубицын А.А., Турмухамбетов А.Ж.

Редакционная коллегия

Кусаинов К.К., Сакипова С.Е., Чиркова Л.В.

Б 38 Бейсызық жүйелердегі хаос және құрылымдар. Теория және тәжірибе =
Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент =
Chaos and structures in nonlinear systems. Theory and experiment: Академик
Е.А.Бөкетовтің 90 жылдығына арн. 9-шы Халықарал. ғыл. конф.
материалдары. — Қарағанды: ҚарМУ баспасы, 2015. — 574 бет. — Қазақша,
орысша, ағылшынша.

ISBN 978-9965-39-270-2

В сборнике опубликованы материалы докладов участников 9-й Международной научной конференции по проблемам нелинейной физики, проводимой Карагандинским государственным университетом им. академика Е.А.Букетова.

УДК 530.1
ББК 22.3

ISBN 978-9965-39-270-2

© Карагандинский государственный
университет, 2015