

УДК 536.46:532.517.4

М.С. Исатаев, Ф. Тёлеуов, А.К. Сапарова

*Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан***ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОСРЕДНЕННОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ДВИЖЕНИЯ В СЛЕДЕ ЗА ПЛОХО ОБТЕКАЕМЫМ ТЕЛОМ**

**Аннотация.** В представленной статье исследованы движение жидкости в следе за плохо обтекаемым телом и изучение закономерностей осредненного турбулентного движения в следе за плохо обтекаемым телом в непосредственной близости к телу. В том числе рассматривается струйное обтекание плохо обтекаемых тел и осе симметричная задача.

**Ключевые слова:** скорость потока, плохо обтекаемое тело, турбулентное движение, нулевая скорость, нулевая линия тока.

**Введение**

Движение жидкости в следе за плохо обтекаемым телом издавна привлекает внимание исследователей в связи с большим распространением этого вида движения в технике. В частности наименее изучено турбулентное движение в области значения числа  $Re \cdot 10^4$  и более в следе за телом в непосредственной близости к телу, играющее основную роль в таких практически весьма важных явлениях, как стабилизация пламени, теплообмен при поперечном обтекании цилиндра [1].

На практике зачастую тела обтекаются потоком неоднородным и конечным по ширине, например, свободной струей. Весьма часты также случаи обтекания тела потоком, поперечные размеры которого на много меньше обтекаемого тела. Повидимому, струйное обтекание тел плохо обтекаемой формы еще не достаточно исследовано, хотя оно представляет значительный интерес. При этом для решения многих задач аэродинамики такого типа важно знать картину струйного обтекания тел, зависимость сопротивления тела от его места расположения в струе.

Характер обтекания тела свободной турбулентной струей, как это показали результаты наших экспериментальных исследований, значительно отличается от обтекания его однородным потоком.

Для тел с острыми кромками существует «сомкнутый» и «разомкнутый» режимы обтекания, тогда как для тел с плавным обводом наблюдается только «сомкнутый» режим обтекания. Размеры

зоны обратного течения резко увеличивается при приближении к полюсу обтекающей струи для тел типа поперечно обтекаемой пластины. У тел с плавным обводом размеры зоны обратного течения уменьшаются при приближении к началу струи так, что на достаточно близком расстоянии от полюса струи наступает безотрывное обтекание тел. Таким образом, струйное обтекание тел весьма значительно отличается от обтекания тел однородным потоком [2].

Рассмотрим осе симметричную задачу для получения полной картины процесса. Картину течения в следе за телом вращения, как и в плоской задаче, представим в виде сложного движения, обусловленного наложением набегающей турбулентной круглой струи-источника, движущейся по направлению оси  $x$  и встречной круглой струи-стока. Скорость потока в струе-источнике в поперечном сечении

$$\text{---}, \quad (1)$$

где — .

Для струи-стока соответственно запишем:

$$\text{---},$$

где — .

$$\text{---} \quad (2)$$

Функции тока для струи-источника:

для струи-стока:

Постоянную найдем из условия равенства потока импульса, уносимого струей-стоком:

$$\int_{-x}^x \rho v^2 dx = \rho v_0^2 x_0 \quad (4)$$

Тогда

$$\int_{-x}^x v^2 dx = v_0^2 x_0 \quad (5)$$

Скорость сложного движения в следе за плохо обтекаемым телом получим путем алгебраического сложения скоростей струи-источника и струи-стока:

$$v = v_0 \pm v_1 \quad (6)$$

Уравнения нулевой линии тока получим аналогичным образом

В конечном виде уравнение линии выглядит так:

После некоторого преобразования получим величину длины зоны обратного течения:

$$x_0 = \frac{v_0^2}{v_1^2} x_1 \quad (7)$$

Уравнение линии нулевой скорости  $U = 0$ , получается из условия:

$$v_0 - v_1 = 0 \quad (8)$$

получим уравнение линии нулевой скорости в конечном виде:

$$x_0 = \frac{v_0^2}{v_1^2} x_1 \quad (8)$$

$$\frac{\dots}{\dots}, \quad \frac{\dots}{\dots} \quad (9)$$

Несмотря на условность и схематичность выполненных расчетов, как и для однородного потока, результаты их хорошо отражают основные качественные особенности течения при струйном обтекании тел и влияние на них скорости течения, размера и формы тел, коэффициента сопротивления.

Результаты расчетов показывают, что конфигурация и размеры зоны циркуляционного течения за телом при струйном обтекании, как и в однородном потоке, не зависят от начальной скорости струи. Относительные размеры зоны циркуляционного течения с удалением тела от сопла изменяется по единому закону для геометрически подобных тел.

Наблюдается качественно правильное отражение закономерностей явления, а именно: при приближении к соплу длина зоны обратных токов за пластиной резко

растет, стремясь к бесконечности, то есть, наступает разомкнутый режим течения; при обтекании цилиндра длина зоны при приближении к полюсу струи, уменьшаясь, стремится к нулю, то есть наступает безотрывное обтекание тела.

#### Список литературы

1 Абрамович Г.Н. Турбулентные струи в потоке жидкости. /Труды совещания по прикладной газовой динамике // Изд. АН КазССР.- Алма-Ата.-1959. стр.25-31.

2 Вулис Л.А. О турбулентном следе за телом. /Ученые записки казахского государственного университета им. С.М. Кирова. (Серии физико – математическая). //Т.23, ммп.4. Алма – Ата .- стр.17-33.

3 Исатаев С.И – О турбулентном следе за плохо обтекаемым телом. /Труды совещания по прикладной газовой динамике. //Изд. АН КазССР.- Алма – Ата.-1959.-стр.19-32.

4 Озибаева А.К., Ильясова Г.О., Сейдулла Ж. Исследование обтекания тел струйным потоком //Международная конференция студентов и молодых ученых «Фарабиэлемі».-Алматы.-2014.–С.91

**М.С. Исатаев, А.К. Сапарова** Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби  
Казахстан, г. Алматы  
[asel\\_ozybaeva@mail.ru](mailto:asel_ozybaeva@mail.ru)

### ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОСРЕДНЕННОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ДВИЖЕНИЯ В СЛЕДЕ ЗА ПЛОХО ОБТЕКАЕМЫМ ТЕЛОМ

**Аннотация:** В представленной статье исследованы движение жидкости в следе за плохо обтекаемым телом и изучение закономерностей осредненного турбулентного движения в следе за плохо обтекаемым телом в непосредственной близости к телу. В том числе рассматривается струйное обтекание плохо обтекаемых тел и осе симметричная задача.

**Ключевые слова:** скорость потока, плохо обтекаемое тело, турбулентное движение, нулевая скорость, нулевая линия тока.

**M. Isatayev, A. Saparova**  
Kazakh National University after named Al-Farabi, Kazakhstan, Almaty  
[asel\\_ozybaeva@mail.ru](mailto:asel_ozybaeva@mail.ru)

## THE STUDY OF THE LAWS OF THE AVERAGED TURBULENT MOTION IN THE WAKE OF A BLUFF BODY

**Abstract:** In this article we have investigated the motion of the fluid in the wake behind a bluff body and the study of patterns averaged turbulent flow in the wake behind a bluff body in close proximity to the body. It includes the jet flow poorly streamlined bodies and axially symmetrical task.

**Keywords:** flow rate, poorly streamlined body, turbulent motion, zero speed, zero line current.

**М.С. Исатаев, А.К. Сапарова**

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті

[asel\\_ozybaeva@mail.ru](mailto:asel_ozybaeva@mail.ru)

## НАШАР ОРАЙ АҒЫЛАТЫН ДЕНЕНІҢ СЫРТЫНДАҒЫ ІЗДЕГІ ОРТАШАЛАНҒАН ТУРБУЛЕНТТІК ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация:** Бұл мақалада нашар орай ағатын дененің ізіндегі заңдылықтар мен орташаланған турбуленттік қозғалыс, әсіресе денеге жақын аймақтағы ағыс зерттелінген. Сонымен қатар, дененің жіңішке ағын арқылы орай ағылуы мен осі симметриялы есеп қарастырылады.

**Маңызды сөздер:** ағын жылдамдығы, нашар орай ағылатын дене, турбуленттік қозғалыс, нольдік жылдамдық, кері токтар аймағы.