

Н.К.Танашева^{1,2}, Б.Р. Нусупбеков¹, А.Н.Дюсембаева^{1,2}, К.К. Саденова¹, Н.Н.
Шуюшбаева^{1,3}, А.Ж. Тлеубергенова¹, А.Ж. Есіркеп¹

¹РГКП «Институт прикладной математики» КН МОН РК, Караганда, Казахстан,

²Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

³Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан.

E-mail: aikabesoba88@mail.ru

Исследование аэродинамических характеристик вращающихся двух цилиндров расположенных под углом

Аэродинамические характеристики при поперечном обтекании неподвижных одиночных цилиндров в бесконечном турбулентном потоке достаточно хорошо исследованы в работах Исатаева С.И., Жукаускаса А.А. Влияние загромождения потока на закономерности обтекания бесконечного цилиндра на аэродинамическое и гидравлическое сопротивления исследованы и систематизированы в работе Акылбаева Ж.С. Аэродинамика коротких цилиндров, достаточно широко встречающихся в элементах энергетических агрегатов и установок, изучена экспериментальными и теоретическими методами в работе Исатаева С.И., Жангунова О.Н.

На основании проведенного анализа имеющихся исследований была поставлена задача об экспериментальном исследовании усложненной модели – аэродинамики системы из двух вращающихся цилиндров в турбулентном потоке, являющихся взаимовлияющими элементами ветродвигателя с использованием эффекта Магнуса [1,2].

Использование эффекта Магнуса при вращении цилиндра в потоке известно с давних времен, однако возможность практического использования в качестве движущей силы ветродвигателей нового поколения для малых скоростей потока систематизировано изучается только в последние годы.

Авторами статьи в Лаборатории аэродинамических измерений кафедры инженерной теплофизики им. проф. Акылбаева Ж.С. собран опытный макет из двух вращающихся цилиндров, который в последующем исследовался в поперечном потоке воздуха различной скорости. Макет закреплялся в рабочей части аэродинамической трубы Т-1-М с помощью тонких металлических растяжек к раме трехкомпонентных аэродинамических весов. Трехкомпонентные аэродинамические весы с достаточно высокой степенью точности позволяют измерять подъемную силу и силу лобового сопротивления [3,4].

Испытания проводились с двумя вращающимися цилиндрами диаметром 100 мм. При этом скорость набегающего потока и частота вращения цилиндров оставалась неизменной.

Лабораторные исследования проводились между вращающихся двух цилиндров расположенных под углом друг другу. Изменяя угол между двумя вращающимися цилиндрами, мы получили зависимости их аэродинамических характеристик. Эти зависимости представлены на следующих рисунках.

На рис.1. представлена зависимость силы лобового сопротивления двух цилиндров, помещенных в поток ветра со скоростями 9 м/с и 13 м/с, от угла между ними при постоянном числе вращений.

Из приведенных зависимостей видно, что с увеличением угла между цилиндрами уменьшается сила лобового сопротивления. Это связано, с тем что увеличение угла между двумя вращающимися цилиндрами приводит к ослаблению, и далее исчезновению их влияния друг на друга. После исчезновения взаимного влияния между цилиндрами, они начинают действовать на поток как отдельные цилиндры. При этом изменение силы лобового сопротивления очень мало. Это видно из зависимости, приведенной на рис.1.

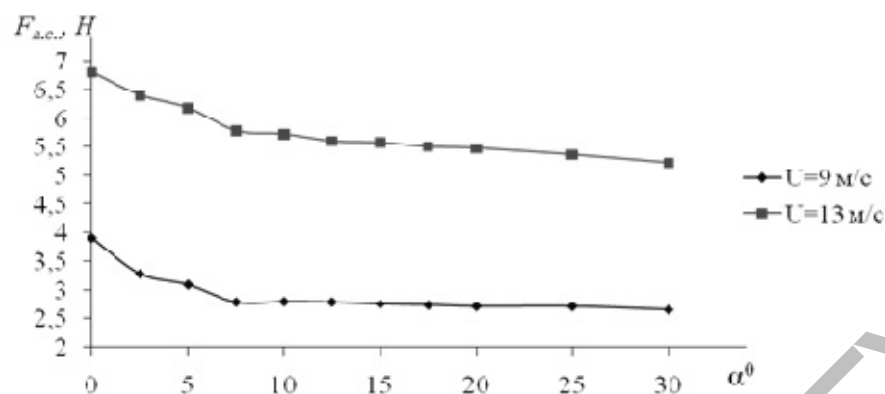


Рисунок 1. Зависимость силы лобового сопротивления двух вращающихся цилиндров от угла между ними при постоянном числе вращений

На следующем графике показана зависимость истинного значения подъемной силы двух вращающихся цилиндров от угла между ними при постоянном числе вращений. Как видно, что при увеличении угла между цилиндрами уменьшается значение подъемной силы.

Причиной уменьшения истинного значения подъемной силы при увеличении угла между цилиндрами является уменьшение взаимодействия между сопутствующими потоками, возникающих при вращательных движениях цилиндров. В результате это приводит к исчезновению взаимного влияния верхнего и нижнего областей давления, возникающих в середине цилиндров.

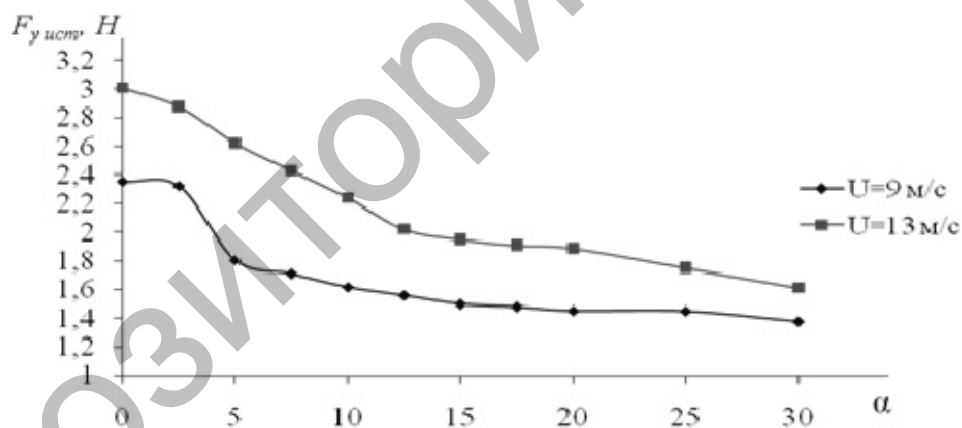


Рисунок 2. Зависимость подъемной силы двух вращающихся цилиндров от угла между ними при постоянном числе вращений

При увеличении угла между цилиндрами, они перестают действовать друг на друга, и начинают действовать на огибающий их воздушный поток как отдельные цилиндры. В этом случае изменение подъемной силы очень мало. Поэтому, при постоянной числе вращений увеличение угла между цилиндрами, помещенных в воздушный поток с определенной скоростью, приводит к уменьшению их подъемной силы.

Теперь рассмотрим, зависимости коэффициента лобового сопротивления, найденного с помощью уравнения силы лобового сопротивления от угла между цилиндрами. Эта зависимость показана на рис.3. Из зависимости видно, что увеличение угла между цилиндрами приводит к уменьшению значений коэффициента лобового сопротивления двух цилиндров вращающихся с постоянной частотой в одном и противоположном направлениях

к воздушному потоку. Причину уменьшения коэффициента лобового сопротивления двух цилиндров можно объяснить следующим образом:

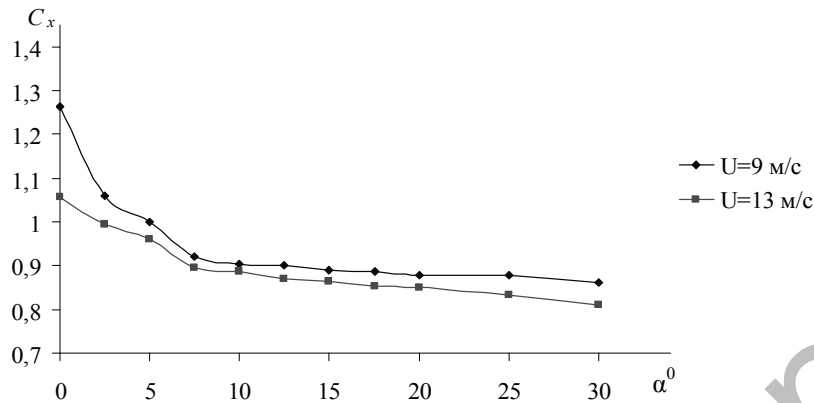


Рисунок 3. Зависимость коэффициента лобового сопротивления двух вращающихся цилиндров от угла между ними при постоянном числе вращений

Из вышеприведенных зависимостей мы увидели, что при увеличении угла между цилиндрами уменьшается сила лобового сопротивления. Так как коэффициент лобового сопротивления двух цилиндров зависит от силы лобового сопротивления, при уменьшении силы сопротивления уменьшается и коэффициент лобового сопротивления. Согласно этому выражению, сила лобового сопротивления прямо пропорционально его коэффициенту, поэтому увеличение угла между цилиндрами приводит к уменьшению коэффициента лобового сопротивления исследуемых тел.

На рис.4. представлена зависимость истинного значения коэффициента подъемной силы двух цилиндров, помещенных в поток ветра со скоростями 9 м/с и 13 м/с, от угла между ними при постоянном числе вращений. Как видно из данной зависимости, увеличение угла между цилиндрами приводит к уменьшению истинного значения коэффициента подъемной силы двух вращающихся цилиндров. Причиной является уменьшение взаимодействия между сопутствующими потоками, возникающих на поверхности цилиндров при их вращательных движениях. При ослаблении взаимодействия между сопутствующими потоками цилиндров, воздушный поток, огибающий их, начинает легко проходить между цилиндрами. Энергия потока затраченная на подъем цилиндров не используется на полезную работу. Поэтому уменьшается подъемная сила цилиндров.

Истинные значения коэффициентов подъемной силы найдены по формуле:

$$C_{y\text{ист}} = \frac{F_{y\text{ист}}}{\rho \frac{U^2}{2} S} \tag{1}$$

Значения силы $F_{y\text{ист}}$ в этой формуле найдены по экспериментальному выражению:

$$F_{y\text{ист}} = \frac{2}{1 + \cos \alpha} F_{n.c.} \tag{2}$$

В уравнении (1) истинное значение коэффициента подъемной силы прямо пропорционально $F_{y_{ист}}$.

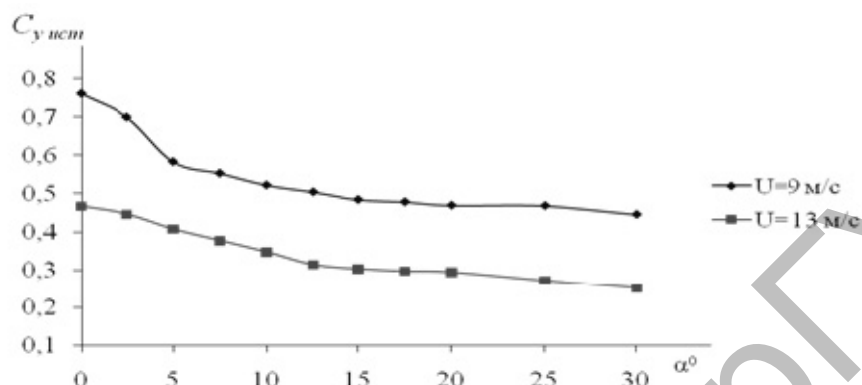


Рисунок 4. Зависимость коэффициента истинной подъемной силы двух вращающихся цилиндров от угла между ними при простоянном числе вращений

Исходя из этого, при увеличении истинного значения подъемной силы растет и значение $C_{y_{ист}}$. Значит, увеличение угла между двумя вращающимися цилиндрами, которых огибает воздушный поток с постоянной скоростью, приводит к уменьшению истинного значения коэффициента подъемной силы.

Литературы:

1. Бычков Н.М. Ветроходвигатель с эффектом Магнуса. 2. Характеристики вращающегося цилиндра // Теплофизика и аэромеханика. – 2005, Т. 12, № 1. - С. 59-175
2. К. Кусаиынов, А.Н.Дюсембаева, Тургунов М.М., Н.К. Тансыкбаева. Аэродинамика системы вращающихся цилиндров // Актуальные проблемы современной физики. Международная конференция. Алматы: Изд.КазНУ, 2012. – С.53-57.
3. Tanasheva N.K., Shragher E.R., Sakipova S.E., Dyusembaeva A.N., NurgalievaZh.G., Karsybekov R. Research of aerodynamic characteristics of the wind generator on the basis of Magnus's effect // Bulletin of the Karaganda University. – Physics Series. – 2017. –№3(87). – P. 60-64.
4. Tanasheva, N.K., Kunakbaev, T.O., Dyusembaeva A.N., Shuyushbayeva N. N., Damekova S. K. Effect of a rough surface on the aerodynamic characteristics of a two-bladed wind-powered engine with cylindrical blades // Technical Physics, November 2017, Volume62, Issue 11, pp 1631–1633.

К.Е. Сакипов, М.Б. Айтмагамбетова, А.К. Бимендин, К.М. Дюсенов
Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан,
aiti.mb@yandex.kz

Использование управляемых процессов кавитации для генерации тепловой энергии

Введение: Централизация теплоснабжения, в условиях реструктуризации промышленности и резкого уменьшения удельной энергоемкости, связанной с общим спадом производства ставит ТЭЦ в непростое положение. Изношенность основных энергетических фондов и особенно многокилометровых систем отопления часто приводит к известным тяжелым социальным и экономическим последствиям в отопительный период. Однако, совершенно очевидно, что для климатических условий большей части территории СНГ централизованное теплоснабжение не имеет реальной альтернативы в ближайшем