

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный технический университет»,
доктор технических наук, профессор

Батаев Анатолий Андреевич



« 06 » февраля __ 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу **Ле Ван Ха**
на тему «Метод снижения лобового сопротивления цилиндра при наличии
пластин вблизи его поверхности», представленной на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 1.1.9. Механика
жидкости, газа и плазмы

Актуальность темы диссертационной работы

Тема работы актуальна – объекты цилиндрической формы круглого поперечного сечения часто встречаются в разных сферах технической, промышленной и научной деятельности. Область применимости подобных тел очень широка: авиационная техника, промышленная аэродинамика, нефтегазовая промышленность и т.п. В связи с этим, вопросами снижения лобового сопротивления цилиндрических тел с круглыми поперечными сечениями занимаются уже долгое время, и этой теме посвящено достаточно много работ. Однако не все способы, представленные в литературе, одновременно являются и эффективными и легкими в эксплуатации. При этом не менее важным остается вопрос удобства монтажа устройств для снижения лобового сопротивления на саму конструкцию. Поэтому техническое решение, представленное в диссертации, позволяет расширить знания об эффективных и оптимальных способах снижения лобового сопротивления кругового цилиндра, а тема диссертации **Ле Ван Ха**, посвященной исследованию снижения лобового сопротивления круглого цилиндра за счёт установки вблизи него плоских дефлекторов, является практической значимой.

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы Ле Ван Ха заключается в

Входящий № 206-1117
Дата 13 ФЕВ 2025
Самарский университет

следующем:

- Предложен новый пассивный метод значительного (до 60 %) снижения лобового сопротивления цилиндрического тела.
- Впервые установлены закономерности изменения коэффициента лобового сопротивления системы «цилиндр-пластины» от количества пластин и их расположения около поверхности цилиндра, хорды дефлекторов и задней разделительной пластины.
- Впервые разработаны рекомендации для системы «цилиндр-пластины» по выбору расположения дефлекторов относительно цилиндра, значений относительной хорды дефлекторов и относительной длины задней разделительной пластины.

Научная и практическая значимость результатов исследования

Научная значимость результатов диссертационного исследования заключается в дальнейшем развитии методов снижения лобового сопротивления конструктивных элементов цилиндрической формы различных устройств при обдуве их воздушным потоком.

Практическая значимость результатов исследований для развития науки и техники заключается в возможности расчётной оценки значения коэффициента лобового сопротивления, а также рекомендаций по его уменьшению за счёт как рационального расположения пластин у обтекаемых цилиндрических элементов конструкций, так и выбора значений геометрических параметров этих пластин.

Полученные автором диссертации результаты представляют неоспоримый научный и практический интерес для специалистов, занимающихся проблемами снижения лобового сопротивления цилиндрических тел, имеющих круглые поперечные сечения, к примеру, в авиационной, нефтегазовой или строительной областях.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Обоснованность научных положений, выводов и заключений работы Ле Ван Ха обусловлена использованием в работе известных в научной практике методов математического и физического моделирования с применением анализа погрешностей результатов расчётов и измерений. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Достоверность и новизна научных положений, выводов и заключений, сформулированных в диссертации, обеспечена корректной постановкой задачи, использованием проверенных и взаимодополняющих методов исследования, постоянным сопоставлением с имеющимися опубликованными данными, а также согласованием полученных экспериментальных и расчётных численных результатов.

Анализ структуры и содержания диссертации, замечания

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Общий объём диссертации составляет 128 страниц, включая 111 рисунков, 15 таблиц; список литературы содержит 87 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, описаны методы решения задачи, дана её краткая характеристика, теоретическая и практическая значимости работы, изложены научные новизны, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлена классификация тел на удобообтекаемые и плохо обтекаемые на основе вклада составляющих компонент в суммарное сопротивление. Проанализировано отличие в реализации метода снижения сопротивления для каждого типа тел. Представлены различные активные и пассивные методы по снижению лобового сопротивления тел с цилиндрическими поперечными сечениями, их достоинства и недостатки. На основе ранее полученных данных разными авторами, подведен обобщённый итог по эффективности методов снижения сопротивления. Установлено, что метод на основе установки плоских пластин, как наиболее простой представляется наиболее перспективным и эффективным по снижению лобового сопротивления, поэтому этот метод выбран для настоящего исследования.

Во второй главе проведено численное моделирование для решения задачи обтекания изолированного цилиндра, проанализированы разные постановки задачи. Проведено сравнение значений числа Струхала, углового положения точки отрыва и коэффициента лобового сопротивления, полученных путём математического моделирования с ранее известными теоретическими и экспериментальными значениями для изолированного цилиндра при числе Рейнольдса $Re=10^5$. Результаты численного решения задачи в стационарной и нестационарной постановках для величины коэффициента лобового сопротивления хорошо совпадают друг с другом. Показано, что для определения коэффициента лобового сопротивления при числе $Re=10^5$ достаточно решить стационарную задачу.

В третьей главе рассмотрены различные варианты задачи обтекания цилиндра с пластинами. Чтобы учесть все характеристики течения, особенно, в области аэродинамического следа за пластиной, расчётная область в данном случае расширена больше, чем в случае изолированного цилиндра.

Получено, что комбинация цилиндра с задней пластиной может снизить сопротивление комбинации цилиндра и пластины максимально до значения $C_{xa}=0,68$, что соответствует снижению лобового сопротивления на 42% по сравнению с изолированным цилиндром.

Рассмотрена задача обтекания системы цилиндра с задней разделительной пластиной и передними дефлекторами, выявлена связь между коэффициентом лобового сопротивления системы «цилиндр-пластины» и количеством, хордами пластин и их расположением.

В четвёртой главе проведено экспериментальное исследование по определению лобового сопротивления изолированного цилиндра конечного удлинения и для системы «цилиндр-пластины», а также для оценки величины снижения сопротивления по сравнению с двумерным случаем. Проведено сравнение результатов физического эксперимента и вычислительного моделирования. Показано, что наилучшая относительная хорда задней пластины примерно равна $\bar{l} \approx 2,6$, в то время как в двумерном случае эта величина равнялась $\bar{l} = 4$.

Обнаружено, что в трёхмерном случае для цилиндра с задней пластиной и передними дефлекторами сопротивление системы «цилиндр-пластины» можно снизить лишь до 28 %, в то время как в двумерном случае снижение составляет 60 %.

В пятой главе приведена схема алгоритма применения разработанного метода снижения лобового сопротивления цилиндра. Рассмотрен пример применения метода снижения лобового сопротивления для самолёта Cessna-172. Получено, что установкой пластин вокруг элементов цилиндрических сечений всех подкосов и стоек шасси самолёта Cessna-172 можно снизить полное сопротивление самолёта приблизительно на 2,6 %.

В заключении отражены основные выводы по работе, отмечено, что решена важная научно-техническая задача понижения лобового сопротивления цилиндра за счёт определения рациональных значений геометрических параметров пластин и их размещения вблизи поверхности цилиндра, разработан новый пассивный метод снижения сопротивления цилиндра. Расчетным и экспериментальным путями выявлена зависимость между коэффициентом лобового сопротивления системы «цилиндр-пластины» и количеством, величиной хорды пластин и их расположением. Получено рациональное значение относительной хорды дефлекторов. Приведённые результаты можно рекомендовать для аэродинамического проектирования тел с цилиндрическим поперечным сечением с целью снижения лобового сопротивления. Указано, что перспективы дальнейшей разработки темы состоят в исследовании криволинейных дефлекторов, исследовании течения, когда цилиндр одним торцом примыкает к поверхности.

В целом результаты исследования – доказательны, а диссертация является законченным научным исследованием.

По диссертации возникли следующие **вопросы и замечания**:

1. Вычислительная гидроаэродинамика (CFD в англоязычном сообществе) не является теоретическим разделом, а представляет собой самостоятельный раздел механики жидкости и газа, опирающийся на теоретический аппарат последней.

2. Проводилось ли исследование влияния на результаты расчетов удаленности границ расчетной области?

3. Проводилось ли исследование сходимости численного решения по сетке в общепринятом его определении (сгущается вся сетка, не только ее пристеночный слой)?

4. Проводилась ли верификация двумерных расчетов Главы 3?

5. При нестационарном расчете (стр. 52) шаг по времени $\Delta t=0.001$ с является слишком грубым, т.к. всего в 11 раз меньше периода колебаний подъемной силы $T=0.011$ с. Именно период колебаний подъемной силы, а не «пролетное время» (стр. 49) является характерным временем в задачах обтекания тел с образованием вихревой дорожки.

6. Неясно, какие были настройки решателя в случае «стационарного расчета». Если опция «Pseudo Time Method» была активирована (появилась в последних версиях ПО ANSYS Fluent), то фактически велся псевдонестационарный расчет задачи методом установления. О псевдовременном характере расчетов свидетельствуют и графики зависимостей аэродинамических коэффициентов от номера итерации. Говорить в таком случае о «стационарном расчете», по нашему мнению, некорректно.

7. Исследования проводились для докритических чисел Рейнольдса $Re \approx 10^5$. Не обсуждается вопрос о пределах применимости результатов для других значений чисел Re (особенно сверхкритических, что чаще встречается в инженерной практике).

8. Основное внимание в работе уделяется осредненной составляющей силы лобового сопротивления, хотя с точки зрения вибраций цилиндра с устройствами в потоке интерес представляют пульсационные составляющие подъемной силы и силы лобового сопротивления.

9. На цилиндр в потоке действуют нестационарные силы. Не описана методика выделения осредненной составляющей силы лобового сопротивления – время осреднения, учет взаимного влияния компонент.

10. Разделительная пластина сзади, которая, по утверждению автора, обеспечивает ориентацию системы дефлекторов по отношению к направлению набегающего потока, находится в срывной зоне цилиндра. Нет подтверждения ее стабилизирующих характеристик.

Представленные замечания не снижают общую высокую оценку работы, не затрагивают её принципиальные положения и выводы, которые следует считать обоснованными, численно и экспериментально доказанными.

К достоинствам работы следует отнести сочетание численных и экспериментальных методов исследования, сравнение между собой их результатов.

Оригинальным достижением автора диссертационной работы является достаточно успешное использование псевдонестационарного режима расчета в программном комплексе ANSYS Fluent для моделирования поперечного обтекания круглого цилиндра с системой дефлекторов.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и раскрывает её основные положения в достаточной мере.

Практически все результаты диссертации являются новыми, докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях, опубликованы автором в 9 научных работах, из них одна работа опубликована в издании, входящем в базу данных Scopus, одна работа опубликована в рецензируемом научном издании, рекомендованном ВАК Минобрнауки России, две статьи опубликованы в издании «Труды МАИ». По теме диссертации опубликовано пять тезисов докладов на научно-технических конференциях всероссийского и международного уровня.

Заключение

Диссертационная работа Ле Ван Ха на тему «Метод снижения лобового сопротивления цилиндра при наличии пластин вблизи его поверхности», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы», является научно-квалифицированной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие важное значение для различных областей науки и техники, в том числе для авиационной, нефтегазовой или строительной областей.

Диссертационная работа соответствует требованиям паспорта специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы». Выводы, приведенные в диссертационной работе, достаточно обоснованы и не вызывают возражений. Отмеченные недостатки не меняют общего положительного мнения о представленной на отзыв диссертационной работе.

Структура и содержание глав диссертации хорошо логически выстроена с использованием грамотного научно-технического языка.

Диссертационная работа Ле Ван Ха полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Ле Ван Ха, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры аэрогидродинамики Новосибирского государственного технического университета, протокол № 1 от 06 февраля 2025 года.

Заведующий каф. аэрогидродинамики НГТУ,
д.т.н., проф.


_____ С.Д. Саленко

Доцент каф. аэрогидродинамики НГТУ,
к.т.н., доц.


_____ Ю.А. Гостеев

Ученый секретарь каф. аэрогидродинамики НГТУ,
к.т.н.


_____ Ю.В. Телкова

« 06 » 02 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»

Адрес: Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Телефон: (383) 346-08-43 (общий отдел)

Адрес электронной почты: rector@nstu.ru, salenko@corp.nstu.ru

Адрес сайта в сети Интернет: www.nstu.ru