

Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 93–101.
Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2022. Vol. 61, no 3. P. 93–101.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 620.1

Моделирование поверхностей, способствующих снижению сопротивления

Виктория Александровна Плоткина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, plonkina.va@dgtru.ru

Аннотация. Отмечено, что процесс моделирования новых твердых поверхностей, способствующих снижению сопротивления движению, важен. Наглядное представление вида и особенностей обтекающих поверхностей разными средами дают возможности компьютерной технологии. Рассматриваются современные аспекты моделирования в области аэрогидродинамических исследований.

Ключевые слова: моделирование, ламинаризация, перфорированная поверхность, сопротивление, пограничный слой

Для цитирования: Плоткина В.А. Моделирование поверхностей, способствующих снижению сопротивления // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 93–101.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

Modeling of surfaces contributing reducing resistance

Victoria A. Plotkina

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, plonkina.va@dgtru.ru

Abstract. The article notes that the process of modeling new hard surfaces that contribute to reducing the resistance to movement is important. A visual representation of the appearance and features of the flowing surfaces by different media gives the possibilities of computer technology. Modern aspects of modeling in the field of aerohydrodynamic research are considered.

Keywords: modeling, laminarization, perforated surface, resistance, boundary layer

For citation: Plotkina V.A. Modeling of surfaces contributing reducing resistance. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022;61(3): 93–101 (in Russ.).

Введение

Современная наукоёмкая техника отвечает большим многообразием интересных и инновационных решений, которые способствуют развитию конкурентоспособных и хорошо адаптирующихся в нынешнее время актуальных инженерных средств в области технической сферы.

Данный аспект интересен с целью реализации их в различных ветвях инженерных наук, к которым относятся океанография, аэродинамика, гидродинамика, море- и аэроведение, физика текущих процессов и другие общетехнические научные направления.

В статье уделено внимание направлению моделирования процессов, происходящих в текучей среде при обтекании прочных и жёстких поверхностей; в том числе и новых современных, к которым относятся риблетные поверхности; поверхности с отверстиями различной геометрической формы и расположенными ниже демпфирующими полостями [1, 2]; поверхности с системой воздушной смазки и др. При этом необходимо отметить, что текущая среда во всем её многообразии может быть, а также есть водной и воздушной. Сущность протекающих процессов очень разнообразна, которая зависит от многих факторов. Например, таких, как: вид и обтекаемость твердой поверхности; режим течения потока вблизи тверди; удобообтекаемость поверхности, которую омывает поток или ориентации по отношению к вектору скорости набегающего на поверхность потока; как данная поверхность способствует процессу ламинаризации потока; скорости потока; окружающих условий и других консигнаций в условиях гидроаэродинамики. Кроме того, зная наверняка, как поведет себя текучая среда вблизи поверхности, впоследствии можно определить, на сколько процентов снижено сопротивление движению, что в дальнейшем повлияет на гидродинамические характеристики судна. При этом сила сопротивления, возникающая при обтекании тверди потоком текучей среды, состоит из сопротивления трения и сопротивления давления, а их суммарность определяет вязкостное сопротивление движению.

В настоящее время интерес к теории пограничного слоя не иссяк, так как совершенствование гидродинамики с целью снижения сопротивления трения за счет применения различных методов и способов управления пограничным слоем остается актуален для ученых. Известны многие решения по исследованию поведения текучей среды при обтекании различных видов поверхностей. Например, в области гидродинамики самыми распространенными являются исследования поведения текучей среды при обтекании современных моделей обитаемых и необитаемых аппаратов как надводных, так и подводных в опытовых бассейнах с целью оценки их мореходных качеств. Данные исследования позволяют определить гидродинамические характеристики морских аппаратов, а именно: ходкость, мореходность, управляемость и другие параметры с учётом особенностей обтекающих поверхностей [3].

В свою очередь не маловажно отметить и исследования в области аэродинамики, так как не только воздушные суда, но и надводная часть судов обтекается воздушным потоком. Кроме того, на сегодняшний день с учетом стремления увеличения скоростей с целью уменьшения продолжительности движения для достижения поставленных задач и увеличения скорости движения алгоритм исследовательских этапов требует большего количества действий при моделировании процессов, происходящих в текучей среде с учетом обтекания тех или иных поверхностей. В области аэродинамики исследования основаны на продувке моделей в аэродинамических трубах различных типов при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях [4]. При этом необходимо выделить предварительный процесс перед апробацией данных экспериментов, в частности процесс моделирования. На сегодняшний день информационные технологии (IT-технологии) играют существенную роль в ходе исследовательской деятельности при создании современных «продуктов», удовлетворяющих требованиям снижения неблагоприятных воздействий с учетом перемещения как надводных, так и подводных объектов движения в различных средах.

Процесс моделирования трудоёмкий, и зачастую не обосновано преуменьшено его значение, так как именно на стадии поиска инвариантности объекта и обоснования целесообразности применения способа снижения сопротивления трения возможно появление затруднений.

Объекты и методы исследований

Исходя из вышеотмеченного, объектом исследования выбрана перфорированная поверхность с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью. Данное техническое решение обосновано малоизученностью в сфере аэрогидродинамики.

В частности, в трудах В.И. Корнилова, А.В. Бойко, Н.Н. Ковальногова, А.А. Бондаренко, Л.В. Хахалевой, Е.Н. Коврижного, Г.И. Дербунович и других ученых [5–15] было показано, что снижение сопротивления трения возможно с помощью использования перфорированной поверхности с целью воздействия на пристенную турбулентность. В указанных работах не учитывается влияние перфорированной поверхности с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью на процесс ламинаризации потока. При этом поверхность не является полностью проницаемой, а следовательно, возможно его применение во многих отраслях промышленности.

Ключевой особенностью на моделируемой поверхности является наличие разных по геометрии перфорационных отверстий и расположенной ниже демпфирующей полости (рис. 1).

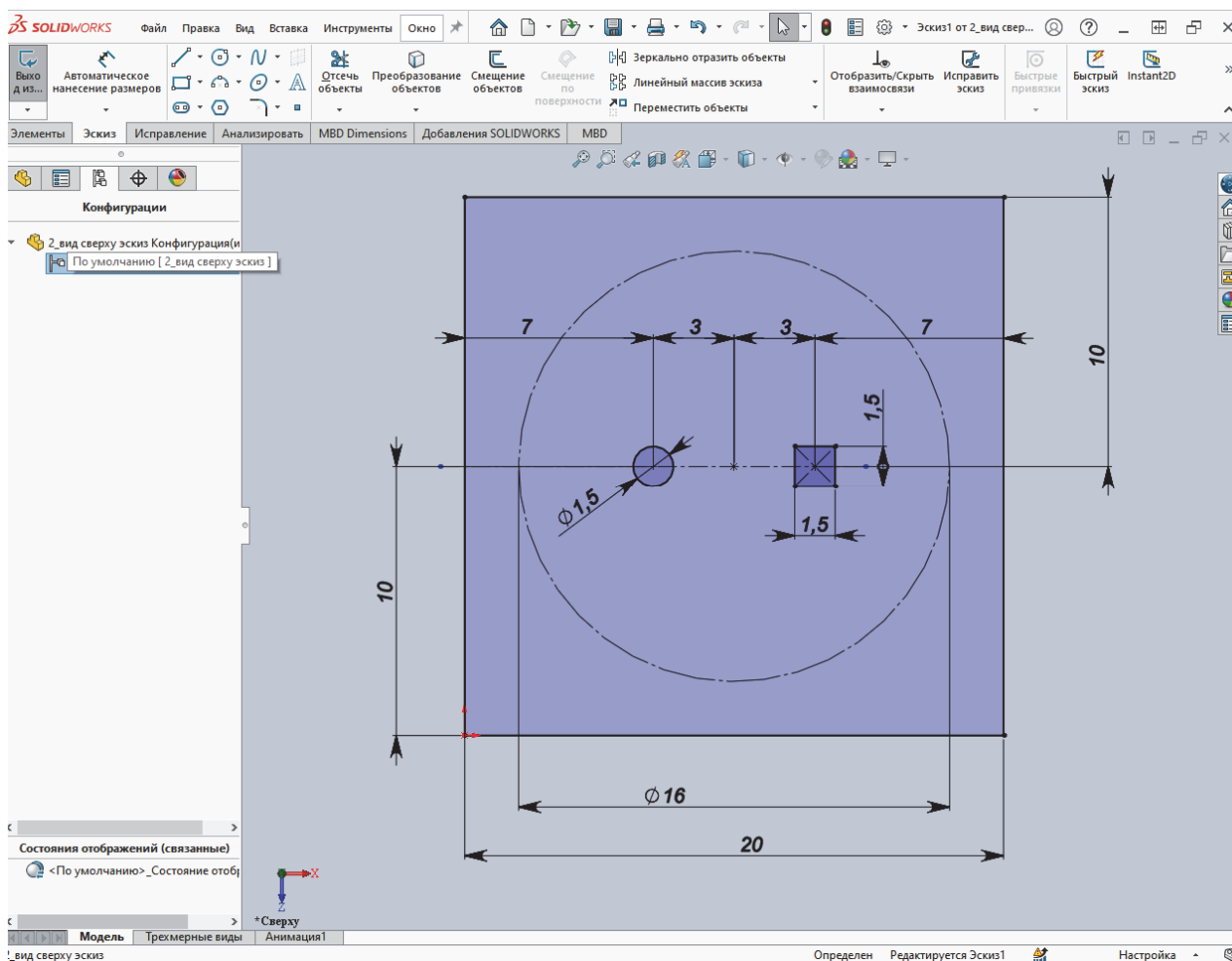


Рис. 1. Скриншот размеров составляющих элементов поверхности, представленной разными по геометрии перфорационными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью (фрагмент поверхности), выполненный с помощью программного обеспечения Solidworks Flow Simulation

Fig. 1. Screenshot of the dimensions of the constituent elements of the surface represented by perforations with different geometries and a damping cavity located below (a fragment of the surface) made using the Solidworks Flow Simulation software

Метод исследования – моделирование протекающих процессов в пограничном слое, возникающем вблизи твердой поверхности объекта при его движении. Здесь не идет речь о математическом моделировании, а рассматривается моделирование с помощью программного обеспечения Solidworks Flow Simulation. Выбор данного программного обеспечения основан на том, что оно позволяет проектировщикам моделировать потоки жидкости и газов в условиях реального времени, запускать различные проекты и сценарии, а также эффективно анализировать процессы последствия поведения потока текучей среды.

Конечно, в настоящее время существуют и другие виды портфелей визуализации потока. К ним относятся программное обеспечение Autodesk CFD, Real Flow и др. В свою очередь, именно программный комплекс Solidworks Flow Simulation предназначен для автоматизации работ на этапе конструкторской и технологической подготовки объекта перед вводом в эксплуатацию. Кроме того, Solidworks Flow Simulation обеспечивает разработку изделий любой сложности, размерности и назначения. Поэтому именно этим обоснован выбор данного программного обеспечения. При этом необходимо дополнить, что в данной статье идет в первую очередь речь о конструкторском этапе подготовки твердой поверхности, представленной перфорированной поверхностью с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью.

Исходя из ранее указанного, важно отметить, что исследование реальной поверхности с помощью модели даст возможность выполнить прототип и продолжить дальнейшую апробацию изобретения с целью получения числовых значений для последующего анализа.

Результаты и их обсуждение

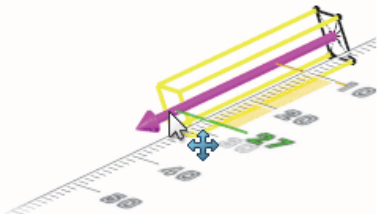
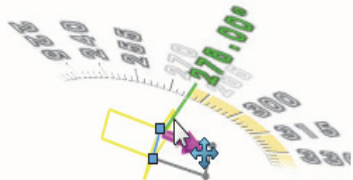
Виртуальная среда программного обеспечения Solidworks Flow Simulation дала возможность выполнить конструирование объекта исследования в виде перфорированной поверхности с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью. Так как ключевой особенностью на моделируемой поверхности является наличие разных по геометрии перфорационных отверстий и расположенной ниже демпфирующей полости, то размер составляющих элементов принят с учетом известных исследований [11].

В трудах А.А. Бондаренко показана и обоснована необходимость именно двух проникаемых отверстий, которые расположены над демпфирующей полостью [13]. Поэтому при моделировании данный факт учтён (см. рис. 1). Демпфирующая полость даёт возможность гасить и предотвращать интенсивные колебания потока текучей среды, который попадает через первую группу перфорационных отверстий из турбулентного пограничного слоя и, выходя через вторую группу отверстий, приводит к частичной ламинаризации. Данный фактор способствует снижению сопротивления трения в пограничном слое.

При моделировании указанного объекта исследования с помощью Solidworks Flow Simulation необходимо отметить сложности, которые в дальнейшем требуется учесть при последующем исследовании. К сложностям относятся: необходимость детального ознакомления с интерфейсом программного обеспечения; большой период изучения работы программы, влекущей затаенность процесса моделирования поверхности; необходимость обращения к внешним источникам при ознакомлении; расшифровка специальной терминологии, присутствующей в пакете Solidworks Flow Simulation; необходимость интуитивных решений с учетом знаний в области аэрогидродинамики; и потребность в верификации. Конечно, указанные сложности разрешимы. В частности, такую проблему, как «расшифровка специальной терминологии» можно решить, выполнив последовательное структурирование необходимых терминов (таблица).

Понятие и расшифровка терминологии

The concept and interpretation of terminology

Термин с программного обеспечения Solidworks	Понятие термина	Родственные понятия термина
Бобышка	Сравнительно короткий выступ или выпуклость из поверхности поковки или отливки, часто цилиндрической формы	Вытянутая бобышка/основание; повернутая бобышка/основание
	Схема	Пояснение
Вытянутая бобышка/ основание		Вытяжка эскиза или выбранных контуров эскиза
Повернутая бобышка/ основание		Вращение эскиза или выбранных контуров эскиза

Проблема «необходимость обращения к внешним источникам при ознакомлении» тоже решаема, так как XXI в. известен большим количеством информационных ресурсов. К информационным ресурсам относятся интернет-ресурсы, электронные и бумажные документы, видеофильмы и др.

Таким образом, последовательное решение указанных сложностей и постоянная практика повышают навыки работы в программном комплексе Solidworks Flow Simulation. При этом упорство и целеустремленность для достижения поставленной задачи не уходят на последний план действий.

Заключение

Рассматривая современные аспекты исследований в области аэрогидродинамики, приходим к выводу, что процесс моделирования новых твердых поверхностей, способствующих снижению сопротивления движению, важен. Моделирование процессов поведения потоков жидкости и газа вблизи исследуемых твердых поверхностей, способствующих снижению сопротивления с учетом действующих исходных параметров среды, позволяет предусмотреть все возможные причины влияния изменчивости внешних условий на проектируемый объект, к которому также относятся суда. Поэтому первоначальный процесс – конструирование – играет первостепенную роль в судостроении. Вид внешней поверхности должен отвечать всем требованиям как механическим (прочность, жёсткость, устойчивость), так и аэрогидродинамическим (снижение сопротивления, малая шероховатость, мореходность, ходкость и др.).

В результате последовательных действий при моделировании перфорированной поверхности с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью получена модель (рисунки 2, 3), которая целесообразна для выполнения следующего этапа – постановки сценария поведения потока вблизи предложенной модели. Указанный этап позволит выполнить симуляцию процессов движения текучей среды вблизи поверхности с учетом материала и особенностей тверди, внешних условий среды и аэрогидродинамических дополнительных параметров.

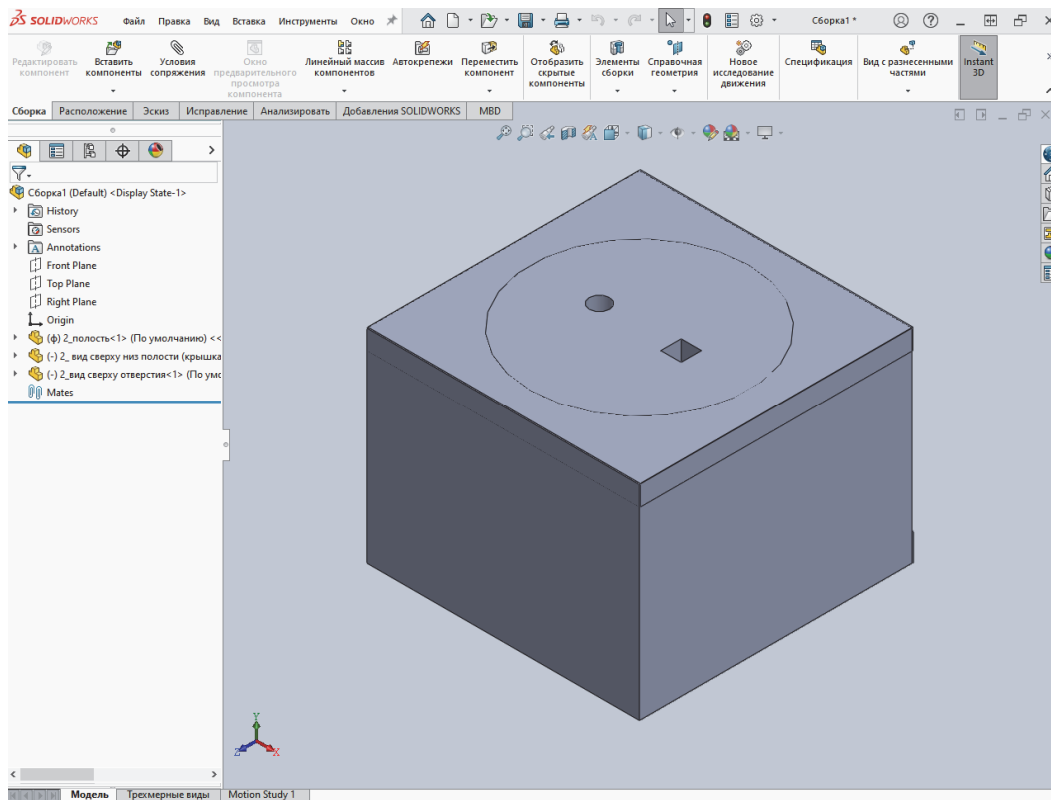


Рис. 2. Скриншот модели поверхности, способствующей снижению сопротивления движению
Fig. 2. Screenshot of the surface model contributing to the reduction of resistance to movement

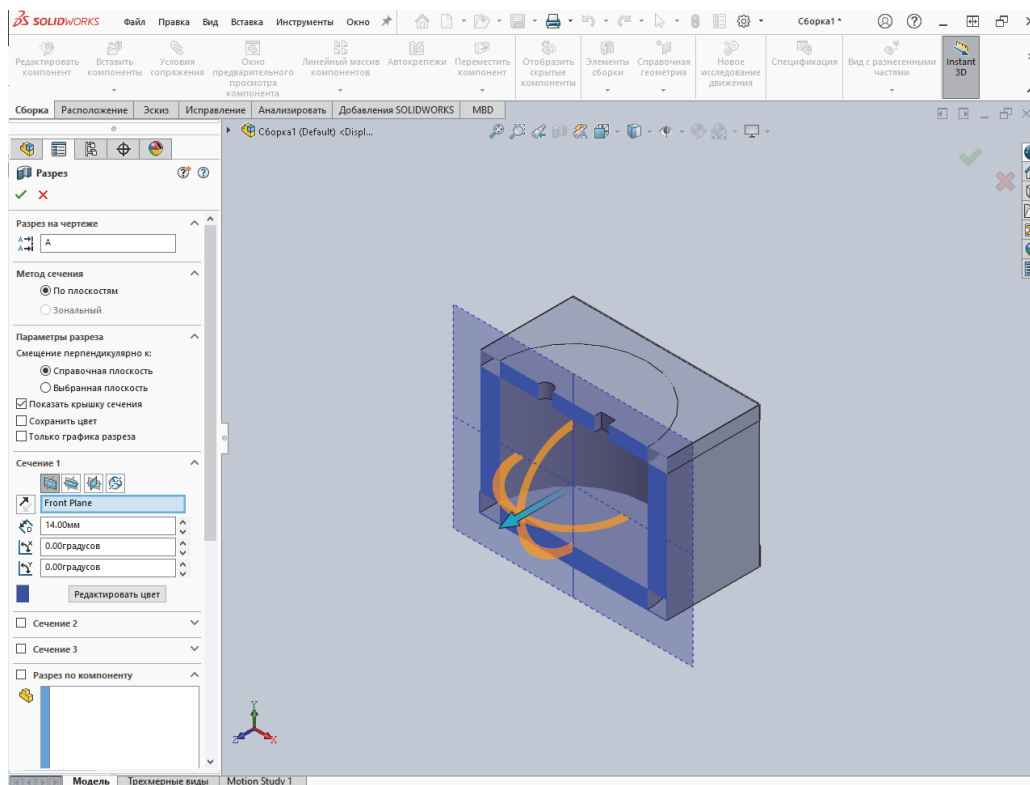


Рис. 3. Скриншот модели (поперечный разрез)
Fig. 3. Screenshot of the model (cross section)

Список источников

1. Перфорированная конструкция обшивки летательного аппарата с комбинированными отверстиями и демпфирующей полостью: пат. на изобретение. Свидетельство № 2656918. Заявка № 2017119057/11 (032961), 31.05.2017 – МПК В64С 21/02 (2006.01), опубл. 0.06.2018, Бюл. № 16.
2. Перфорированная конструкция внешней поверхности тела вращения с комбинированными отверстиями и каналом отсоса: пат. на изобретение. Свидетельство № 2734664С1. Заявка № 2020113831, 03.04.2020 – МПК В64С 21/06 (2006.01); G01М9/08 (2006.01); F15D1/2 (2006.01), опубл. 21.10.2020, Бюл. № 30.
3. Никущенко Д.В., Надымов Е.Н., Шушков Р.А. Расчет гидродинамических характеристик подводных аппаратов с выступающими частями, рулями и стабилизаторами // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. СПб.: СПбГУ, 2010. Вып. 4. Сер. 10. С. 63–73.
4. Плоткина В.А. Некоторые способы визуализации турбулентных течений пограничного слоя // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. Т. 54. С. 50–56.
5. Ковальногов Н.Н. Модель турбулентного переноса в пограничном слое на перфорированной поверхности с глухими демпфирующими полостями // Изв. вузов. Проблемы энергетики. Казань, 2003. № 5–6. С. 41–47.
6. Ковальногов, Н.Н. Ламинаризация течения в перфорированной трубе с демпфирующими полостями / Н.Н. Ковальногов, Л.В. Хахалева, Е.Ю. Седова, Д.А. Буйнов, Л.А. Мина // Вестник УлГТУ. Ульяновск, 2001. С. 101–108.
7. Коврижных Е.Н. Экспериментальное исследование спектра турбулентных пульсаций в демпфирующей полости / Е.Н. Коврижных, А.Н. Мирошин, А.В. Сучков // Научный вестник МГТУ ГА. М.: МГТУ ГА. № 211. С. 132–135.
8. Коврижных, Е.Н. К вопросу исследования трения потока газа на перфорированной пластине / Е.Н. Коврижных, А.Н. Мирошин, А.А. Бондаренко // Научный вестник МГТУ ГА. М.: МГТУ ГА. № 154. С. 164–166.
9. Дербунович, Г.И. Гидравлическое сопротивление перфорированных решеток / Г.И. Дербунович, А.С. Земская, Е.У. Репик, Ю.П. Соседко // Ученые записки ЦАГИ. Жуковский: ЦАГИ, 1984. Т. XV, № 2. С. 114–118.
10. Корнилов В.И. Пути и возможности эффективности управления вдувом через проницаемую стенку перспективы его использования / В.И. Корнилов, А.В. Бойко // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. М., 2016. № 45. С. 50–70.
11. Бондаренко А.А. Численное исследование параметров пограничного слоя на перфорированной поверхности с глухими демпфирующими полостями в ускоряющемся потоке / А.А. Бондаренко, Е.Н. Коврижных, А.Н. Мирошин, А.В. Сучков // Научный вестник УВАУ ГА(И). Ульяновск: УВАУ ГА, 2012. Т. 4. С. 5–8.
12. Мирошин, А.Н. Экспериментальное исследование ламинаризации пограничного слоя в ускоряющемся потоке / А.Н. Мирошин, Е.Н. Коврижных, А.А. Бондаренко, А.В. Сучков // Научный вестник УВАУ ГА(И). Ульяновск: УВАУ ГА, 2012. Т. 4. С. 32–36.
13. Бондаренко А.А. Математическое моделирование процессов ламинаризации пограничного слоя на перфорированной поверхности с глухими демпфирующими полостями в ускоряющемся потоке: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ульяновск, 2011. 28 с.
14. Шиплюк, А.Н. Влияние пористых покрытий на устойчивость гиперзвуковых пограничных слоев / А.Н. Шиплюк, Е.В. Буров, А.А. Маслов, В.М. Фомин // Прикладная механика и техническая физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. Т. 45, № 2. С. 169–176.
15. Калугин, В.Т. Исследование влияния перфорации для снижения пульсационных нагрузок, действующих на аэродинамические управляющие поверхности / В.Т. Калугин, А.С. Епихин, П.А. Чернуха // Научный вестник МГТУ ГА. М.: МГТУ ГА, 2016. Т. 19, № 1. С. 51–56.

References

1. Perforated structure of the aircraft skin with combined holes and a damping cavity / Patent for invention. Certificate No. 2656918. Application No. 2017119057/11 (032961), 31.05.2017 – IPC B64S 21/02 (2006.01), pub. 0.06.2018, Bul. No. 16.
2. Perforated design of the outer surface of the body of rotation with combined holes and suction channel / Patent for invention. Certificate No. 2734664C1. Application No. 2020113831, 03.04.2020 – IPC B64C 21/06 (2006.01); G01M9/08 (2006.01); F15D1/2 (2006.01), pub. 21.10.2020, Bul. No. 30.
3. Nikushchenko D.V., Nadymov E.N., Shushkov R.A. Calculation of hydrodynamic characteristics of underwater vehicles with protruding parts, rudders and stabilizers // Bulletin of St. Petersburg State University. Ser. 10. Issue 4. St. Petersburg: St. Petersburg State University, 2010. P. 63–73.
4. Plotkina V.A. Some ways of visualizing turbulent flows of the boundary layer // Scientific works of Dalrybvtuz. Vol. 54. Vladivostok: Dalrybvtuz, 2020. P. 50–56.
5. Kovalnogov N.N. Model of turbulent transport in a boundary layer on a perforated surface with blind damping cavities // Izvestiya vuzov. Problems of power engineering. № 5–6. Kazan, 2003. P. 41–47.
6. Kovalnogov, N.N. Laminarization of flow in a perforated pipe with damping cavities / N.N. Kovalnogov, L.V. Khakhaleva, E.Y. Sedova, D.A. Buinov, L.A. Mina // Bulletin of UISTU. Ulyanovsk, 2001. P. 101–108.
7. Kovrizhnykh, E.N. Experimental study of the spectrum of turbulent pulsations in a damping cavity / E.N. Kovrizhnykh, A.N. Miroshin, A.V. Suchkov // Scientific Bulletin of MGTU GA. No. 211. M.: MGTU GA. P. 132–135.
8. Kovrizhnykh, E.N. On the issue of studying the friction of gas flow on a perforated plate / E.N. Kovrizhnykh, A.N. Miroshin, A.A. Bondarenko // Scientific Bulletin of MSTU GA. No. 154. Moscow: MSTU GA. P. 164–166.
9. Derbunovich, G.I. Hydraulic resistance of perforated gratings / G.I. Derbunovich, A.S. Zemskaya, E.U. Repik, Yu.P. Neighborko // Scientific notes of TsAGI. Vol. XV, No. 2. Zhukovskiy: TsAGI, 1984. P. 114–118.
10. Kornilov, V.I. Ways and possibilities of effective control of injection through a permeable wall prospects for its use / V.I. Kornilov, A.V. Boyko // Bulletin of PNRPU. Aerospace Engineering. No. 45. Moscow, 2016. P. 50–70.
11. Bondarenko, A.A. Numerical investigation of boundary layer parameters on a perforated surface with deaf damping cavities in an accelerating flow / A.A. Bondarenko, E.N. Kovrizhnykh, A.N. Miroshin, A.V. Suchkov // Scientific Bulletin of UVAU GA(I). Vol. 4. Ulyanovsk: UVAU GA, 2012. P. 5–8.
12. Miroshin, A.N. Experimental investigation of boundary layer laminarization in an accelerating flow / A.N. Miroshin, E.N. Kovrizhnykh, A.A. Bondarenko, A.V. Suchkov // Scientific Bulletin of UVAU GA(I). Vol. 4. Ulyanovsk: UVAU GA, 2012. P. 32–36.
13. Bondarenko A.A. Mathematical modeling of the processes of laminarization of the boundary layer on a perforated surface with blind damping cavities in an accelerating flow: Abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. Ulyanovsk, 2011. 28 p.
14. Shipyuk, A.N. Influence of porous coatings on the stability of hypersonic boundary layers / A.N. Shipyuk, E.V. Burov, A.A. Maslov, V.M. Fomin // Applied Mechanics and technical physics. Vol. 45, No. 2. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2004. P. 169–176.
15. Kalugin, V.T. Investigation of the effect of perforation to reduce pulsation loads acting on aerodynamic control surfaces / V.T. Kalugin, A.S. Epikhin, P.A. Chernukha // Scientific Bulletin of MSTU GA. Vol. 19, No. 1. Moscow: MSTU GA, 2016. P. 51–56.

Информация об авторе

В.А. Плоткина – старший преподаватель кафедры «Инженерные дисциплины», соискатель, SPIN-код: 3733-0447, AuthorID: 1106789.

Information about the author

V.A. Plotkina – Senior Lecturer of the Department of Engineering Disciplines, applicant, SPIN-code: 3733-0447, AuthorID: 1106789.

Статья поступила в редакцию 05.09.2022; одобрена после рецензирования 14.09.2022; принята к публикации 06.10.2022.

The article was submitted 05.09.2022; approved after reviewing 14.09.2022; accepted for publication 06.10.2022.