

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

3

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2015

МАМЫР
МАЙ
MAY

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохоз. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

N.A. Aitkhozhina, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

E.P. Velikhov, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.
ISSN 1991-3494

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

**BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 1991-3494

Volume 3, Number 355 (2015), 64 – 70

SIMULATION PROCESS GAS FLOW IN THE AREAS WITH PERFORATED PARTITION

A. Dzh. Kartanova¹, S. M. Sulaimanova²

¹Kyrgyz State University construction, transport and architecture named after N. Isanov, Bishkek, Kyrgyzstan,

²Kyrgyz Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan.

E-mail: a.kartanova@mail.ru; sulai@bk.ru

Key words: simulation, process, flow of gas, perforated partition, channel.

Abstract. The flow of pure gas is described in the nozzle with a perforated partition quasi-one-two-layer formulation. Partition modeled surface discontinuity for the gas parameters. The boundary conditions on such a surface obtained with additional assumptions within the models, in which the main attention is drawn to break porosity.

The existence of the gas flow through the perforation, the shock wave interaction with the surface, reflection and attenuation of the shock wave, its penetration through the perforation and the formation of inhomogeneous

regions for perforation - all these processes lead to unsteadiness and inhomogeneity of the flow structure near the perforated partition. In view of the considerable complexity of the flow in these areas is important to divide the flow region as a whole to the internal and external flow.

In many practical tasks the area of the inner region - an area with sophisticated effects – is much less than the characteristic size of the problem as a whole. Therefore, to solve the problem it is necessary to describe the interaction between external and internal flows using boundary conditions obtained in the study of the local structure of the flow in the areas near the perforated septum. These boundary conditions can be obtained, for example, solving the problem of the decay of a discontinuity when a shock wave on a perforated septum.

УДК 532.529 + 533.6.011

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ОБЛАСТЯХ С ПЕРФОРИРОВАННЫМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ

А. Дж. Карганова¹, С. М. Сулайманова²

¹Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова,
Бишкек, Кыргызстан,

²Кыргызско-Российский Славянский университет, Бишкек, Кыргызстан

Ключевые слова: моделирование, процесс, течение газа, перфорированная перегородка, канал.

Аннотация. Рассматривается течение чистого газа в сопле с перфорированной перегородкой квази-однородной двухслойной постановке. Перегородку моделируем поверхностью разрыва для параметров газа. Граничные условия на такой поверхности получим с привлечением дополнительных предположений в рамках моделей, в которых главное внимание уделено разрывам пористости.

Существование расхода газа через перфорацию, взаимодействие ударной волны с поверхностью, отражение и затухание ударной волны, проникновение ее через перфорацию и образование неоднородных областей за перфорацией – все эти процессы приводят к нестационарности и неоднородности структуры течения вблизи перфорированной перегородки. Представляется важным разделить в целом сложную структуру потока в этих областях на внутренние и на внешние течения.

Во многих практических задачах размер внутренней области – области со сложнейшими эффектами, - намного меньше характерного размера задачи. Поэтому для решения задачи необходимо описать взаимодействия внешних и внутренних течений с помощью граничных условий, полученных при исследовании локальной структуры потока, в областях вблизи перфорированной перегородки. Такие граничные условия можно получить, например, решая задачу о распаде произвольного разрыва при падении ударной волны на перфорированную перегородку.

Введение. Одной из важнейших задач современной газовой динамики является задача о течении газа в областях с перфорированными перегородками, и примыкающие к ней задачи: сверхзвукового обтекания проницаемых тел, течения газа в каналах с внезапным изменением поперечного сечения и движения газа в каналах с внутренним телом и т.п. Необходимость построения метода расчета таких задач возникла из-за существующих трудностей в случаях обтекания непроницаемых поверхностей, например, при обтекании сверхзвуковым потоком газа, с ударными волнами, нестационарностью течения, а также проницаемость обтекаемого тела создает дополнительные сложности. Существование расхода газа через перфорацию, взаимодействие ударной волны с поверхностью, отражение и затухание ударной волны, проникновение ее через перфорацию и образование неоднородных областей за перфорацией – все эти процессы приводят к нестационарности и неоднородности структуры течения вблизи перфорированной перегородки. Представляется важным разделить в целом сложную структуру потока в этих областях на внутренние и на внешние течения.

Во многих практических задачах размер внутренней области – области со сложнейшими эффектами, - намного меньше характерного размера задачи. Поэтому для решения задачи необходимо описать взаимодействия внешних и внутренних течений с помощью граничных условий, полученных при исследовании локальной структуры потока, в областях вблизи перфорированной

перегородки. Такие граничные условия можно получить, например, решая задачу о распаде произвольного разрыва при падении ударной волны на перфорированную перегородку [1, 2].

При сверхзвуковых скоростях течения газа для стабилизации потока применяются перфорированные перегородки, поскольку с их помощью можно регулировать скорость и выравнять неравномерности потока. В аэродинамических конструкциях перфорированные тела используются в тормозных устройствах, а также последнее время такие перегородки в соплах применяются для гашения шумовых вибраций.

Обобщая сказанное, можно утверждать, что изучение процессов при движении идеального газа в областях с перфорированными перегородками представляет значительный и практический, и теоретический интерес.

Методы исследования

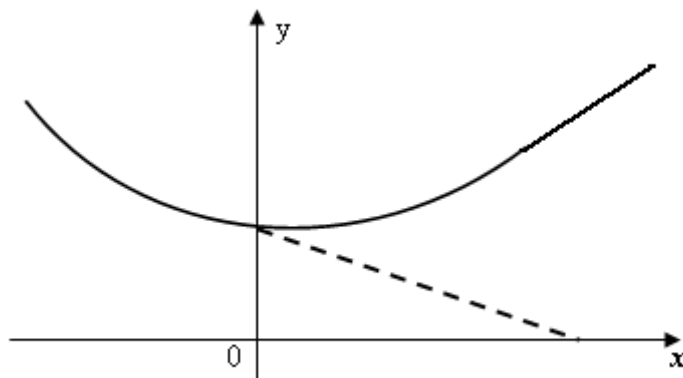
Рассмотрим течение чистого газа в сопле, площадь поперечного сечения которого $F(x)$ – известная функция продольной координаты x , отсчитываемой вдоль оси канала, с перфорированной перегородкой квазиоднородной двухслойной постановке. Перегородку моделируем поверхностью разрыва для параметров газа. Граничные условия на такой поверхности получим с привлечением дополнительных предположений в рамках моделей, описанных в [3], в которых главное внимание уделено разрывом пористости.

Поместим перфорированную перегородку в сопле, как показано на рисунке. Заметим, что в осесимметричном случае перегородка имеет форму обратного конуса, причем вершина конуса лежит на оси в расширяющейся части сопла. Ось x совпадает с направлением набегающего потока и с осями симметрии конуса и сопла, ось y ей перпендикулярна. Начало координат расположим в плоскости, где прикасаются два тела. Пусть u – x - компонента скорости потока, p – давление, ρ – плотность, e – удельная внутренняя энергия, i – удельная энтальпия, a – скорость звука, причем

$$e = e(p, \rho), \quad i = i(p, \rho) = e + p / \rho, \quad a = a(p, \rho), \quad (1.1)$$

где функции, стоящие справа, известны. Для совершенного газа с показателем адиабаты κ :

$$e = p / [(\kappa - 1)\rho], \quad i = \kappa p / [(\kappa - 1)\rho], \quad a = (\kappa p / \rho)^{1/2}.$$



Рисунок

Предположим, что $y'_s(x) < 1$, где $y_s(x)$ – уравнения образующей перегородки. Распределение параметров для нижнего слоя, т.е. для течения до перегородки удовлетворяют уравнениям:

$$\begin{aligned} \frac{du}{dx} &= \frac{1}{F(M^2 - 1)} \left[\frac{(1 + \nu)y'_s y''_s g_m}{\rho} + u \frac{dF}{dx} \right]; \\ \frac{dp}{dx} &= -\frac{u}{F(M^2 - 1)} \left[(1 + \nu)y'_s y''_s g_m + \rho u \frac{dF}{dx} \right]; \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$\frac{d\rho}{dx} = \frac{1}{a^2} \frac{dp}{dx}.$$

Здесь g_m - расход газа через перфорированную перегородку; M - число Маха.

Введем отмеченные чертой вверху переменные для обозначения соответствующих параметров для верхнего слоя. Величинами с индексом m обозначим соответствующие параметры газа в перфорированной перегородке. Тогда, система уравнений, описывающая течение за перегородкой имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{u}}{dx} &= \frac{\bar{u}}{\bar{\rho}\bar{F}(\bar{M}^2 - 1)} \left[(1+\nu)y_s^v g_m (1 + \bar{M}^2 + \rho_s(\bar{S} - S_m)) - \bar{\rho}\bar{u} \frac{d\bar{u}}{dx} \right]; \\ \frac{d\bar{p}}{dx} &= \frac{\bar{u}}{\bar{\rho}\bar{F}(\bar{M}^2 - 1)} \left[(1+\nu)y_s^v g_m (2\bar{\rho} + \bar{\rho}_s(\bar{S} - S_m)) - \bar{u}\bar{\rho}^2 \frac{d\bar{F}}{dx} \right], \end{aligned} \quad (1.3)$$

где $\bar{\rho} = Q_0 / \bar{u}\bar{F}$; $\bar{\rho}_s = \partial\bar{\rho} / \partial S = -\frac{\kappa-1}{\kappa}\bar{\rho}$; $S = p / \rho^\kappa$ - энтропийная функция; Q_0 - расход газа в начальном сечении. В выписанных уравнениях $\nu=0$ и 1 для плоского и осесимметричного случаев, соответственно.

Для выяснения характерных особенностей течения вблизи точки «схода» перфорированной перегородки поступим следующим образом. При малых $\Delta p = p - \bar{p}$ расход газа через перегородку $g_m = C\Delta p$, где C - известная константа.

Допустим, что

$$\Delta p = \pi x^\alpha, \quad (1.4)$$

которая отсчитывается от точки «схода». Тогда

$$\bar{F}(x) = \bar{\chi}x^2; \quad F(x) = F_0 + \chi x; \quad \bar{u} = \omega x^\beta,$$

где $\bar{\chi}$ и χ - известные константы, а π и ω вместе с α и β нужно найти. В силу (1.4) $g_m = C\pi x^\alpha$, согласно этому из (1.3) при малых x имеет место

$$\begin{aligned} p' &= \frac{dp}{dx} = -\frac{\rho_0 u_0 F_0'}{F_0(M_0^2 - 1)} \equiv p_0'; \\ \bar{u}' &= \frac{d\bar{u}}{dx} = -\frac{(1+\nu)y_s^v g_m}{F_0(M_0^2 - 1)} - \frac{p'}{\bar{\rho}\bar{u}}. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Подставим (1.4) в (1.3) и (1.5), предварительно переписав в форме:

$$\begin{aligned} -\bar{p}' + p_0' - p_0' &= \frac{-\bar{u}}{\bar{\rho}\bar{F}(\bar{M}^2 - 1)} \left[(1+\nu)y_s^v g_m (2\bar{\rho} + \bar{\rho}_s(\bar{S} - S_m)) - \bar{u}\bar{\rho}^2 \frac{d\bar{F}}{dx} \right], \\ \Delta p' - p_0' &= \frac{-\bar{u}}{\bar{F}(\bar{M}^2 - 1)} \left[(1+\nu)y_s^v g_m (2 - \frac{\kappa}{\kappa-1}(\bar{S} - S_m)) - \bar{u}\bar{\rho}\bar{F}' \right]. \end{aligned}$$

С учетом малости $\bar{S} - S_m$ и \bar{M}^2 из (1.3), получим:

$$\begin{aligned} \pi\alpha x^{\alpha-1} - p_0' &= \omega x^\beta \frac{\omega x^\beta \bar{\rho}^2 \bar{\chi} \cdot 2x - (1+\nu)y_s^v C\pi x^\alpha \cdot 2\bar{\rho}}{\bar{\rho}\bar{\chi}x^2(-1)}; \\ \bar{\chi}\pi\alpha x^{\alpha+1} - \bar{\chi}p_0'x^2 &= 2(1+\nu)y_s^v C\pi\alpha x^{\beta+\alpha} - 2\omega^2 \bar{\rho}\bar{\chi}x^{2\beta+1}, \end{aligned}$$

а из второго уравнения (1.3):

$$\omega\beta x^{\beta-1} = -\frac{(1+\nu)y_s^v C\pi x^\alpha}{\bar{\rho}\bar{\chi}x^2} + \frac{\Delta p' - p_0'}{\bar{\rho}\omega x^\beta} = \frac{(1+\nu)y_s^v C\pi x^\alpha}{\bar{\rho}\bar{\chi}x^2} + \frac{\pi\alpha x^{\alpha-1} - p_0'}{\bar{\rho}\omega x^\beta},$$

откуда получим

$$\overline{\rho\chi}\omega^2 \beta x^{2\beta+1} = (1+\nu)y_s^\nu C \pi \omega x^{\beta+\alpha} + \pi \alpha \overline{\chi} x^{\alpha+1} - p'_0 \overline{\chi} x^2.$$

Перепишем полученные соотношения:

$$\pi \alpha \overline{\chi} x^{\alpha+1} - p'_0 \overline{\chi} x^2 = 2(1+\nu)y_s^\nu C \pi \omega x^{\beta+\alpha} - 2\overline{\rho\chi}\omega^2 \beta x^{2\beta+1};$$

$$\overline{\rho\chi}\omega^2 \beta x^{2\beta+1} = (1+\nu)y_s^\nu C \pi \omega x^{\beta+\alpha} + \pi \alpha \overline{\chi} x^{\alpha+1} - p'_0 \overline{\chi} x^2. \quad (1.6)$$

Из этих уравнений можно найти показатели степени α и β , и константы ω и π . Заметим, что в (1.6) четыре показателя степени: $\alpha+1$, 2 , $\beta+\alpha$ и $2\beta+1$. В общем случае за счет выбора двух чисел (α и β) их невозможно сделать одинаковыми. Поэтому решением следует считать такие α и β , при которых оставшаяся степень имеет более высокий порядок. Имеется несколько возможностей:

1) $\alpha+1 = \beta+\alpha = 2\beta+1$; $\alpha = 2\beta \rightarrow 2\beta+1 = 3\beta \rightarrow \beta = 1$, $\alpha = 2 \rightarrow \alpha+1 = 3 > 2$, и, следовательно, этот случай не подходит.

2) $\alpha+1 = \beta+\alpha = 2 \rightarrow \alpha = 1$, $\beta = 1$, а $2\beta+1 = 3 > 2$, тоже не подходит.

Далее, ω и π должны удовлетворять уравнениям (1.6), т.е.

$$\overline{\chi}\pi - \overline{\chi}p'_0 = 2(\nu+1)y_s^\nu C \pi \omega;$$

$$-(1+\nu)y_s^\nu C \omega \pi + \pi \overline{\chi} - \overline{\chi}p'_0 = 0;$$

$$\overline{\chi}\pi - \overline{\chi}p'_0 = (1+\nu)y_s^\nu C \omega \pi + \pi \overline{\chi} - \overline{\chi}p'_0.$$

Отсюда следует, что $\omega = 0$. Если $\omega = 0$, то $\pi = P'$ если $\pi = 0$, то равенство невозможно.

3) $\alpha+1 = 2\beta+1 = 2 \rightarrow \alpha = 1$, $\beta = \frac{1}{2}$, $\beta+\alpha = \frac{3}{2} < 2$, тогда $\beta+\alpha = \frac{3}{2} < 2$ тоже не подходит.

Уравнения для ω и π имеют вид:

$$\overline{\chi}\pi - \overline{\chi}p'_0 = -2\omega^2 \overline{\rho\chi};$$

$$\frac{1}{2} \overline{\rho\chi}\omega^2 = \pi \overline{\chi} - p'_0 \overline{\chi}.$$

Из этих уравнений находим, что $\omega^2 = 0$, $p' = \pi$.

Итак, случаи 2) и 3) дают одинаковый результат, который к тому же неприемлем (чтобы было течение через перфорацию должно быть $\pi > 0$, а $p'_0 < 0$).

Пусть имеет место (1.4) и еще

$$\bar{u} = \alpha x^\beta, \quad F = F_0 + \chi x, \quad \bar{F} = \bar{F}_0 + \overline{\chi} x. \quad (1.7)$$

Подставляя (1.4) и (1.7) в уравнение (1.3) получим для ω и β, α, π - по прежнему следующие значения $\pi = p'_0$, $\omega^2 = 0$. Теперь предположим, что кроме (1.7) имеет место $g_m = C \cdot \Delta P_0 \equiv g_{n0} \neq 0$.

Вновь обратимся к уравнениям (1.3)

$$\alpha \pi x^{\alpha-1} - p'_0 = 2\omega(1+\nu)y_s^\nu g_{n0} \frac{1}{F_0} x^\beta - \omega^2 \overline{\rho\chi} x^{2\beta} \frac{1}{F_0};$$

$$\omega^2 \beta \overline{\rho\chi} x^{2\beta-1} = -(1+\nu) \frac{y_s^\nu g_{n0} \omega}{F_0} x^\beta + \alpha \pi x^{\alpha-1} - p'_0.$$

Здесь показатели степени: $\alpha - 1$, 0 , β , 2β , $\beta - 1$. Возможны следующие случаи: $2\beta - 1 = 0$, $\alpha - 1 = 0 \rightarrow \beta = \frac{1}{2}$, $\alpha = 1$, $2\beta - 1 > 0$ и $\beta = \frac{1}{2} > 0$, откуда: $\pi = p'_0$ и $\omega = 0$.

Итак, для любого \bar{F}_0 нужно подобрать такое g_{n0} , чтобы, несмотря на начальное уменьшение перепада Δp_0 , он не стал нулевым. Еще проще с самого начала подобрать g_{n0} из условия $\Delta p_0 = 0$.

В качестве произвольных параметров при сквозном интегрировании, где внутри интервала интегрирования имеются седловидные особенности, служат параметры u_0 и \bar{F}_0 для верхнего слоя.

\bar{F}_0 – характеризует величину зоны отрыва на верхнем слое.

Результаты исследования

С целью определения параметров газа в перфорированной перегородке, сформулируем граничные соотношения на поверхности разрыва и подробно остановимся на локальной структуре течения газа в окрестности перегородки. Основные граничные условия на разрыве имеют вид:

$$[\rho u] = 0; \quad [2I + V^2] = 0; \quad [p + \rho u^2] = -X; \quad [\rho uv] = -Y; \quad [\rho uw] = -Z. \quad (2.1)$$

Здесь, как и по прежнему p – давление, ρ – плотность, I – удельная энтальпия, u, v, w – нормальная и поперечные компоненты вектора скорости \mathbf{V} , $V = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$ и $[\varphi] = \varphi_+ - \varphi_-$. Параметрам потока слева от перегородки приписан индекс минус, справа – плюс, а величинами, средним по минимальным сечениям проходящих отверстий перегородки – индекс m . X, Y, Z – компоненты силы \mathbf{F} , действующей со стороны потока на единицу площади перегородки. При рассмотрении течения в целом толщиной перегородки и характерным линейным размерам перфорации d можно пренебречь.

Наряду с основными соотношениями (2.1) необходимы дополнительные выражения для \mathbf{F} , которые связаны со структурой локального течения через перфорацию.

В случае “густых” перегородок, длина каналов которых велика по сравнению с их поперечными размерами, можно принять равенства:

$$v_m = v_+ = 0, \quad w_m = w_+ = 0. \quad (2.2)$$

Эти условия можно использовать для определения Y и Z .

Выводы. Авторы [1,3] считают, что вместо задания X проще и удобнее постулировать ту или иную схему перетекания газа через перегородку. При дозвуковом потоке слева от перегородки, поджатие газа сопровождающее падением давления происходит изэнтропически т.е.

$$S_- = S_m. \quad (2.3)$$

Здесь S – удельная энтропия или любая ее функция. Равенства (2.1), (2.2) вместе с (2.3) и отношениями:

$$f\rho_m u_m = \rho_- u_-, \quad 2I_m + u_m^2 = 2I_- + V_-^2. \quad (2.4)$$

и уравнениями состояния $I = I(p, \rho)$ и $S = S(p, \rho)$ представляют систему условий, связывающих параметрами слева от перегородки и в ее минимальном сечении, где $f = \sum_m / \sum$ – степень поджатия перфорации.

На режиме р1, в которой $M_m < 1$, используется известная схема отрывного истечения (удар Борда), когда на перегородку справа действует постоянное давление $p = p_m$. На данном этапе предполагается, что каналы перфорации в направлении течения либо сужаются, либо имеют постоянные поперечные сечения.

Третье уравнение (2.1) на режиме р1 принимает вид

$$p_+ + \rho_+ u_+^2 = p_m + f\rho_m u_m^2 \quad (2.5)$$

На данном режиме параметры, входящие в (2.1)–(2.5), находятся одновременно с решением всей задачи о распаде разрыва [1, 4].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гринь В.Т., Крайко А.Н., Миллер Л.Г. К распаду произвольного разрыва на перфорированной перегородке // ПМТФ. – 1981. – № 3. – С. 96-106.
- [2] Крайко А.Н. О поверхностях разрыва в среде, лишенной собственного давления // Прикладная математика и механика. – 1979. – Т. 43, № 3. – С. 500-510.
- [3] Крайко А.Н., Миллер Л.Г., Ширковский И.А. О течениях газа в пористой среде с поверхностями разрыва пористости // Прикладная механика и техническая физика. – 1982. – № 1. – С. 111-118.
- [4] Газовая динамика. Избранное. В 2 т. – Т. 1 / Под общей ред. А. Н. Крайко. Ред.-сост. А.Н. Крайко, А.Б. Ватажин, А.Н. Секундов. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 720 с. – ISBN 5-9221-0651-1.
- [5] Крайко А.Н., Сулайманова С.М. К двухжидкостные течения смеси газа и твердых частиц с «пеленами» и «шнурами», возникающими при обтекании непроницаемых поверхностей // ПММ. – 1983. – Т. 47, вып. 4. – С. 619-630.

REFERENCES

- [1] Grin V., Kraiko A., Miller L. To disintegration of the arbitrary break on the perforated partition. *Applied Mechanics and Technical Physics*, 1981, N 3, pp. 96-106. (in Russ.)
- [2] Kraiko A.N. About the Surfaces of Discontinuity in a Medium Devoid of Its Own Pressure [O poverkhnostyakh razryva v srede, lishennoy sobstvennogo davleniya]. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 1979, vol. 43, N 3, pp. 500-510. (in Russ.)
- [3] Kraiko A.N., Miller L.G., Shirkovskiy I.A. About Gas Flow in Porous Media with Surfaces of Porosity Discontinuity [O techeniyakh gaza v poristoy srede s poverkhnostyami razryva poristosti]. *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*, 1982, N 1, pp. 111-118. (in Russ.)
- [4] Gas Dynamics. Selected. In 2t. vol.1, Ed. A.N.Kraiko. Ed-comp. A.N. Kraiko, A.B. Vatazhin, A.N. Secundov. -2-ed., rev. -M.: FIZMATLIT, 2005-720c. -ISBN 5-9221-0651-1. (in Russ.)
- [5] Kraiko A.N., Sulaimanova S.M. Two-Fluid Flows Mixture of Gas and Solid Particles with the "Sheets" and "Filaments" that Arise when Flow Impermeable Surfaces [Dvuzhidkostnye techeniya smesi gaza i tverdykh chastits s pelenami" i "shnurami", vznikayushhimi pri obtekanii neproniцаemykh poverkhnostey]. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 1983, vol. 47, N 4, pp. 619-630. (in Russ.)

ПЕРФОРАЦИЯЛАНҒАН ҚАЛҚАНЫҢ АУДАНДАРДА
ГАЗ АҒЫНЫ ПРОЦЕСІН МОДЕЛЬДЕУ

А. Дж. Картанова¹, С. М. Сулайманова²

¹Н. Исанов атындағы Қырғыз мемлекеттік университеті құрылыс, көлік және сәулет, Бішкек, Қырғызстан,
²Қырғыз Ресей Славян университеті, Бішкек, Қырғызстан

Тірек сөздер: модельдеу, процесс, газ ағыны, перфорацияланған бөлім, арна.

Аннотация. Таза газ ағыны перфорацияланған бөлімі квазимемлекеттік бір-екі қабатты тұжырымы шашатын сипатталған. Бөлімді газ параметрлер үшін беті алшақтық модельденген. Негізгі назар кеуектілігі сынған жасалады, онда модельдер ішінде қосымша жорамалдар, алынған осындай бетіндегі шекаралық шарттар.

Тесіктері және перфорацияның үшін біртекті аймақтарда қалыптастыру арқылы перфорацияның арқылы газ ағыны, соққы толқынының бетінің, рефлексия және өшу соққы толқындар өзара іс-қимыл, оның ену болуы - барлық осы процестер тұрақсыздығы және біртектісіз әкелуі перфорацияланған бөлімнен жақын ағыны құрылымы. Осы салаларда ағынының айтарлықтай күрделілігіне ескере ішкі және сыртқы ағынына тұтастай ағынының аймақты бөлуге маңызды болып табылады.

Көптеген практикалық міндеттерді жылы ішкі облысының аумағы - күрделі әсерлері бар алаңы - тұтастай мәселені тән мөлшері әлдеқайда аз. Сондықтан, мәселені шешу үшін ол перфорацияланған қалқалар жақын аудандарда ағынының жергілікті құрылымын зерттеуге алынған шекаралық шарттарын пайдалана отырып, сыртқы және ішкі ағындарының арасындағы өзара іс-қимылды сипаттау қажет. Бұл шекаралық шарттар перфорацияланған қалқалар туралы алшақтықты кезде соққы толқынының ыдырауы проблемасын шешу, мысалы, алуға болады.

Поступила 22.05.2015 г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

bulletin-science.kz

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 28.05.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

17,7 п.л. Тираж 2000. Заказ 3.