



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2008138162/06, 25.09.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.09.2008

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.09.2008

(43) Дата публикации заявки: 27.03.2010 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 10.06.2011 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Лопаточные машины и струйные
аппараты. Сборник статей. Выпуск 5. - М.:
Машиностроение, 1971, с.209-214, рис.5, 6.
SU 1268867 A1, 07.11.1986. RU 2151920 C1,
27.06.2000. US 6877960 B1, 12.04.2005. US
6082635 A, 04.06.2000.

Адрес для переписки:

111402, Москва, а/я 20, Агентство по
патентной информации, пат.пов.
И.Л.Кольцову, рег.№ 205

(72) Автор(ы):

Фисенко Владимир Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Фисоник Холдинг Лимитед (CY)

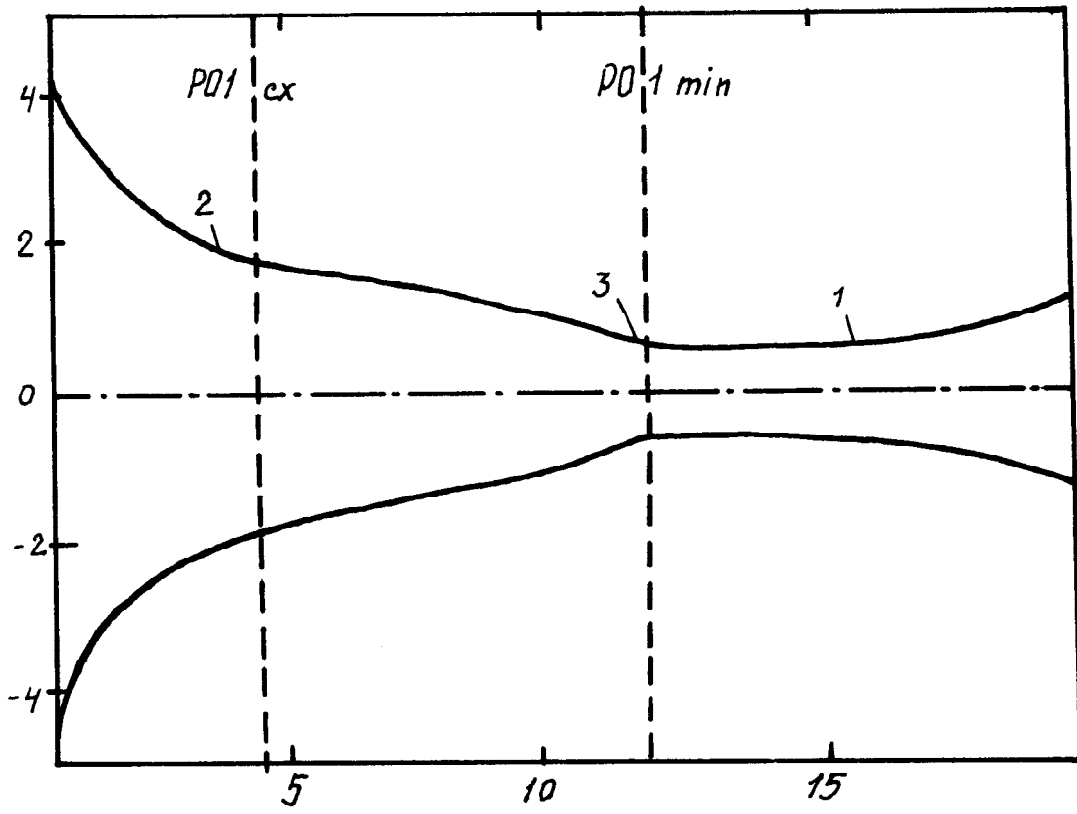
(54) СВЕРХЗВУКОВОЕ СОПЛО ДЛЯ ВСКИПАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к струйной технике и используется в устройствах для разгона различных сред с формированием однородного двухфазного потока среды. Сверхзвуковое сопло для вскипающей жидкости содержит входной сужающийся и выходной расширяющийся по ходу среды участки, между которыми расположено минимальное сечение сопла, при этом образующая начальной части расширяющегося участка сопла имеет

вогнутую по отношению к оси сопла форму кривой, плавно переходящей в выпуклую по отношению к оси сопла форму в сечении сопла, в котором скорость потока равна локальной скорости звука. Технический результат - снижение гидравлических потерь в процессе преобразования потока жидкости в газожидкостной поток и повышение эффективности преобразования в сопле тепловой энергии в механическую работу. 1 ил.

RU 2420674 C2



RU 2420674 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2008138162/06, 25.09.2008**

(24) Effective date for property rights:
25.09.2008

Priority:

(22) Date of filing: **25.09.2008**

(43) Application published: **27.03.2010** Bull. 9

(45) Date of publication: **10.06.2011** Bull. 16

Mail address:

111402, Moskva, a/ja 20, Agentstvo po patentnoj informatsii, pat.pov. I.L.Kol'tsovu, reg.№ 205

(72) Inventor(s):

Fisenko Vladimir Vladimirovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Fisonik Kholding Limited (CY)

(54) SUPERSONIC NOZZLE FOR BOILING FLUID

(57) Abstract:

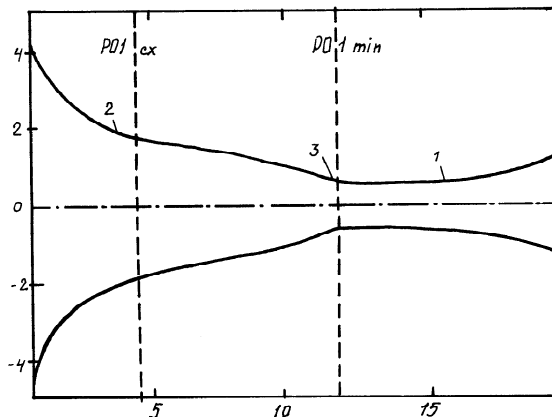
FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: supersonic nozzle for boiling fluid includes inlet convergent and outlet divergent sections in the medium flow direction, between which minimum section of nozzle is located. Generatrix of initial part of divergent nozzle section has concave shape of curve in relation to nozzle axis, which changes to convex shape in nozzle section in relation to nozzle axis, in which flow velocity is equal to local sound velocity.

EFFECT: reducing hydraulic losses during conversion of fluid flow into gas-liquid flow and increasing conversion efficiency of heat energy to

mechanical operation in nozzle.

1 dwg



RU 2 420 674 C2

RU 2 420 674 C2

Изобретение относится к струйной технике, в частности к устройствам для разгона различных сред с формированием однородного двухфазного потока среды.

Известно сопло в виде сужающе-расширяющегося канала для создания сверхзвукового потока путем пропускания рабочей среды через этот канал под воздействием продольного перепада давления между входом и выходом канала (Соркин Р.Е. Газотермодинамика ракетных двигателей на твердом топливе. - М.: Наука, 1967, с.60-63).

Указанное сопло не позволяет эффективно преобразовать энергию давления в кинетическую энергию потока смеси сред, особенно в том случае, когда на вход в сверхзвуковое сопло подается жидкость, а двухфазная среда образуется при ее вскипании за счет снижения давления внутри сопла ниже давления насыщения.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является сверхзвуковое сопло для вскипающей жидкости, содержащее входной сужающийся и выходной расширяющийся по ходу среды участки, между которыми расположено минимальное сечение сопла (SU 1268867 A1, МПК F22B 3/04, 1986).

Известное сопло позволяет преобразовывать поток жидкости в двухфазный парожидкостной поток. Однако использование установленного внутри сопла парогенерирующего элемента приводит к усложнению конструкции сопла и увеличению гидравлических потерь в проточной части сопла и не оптимизирует работу сопла, оставляя профиль его в расходящейся части профилем сопла Лаваля.

Задачей настоящего изобретения является снижение гидравлических потерь в процессе преобразования потока жидкости в газожидкостной поток и повышение эффективности преобразования в сопле тепловой энергии в механическую работу.

Технический результат настоящего изобретения заключается в повышении эффективности преобразования энергии давления в кинетическую энергию двухфазного газожидкостного потока среды.

Решение указанной задачи достигается тем, что в сверхзвуковом сопле для вскипающей жидкости, содержащем входной сужающийся и выходной расширяющийся по ходу среды участки, между которыми расположено минимальное сечение сопла, в соответствии с настоящим изобретением, образующая начальной части расширяющегося участка сопла имеет вогнутую по отношению к оси сопла форму кривой, плавно переходящей в выпуклую по отношению к оси сопла форму в сечении сопла, в котором скорость потока равна локальной скорости звука. Другими словами (что математически более определено), вторая производная образующей начальной части расширяющегося участка сопла по длине последнего имеет отрицательное значение, в сечении сопла, в котором скорость потока равна локальной скорости звука, эта производная равна нулю, а после этого сечения данная производная имеет положительное значение.

В настоящем описании в дальнейшем под "критическим" сечением сопла понимается сечение, в котором скорость потока равна локальной скорости звука, а не минимальное сечение сопла.

Предпочтительно, чтобы текущий диаметр D_s (м) в любом поперечном сечении сопла в зависимости от текущего давления P_0 (кг/м²) среды в этом сечении составлял

$$D_s = \sqrt{\frac{G_s}{\rho_p W_p}},$$

где

G_s - заданный массовый расход жидкости через сопло, кг/с;

ρ - плотность среды в текущем сечении сопла, кг/м³;

W - скорость среды в текущем сечении сопла, м/с;

а диаметр D_{s1} (м) "критического" сечения сопла составлял

$$D_{s1} = 1,129 \cdot \sqrt{\frac{G_{кр}}{\rho_{кр}}},$$

где

$G_{кр}$ - удельный критический расход среды (кг/с), определяемый из соотношения

$g_{кр} = \rho_{кр} a_p$, где

$\rho_{кр}$ - плотность среды в "критическом" сечении сопла, кг/м³;

a_p - критическая скорость потока (м/с), равная скорости звука, определяемой из

соотношения

$$a_p = \sqrt{\left(\frac{k_p P_0}{\rho_{кр}} \right)}$$

k_p - показатель адиабаты для текущего сечения сопла.

Кроме того, при условии, что движущаяся в сопле однородная двухфазная смесь представляет собой туманообразную среду, размеры частиц которой меньше длины их свободного пробега, а взаимодействие этих частиц является упругим, показатель адиабаты k_p определен из соотношения

$$k_p = 0,592 + \frac{0,7088}{\beta_p},$$

где

$0,5 < \beta_p < 1$ - объемное соотношение жидкой и газообразной фаз в потоке

пароводяной среды в "критическом" сечении сопла.

Приведенная зависимость для k_p является аппроксимацией теоретической зависимости показателя адиабаты однородных двухфазных сред, полученной автором (см. Фисенко В.В. Критические двухфазные потоки. - М.: Атомиздат, 1978, с.50, а также Фисенко В.В. Сжимаемость теплоносителей и эффективность работы контуров циркуляции ЯЭУ. - М.: Энергоатомиздат, 1987, с.55). С помощью этой зависимости рассчитываются параметры потока в любом сечении сопла в функции давления P_0 , изменяющегося от давления P_s на входе в сопло до давления P_1 на выходе из него.

В ходе проведенных экспериментальных работ была подтверждена достоверность принятых допущений и выявлено, что представляется возможность достигнуть повышения эффективности преобразования энергии давления в кинетическую энергию потока смеси сред с вскипанием жидкости в проточной части сопла по сравнению с соплом Лаваля.

Сопло по настоящему изобретению в отличие от сопла Лаваля характеризуется следующим:

- дозвуковым настоящее сопло является не только в его сужающемся участке, но и в некоторой части расширяющегося участка;

- в наиболее узком сечении настоящего сопла устанавливается максимальный удельный расход среды, но в этом сечении скорость потока еще не равна локальной скорости звука, и в этом смысле данное сечение не является "критическим";

- "критическое" сечение, в котором скорость потока равна локальной скорости

звука, смещается в настоящем сопле вниз по потоку и находится в расширяющемся участке сопла;

- в "критическом" сечении настоящего сопла не первая, а вторая производная от площади сечения по длине сопла равна нулю, таким образом в "критическом" сечении
5
зависимость площади настоящего сопла от его длины имеет не минимум, как это имеет место в сопле Лавалья, а точку перегиба этой зависимости.

Такой характер зависимости профиля сопла от его длины объясняется следующим. Жидкость на входе в сопло является недогретой до температуры насыщения. За счет
10
сужения сопла скорость потока возрастает, давление в нем падает, удельный расход на единицу площади сечения увеличивается. Так продолжается до тех пор, пока давление в потоке не станет равным давлению насыщения при заданной температуре, после чего жидкость вскипает, плотность потока резко уменьшается, скорость потока резко увеличивается, а скорость звука резко падает (увеличивается сжимаемость
15
потока), растет производная площади сечения по длине сопла. Так продолжается до тех пор, пока объемное соотношение фаз в смеси не достигнет своего значения, равного 0,5, после чего скорость потока будет продолжать расти, но начнет расти и скорость звука, темп роста производной площади сечения от длины сопла замедляется, а затем по мере того, как растет доля газа в смеси и сжимаемость ее все
20
больше приближается к сжимаемости газа, выходной участок сверхзвуковой части сопла приближается к профилю традиционного сопла Лавалья.

В ходе построения конкретного профиля сопла выбирается базовая длина сопла L_0 (мм). На этой длине текущее значение давления P_0 меняется от его максимального
25
значения P_s на входе в сопло до его значения P_1 в выходном сечении, а отношение разности давлений между входным и выходным сечением сопла к базовой длине позволяет с помощью указанных выше математических соотношений параметров в проточной части сопла построить зависимость изменения профиля сопла от давления.

Изобретение поясняется чертежом, на котором схематически представлен профиль проточной части сверхзвукового сопла для вскипающей жидкости.

В примере, показанном на чертеже, $P_s=2$ МПа, а $P_1=0,01$ МПа. Направление движения потока справа налево.

Предложенное сверхзвуковое сопло для вскипающей жидкости содержит входной сужающийся 1 и выходной расширяющийся 2 участки по ходу среды и расположенное
35
между ними минимальное (наиболее узкое) сечение 3 сопла, в котором устанавливается максимальный удельный расход жидкости (на чертеже показано пунктиром P_{01min}). Образующая расширяющегося участка 2 сопла по ходу среды образована вогнутой по отношению к оси сопла кривой, плавно переходящей в
40
выпуклую кривую в "критическом" сечении сопла, т.е. в сечении сопла, где поток достигает скорости звука (пунктир P_{01cr} на чертеже). Текущий диаметр D_s в каждом поперечном сечении сопла по ходу среды в зависимости от текущего значения давления P_0 среды в этом сечении составляет

$$45 \quad D_s = 1,129 \cdot \sqrt{\frac{G_s}{\rho_p W_p}},$$

где

50 G_s - заданный расход жидкости через сопло;

ρ - плотность среды в текущем сечении сопла;

W - скорость среды в текущем сечении сопла;

а диаметр "критического" сечения D_{s1}

$$D_{sl} = 1,129 \cdot \sqrt{\frac{G_{кр}}{g_{кр}}},$$

где

$G_{кр}$ - удельный критический расход среды, определяемый из соотношения

$$g_{кр} = \rho_{кр} a_p,$$

где

$\rho_{кр}$ - плотность среды в "критическом" сечении сопла;

a_p - критическая скорость потока, равная скорости звука, определяемой из соотношения

$$a_p = \sqrt{\left(\frac{k_p P_0}{\rho_{кр}} \right)},$$

где

k_p - показатель адиабаты для текущего сечения сопла, определяемый из соотношения

$$k_p = 0,592 + \frac{0,7088}{\beta_p},$$

где

$0,5 < \beta_p < 1$ - объемное соотношение жидкой и газообразной фаз в потоке пароводяной среды в "критическом" сечении сопла.

При работе предложенного сверхзвукового сопла в результате геометрического воздействия на поток газа насыщенной или нагретой жидкости на входном сужающемся участке 1 и затем на выходном расширяющемся участке 2 сопла за счет преобразования подаваемого под давлением потока жидкости в скоростной поток, в котором резко понижается статическое давление, дозвуковой поток жидкости превращается в сверхзвуковой поток газожидкостной, парожидкостной или парогазожидкостной смеси на выходе из сопла.

Описанное выше сверхзвуковое сопло может быть использовано в энергетике, на транспорте, в пищевой, химической, фармацевтической, нефтеперерабатывающей и в других отраслях промышленности, в которых актуальным является получение сверхзвукового потока однородной двухфазной смеси из газа насыщенной или нагретой жидкости, как с целью эффективного преобразования потенциальной энергии жидкости в кинетическую энергию смеси, так и с целью приготовления однородной смеси различных веществ и создания гомогенной смеси с сильно развитой поверхностью раздела фаз, при которой интенсивно протекают любые обменные процессы и химические реакции.

Формула изобретения

Сверхзвуковое сопло для вскипающей жидкости, содержащее входной сужающийся и выходной расширяющийся по ходу среды участки, между которыми расположено минимальное сечение сопла, отличающееся тем, что образующая начальной части расширяющегося участка сопла имеет вогнутую по отношению к оси сопла форму кривой, плавно переходящей в выпуклую по отношению к оси сопла форму в сечении сопла, в котором скорость потока равна локальной скорости звука.