

В. Г. В ы с о т и н а (Москва, ТВП). **Моделирование закрученного течения воздуха в длинной трубе с выемкой методом Годунова.**

Выполнено моделирование закрученного течения воздуха в осесимметричной трубе с выемкой методом Годунова [1, 3]. Постановка задачи опубликована в [5]. Задачи течения жидкости в каналах с внезапным расширением, с выемками и т. д. рассматриваются в [2, 4].

Геометрия канала (длина канала $L = 1$ м, радиус входного и выходного цилиндра 0,04 м, радиус выемки 0,08 м) и разностная сетка (200×24 ячейки) представлены на рис. 1.

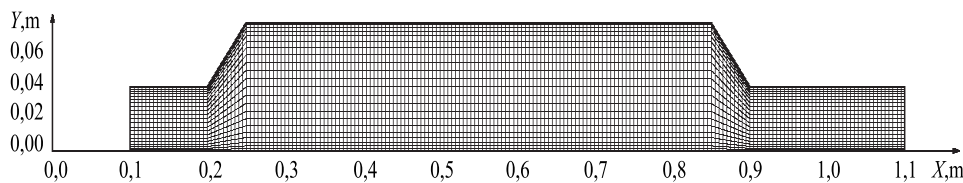


Рис. 1. Геометрия осесимметричного канала с выемкой. Разностная сетка 200×24 ячейки равномерная по длине и сгущающаяся к оси и внешнему обводу канала по высоте

Данные расчеты выполнялись для трех отношений давлений $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,990, 0,980, 0,975$ при следующих параметрах торможения: $P_0 = 1042399,8$ Па; $\rho_0 = 1,1985$ кг/м³; $\kappa = 1,4$; $R_G = 287,15$ м²/(с² К^o); $Re \approx 10^4 - 10^5$. Рассмотрены два случая: течение без закрутки и с закруткой потока на входе $\alpha = 10^0$.

Структура течения, полученная в канале в результате расчетов без закрутки $\alpha = 0^0$ при $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,990, 0,980, 0,975$ показана на рис. 2, 3, 4.

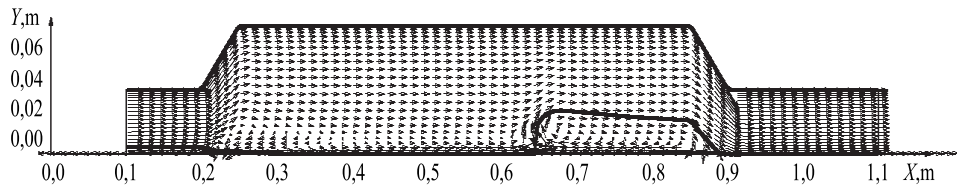


Рис. 2. Поле векторов скорости и границы зон возвратного течения. $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,990$, $\alpha = 0^0$

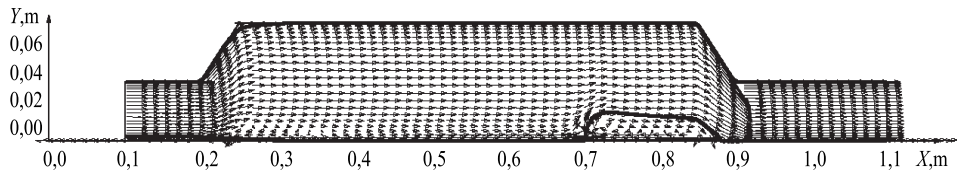


Рис. 3. Поле векторов скорости и границы зон возвратного течения. $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,980$, $\alpha = 0^0$

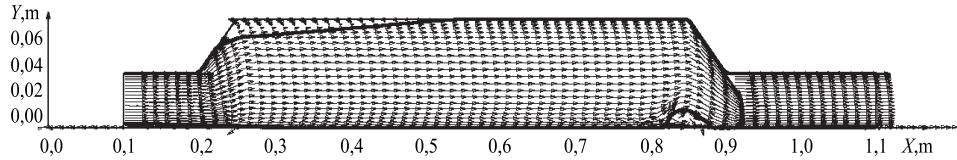


Рис. 4. Поле векторов скорости и границы зон возвратного течения. $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,975$, $\alpha = 0^0$

Из рисунков видно, как с уменьшением отношения давлений $P_{\text{вых}}/P_0$ изменяется структура течения потока в канале: зона возвратного течения на оси, ближе к выходу, уменьшается, а около внешнего обвода канала, на входе в углу выемки, новая возвратная зона появляется.

Структура течения, полученная в канале в результате расчетов с закруткой $\alpha = 10^0$ при $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,990, 0,980$, и $0,975$ показана на рисунках 5, 6, 7.

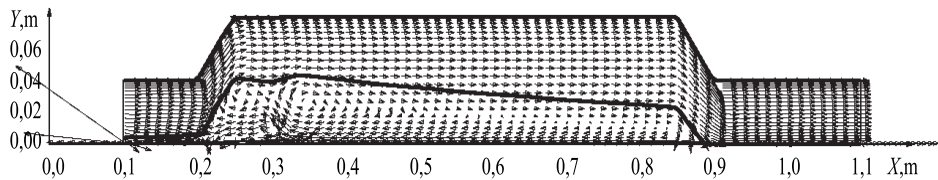


Рис. 5. Поле векторов скорости и границы зон возвратного течения. $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,990$, $\alpha = 10^0$

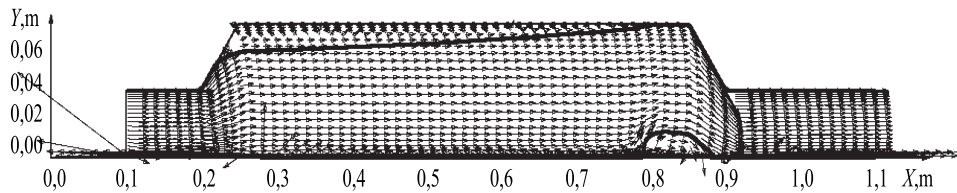


Рис. 6. Поле векторов скорости и границы зон возвратного течения. $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,980$, $\alpha = 10^0$

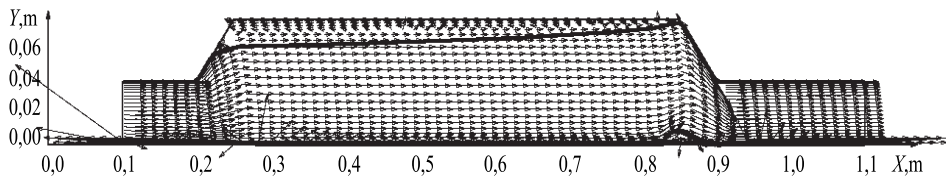


Рис. 7. Поле векторов скорости и границы зон возвратного течения. $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,975$, $\alpha = 10^0$

Закрутка потока на входе приводит также к изменению структуры потока. При отношении давлений $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,990$, зона возвратного течения у оси увеличивается на длину выемки. При отношениях давлений $P_{\text{вых}}/P_0 = 0,980$ и $0,975$ зона отрыва на оси канала уменьшается, а внутри выемки увеличивается с уменьшением $P_{\text{вых}}/P_0$. Кроме того, во всех случаях, на оси канала на входе имеется сильное возвратное течение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годунов С. К. и др. Разностная схема для двумерных нестационарных задач газовой динамики и расчет обтекания с отошедшей ударной волной. — ЖВМ и МФ, 1961, т. 1, № 3, с. 1020–1050.
2. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973.
3. Дорфман Л. А. Численные методы в газодинамике турбомашин. Л.: Энергия, 1974.
4. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки. М.: Мир, 1987, 588 с.
5. Высотина В. Г. Течение воздуха в осесимметричных каналах переменного сечения с выемками и кавернами. — Математическое моделирование, 2001, т. 13, № 10, с. 103–119.
6. Высотина В. Г. Численное исследование влияния отношения давлений на осесимметричный распад вихря в трубе методом Годунова. — Обозрение прикл. и промышл. матем., 2012, т. 19, в. 2, с. 242–244.