

SECTION 7. Mechanics and machine construction.



Denis Alexandrovich Chemezov
Master of Engineering and Technology,
Lecturer of Vladimir Chemical-
Mechanical College, Russia
chemezov-da@yandex.ru



Anzhelika Vladimirovna Bayakina
Lecturer of Vladimir
Industrial College, Russia
bajakina.anzhelika@yandex.ru

SIMULATION MODELING OF WATER FLOW IN THE VENTURI NOZZLE

Abstract: The article presents the results of simulation modeling: interactive plot and dependences of change of velocities of water flow in the Venturi nozzle.

Key words: water, the Venturi nozzle, mean velocity, cross section.

УДК 66.011

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ В СОПЛЕ ВЕНТУРИ

Аннотация: В статье представлены результаты имитационного моделирования: интерактивная эюра и зависимости изменения скоростей течения воды в сопле Вентури.

Ключевые слова: вода, сопло Вентури, средняя скорость, сечение.

Сопло Вентури, наряду с нормальными соплами и диафрагмами, применяется для измерения переменного расхода жидкостей, газа и пара в трубопроводах [1, с. 115]. По сравнению с другими сужающими устройствами, сопло Вентури имеет ряд преимуществ: малые потери давления (5...20% на выходе); высокая точность измерений и устойчивость к износу. Однако, громоздкая конструкция и установка устройства в трубопроводе с внутренним диаметром (D) не менее 65 мм ограничивают широкое применение сопел Вентури на производстве [2, 8]. Конструктивно сопло Вентури представляет собой устройство, имеющее три профильных участка: сужающая радиусная входная часть длиной $0.304d$ мм (d – внутренний диаметр цилиндрической средней части сопла, определяется из соотношения $d = D/1.8$); цилиндрическая средняя часть длиной $0.5...0.7d$ мм; диффузор (выходной конус с углом раскрытия $\psi = 5...30^\circ$) длиной не менее $3d$ мм [3].

Известно, что изменение статического давления P на различных участках сопла Вентури имеет следующий характер: резкое падение от номинального значения на длине сужающей радиусной входной части; постоянное на длине цилиндрической средней части; постепенное возрастание до установившегося значения, которое будет меньше номинального (потери энергии потока на преодоление сил трения) на длине диффузора [4].

Целью исследования являлось определение характера течения воды и последующий расчет средних скоростей в различных участках сопла Вентури, для оценки потери давления на выходе диффузора.

Исследование выполнялось в программной среде SolidWorks [5]. Для этого была построена трехмерная твердотельная модель сопла Вентури (рис.1).

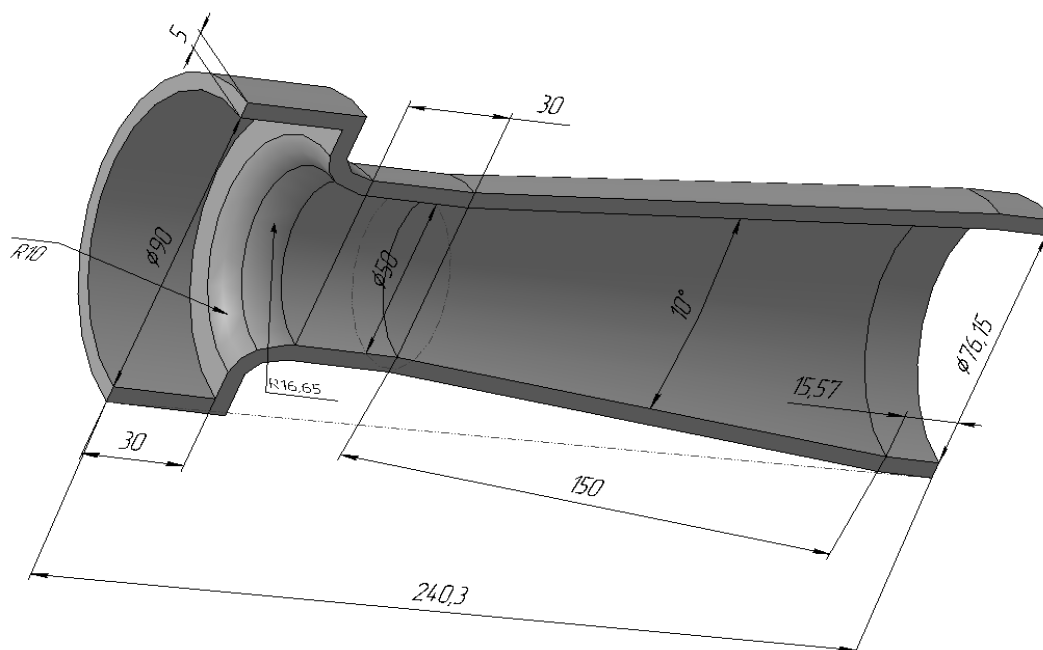


Рисунок 1 – Твёрдотельная модель сопла Вентури.

Для решения задачи гидродинамики в модуле FloXpress были приняты следующие граничные условия: наименьший проточный канал $d = 50$ мм; жидкость – вода при температуре 22°C ; давление в впускном отверстии $P_1 = 200$ кПа; давление в выпускном отверстии $P_2 = 180$ кПа [6]. В качестве материала модели сопла Вентури принята нержавеющая сталь марки 12X18H10T [7]. Результаты имитационного моделирования процесса течения воды через сопло Вентури представлены в виде эпюры результирующих скоростей (рис. 2).

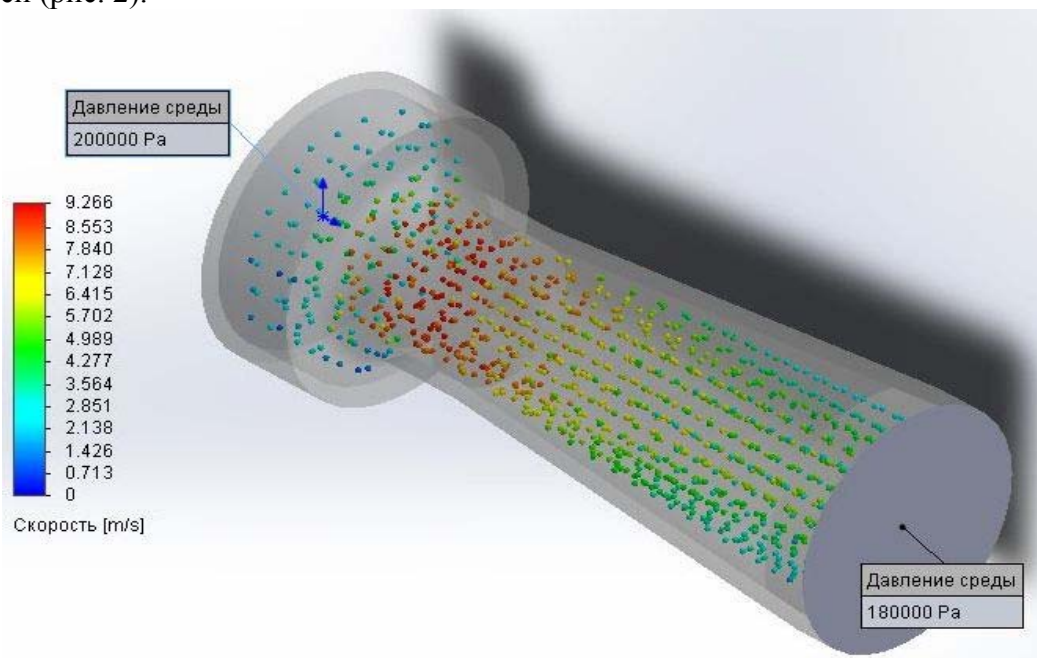


Рисунок 2 – Эпюра скоростей течения воды, действующих на различных участках сопла Вентури.

Слева от эпюры располагается шкала с гаммой цветов, напротив которой нанесены значения скорости течения (v) воды на всей длине сопла Вентури. Отмечено, что $v_{max} =$

9,266 м/с (максимальная скорость течения) воды наблюдается в наименьшем сечении d , а минимальная $v_{min} = 0,713$ м/с во впускном отверстии (сечение трубопровода).

Рассмотрим динамику течения воды в диффузоре сопла. Разобьем длину диффузора ($l_{диф.} = 150$ мм) на 16 равных частей (рис. 3) и найдем среднюю скорость течения воды на площадях сечений. Расстояние между одноименными площадями сечений составило 9,375 мм.

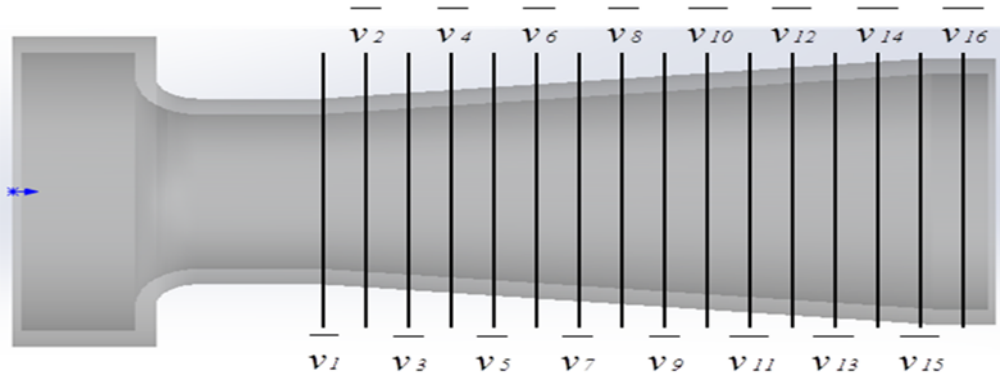


Рисунок 3 – Схема сечения длины диффузора для нахождения средних скоростей течения воды.

Средние скорости течения воды в рассматриваемых площадях сечений диффузора определяются по формуле (1)

$$\overline{v_{mean}} = \frac{v_1 m_1 + v_2 m_2 + v_3 m_3 + \dots + v_n m_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i m_i}{n}, \quad (1)$$

где $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ – скорости течения воды в сечениях диффузора (принимаются в диапазоне от 0,713 до 9,266 м/с); $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ – количество элементов разного цвета попавших в сечения диффузора (соответствуют скоростям течения воды), шт.; n – сумма всех элементов попавших в сечения диффузора, шт.

Результаты расчета средних скоростей течения воды в сечениях диффузора представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения средних скоростей течения воды на площадях сечения диффузора сопла Вентури

Обозначение средней скорости	Расчет параметра	Значение параметра, м/с
$\overline{v_1}$	$\frac{7,128 \cdot 5 + 7,840 \cdot 5}{10}$	7,484
$\overline{v_2}$	$\frac{7,128 \cdot 6 + 7,840 \cdot 1 + 4,989 \cdot 3}{10}$	6,557
$\overline{v_3}$	$\frac{7,128 \cdot 6 + 7,840 \cdot 2 + 4,989 \cdot 2}{10}$	6,842
$\overline{v_4}$	$\frac{7,128 \cdot 7 + 4,989 \cdot 3}{10}$	6,486
$\overline{v_5}$	$\frac{7,128 \cdot 5 + 4,989 \cdot 5}{10}$	6,058

\bar{v}_6	$\frac{6,415 \cdot 5 + 4,989 \cdot 5}{10}$	5,702
\bar{v}_7	$\frac{7,128 \cdot 5 + 7,840 \cdot 3 + 3,564 \cdot 2}{10}$	6,628
\bar{v}_8	$\frac{3,564 \cdot 3 + 4,989 \cdot 7}{10}$	4,561
\bar{v}_9	$\frac{3,564 \cdot 6 + 6,415 \cdot 2 + 4,989 \cdot 3}{11}$	4,471
\bar{v}_{10}	$\frac{6,415 \cdot 2 + 5,702 \cdot 2 + 3,564 \cdot 7}{11}$	4,419
\bar{v}_{11}	$\frac{2,851 \cdot 8 + 5,702 \cdot 3}{11}$	3,628
\bar{v}_{12}	$\frac{2,851 \cdot 8 + 4,277 \cdot 3}{11}$	3,239
\bar{v}_{13}	$\frac{2,851 \cdot 6 + 6,415 \cdot 2 + 4,989 \cdot 3}{11}$	3,822
\bar{v}_{14}	$\frac{2,851 \cdot 5 + 4,277 \cdot 6}{11}$	3,628
\bar{v}_{15}	$\frac{2,851 \cdot 6 + 4,989 \cdot 5}{11}$	3,822
\bar{v}_{16}	$\frac{2,851 \cdot 5 + 4,277 \cdot 6}{11}$	4,010

Детальное описание рассматриваемого процесса демонстрирует график зависимостей скорости течения воды от длины диффузора сопла Вентури (рис. 4).

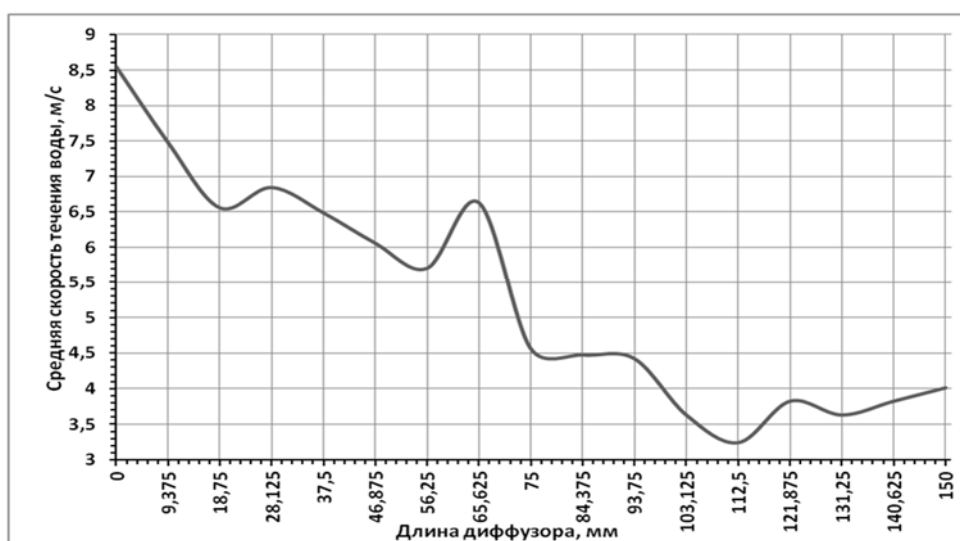


Рисунок 4 – Зависимость средней скорости течения воды от длины диффузора.

Зависимость характеризуется нелинейными функциями: возрастающими и убывающими средними скоростями течения воды на всей длине диффузора. Это выражается тем, что потоки жидкости, проходящие через выходную расширяющуюся часть сопла, имеют различные скорости течения, распределенные по всему сечению – скорость течения верхних потоков снижается быстрее, чем нижних (турбулентное течение). Перепад давлений до профильной входной части сужающего устройства и после конической выходной части диффузора будет пропорционально зависеть от неравномерности этих скоростей.

References:

1. Мелюшев Ю. К. Основы автоматизации химических производств / Ю. К. Мелюшев. – М.: «Химия», 1973. – 368 с.
2. Высокая точность сопел Вентури [Электронный ресурс] URL: <http://www.bioaquaculture.ru/rotacionnyj-schetchik-s-pryamymi-lopastyami-6.html> (дата доступа: 11.07.2014).
3. ГОСТ 8.586.3-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования.
4. Измерение параметров жидкостей и газов [Электронный ресурс] URL: <http://megapaskal.ru/newmen/768-normalnoe-soplo-venturi.html> (дата доступа: 11.07.2014).
5. Уроки по SolidWorks [Электронный ресурс] URL: <http://www.swlesson-mpl.ru/index.php?start=48> (дата доступа: 11.07.2014).
6. Задание условий впускного отверстия потока [Электронный ресурс] URL: http://help.solidworks.com/2014/Russian/SolidWorks/floxxpress/r_setting_flow_inlet_conditions.htm?id=58566e1558e144c0a4f9975d5ee95570#Pg0 (дата доступа: 11.07.2014).
7. Трубка Вентури [Электронный ресурс] URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Трубка_Вентури (дата доступа: 11.07.2014).
8. Сопла специального назначения [Электронный ресурс] URL: <http://www.mattech.cz/ru/dyzy/specialni-dyzy> (дата доступа: 11.07.2014).