

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ЗАКРУЧИВАНИЕМ ПОТОКА

А.В. Фоминых, О.А. Пономарева, А.А. Ездина

Изложены устройство и работа шлангового регулирующего устройства. При вращении регулирующего элемента из шланга образуются спиралевидные каналы, обеспечивающие закручивание потока проводимой среды. В такой трубе несущая способность и эффективность работы течения возрастает благодаря уменьшению трения и предотвращению осадкообразования.

Предложено регулирующее устройство с закручиванием потока проводимой среды, в котором образуются конфузор и диффузор за счет наклонных к оси регулирующего устройства четырех одинаковых каналов.

На основе уравнения Бернулли разработана методика расчёта регулирующего устройства, позволяющая определить его коэффициент сопротивления и потери давления. В открытом положении регулирующее устройство является полнопроходным и имеет минимальный коэффициент сопротивления.

Выявлено, что в конфузоре вихреобразование, отрыв потока от стенки с одновременным сжатием потока не возникают, поэтому потери давления в конфузоре обусловлены только потерями на трение по длине. Полную потерю давления в диффузоре рассматриваем как сумму потерь давления на трение и расширение (на вихреобразование).

Выполнено моделирование и исследование течения проводимой среды в программном обеспечении SolidWorks 2017. После регулирующего устройства проводимая среда движется по спиралевидным траекториям. Моделирование в программном комплексе SolidWorks 2017 подтверждает закручивание потока предлагаемым регулирующим устройством.

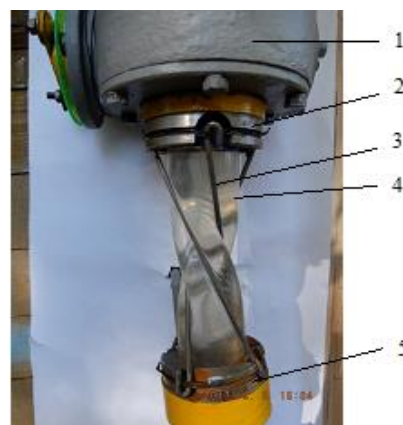
Ключевые слова. Регулирующее устройство, проводимая среда, шланг, закручивание потока, давление, расход, конфузор, диффузор, спиралевидная траектория, уравнение Бернулли

Основными по винтовому движению жидкости являются работы Виктора Шаубергера [1]. Труба с яйцевидным сечением первоначально закручена вокруг себя, а уже потом она в целом формирует спираль. В такой трубе несущая способность и эффективность работы течения возрастает благодаря уменьшению трения и предотвращению осадкообразования. Закрутка в водоводах значительно уменьшает потери напора. Не надо "бороться с турбулентностью", а совсем даже наоборот - нужно её добиваться, структурировать и использовать.

Нами получен патент на полезную модель «Регулирующее устройство» с закручиванием потока проводимой среды (ПС) [2-5]. Конфузор и диффузор зеркально симметричны относительно среднего сечения, рисунок 1.

Посредством привода 1 втулка 2 вращается вокруг оси регулирующего устройства (РУ), вместе с ней перемещаются концы стержней 4 и стержни пережимают шланг 4, из которого образуются спиралевидные каналы. При этом втулка 5 перемещается только

вдоль оси РУ. РУ имеет четыре стержня, поэтому образуются четыре одинаковых канала.

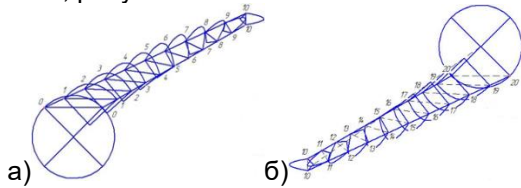


1- привод; 2- втулка поворотная; 3- шланг прозрачный; 4- стержни; 5- втулка, передвигающаяся только вдоль оси регулирующего устройства

Рисунок 1 – Регулирующее устройство с закручиванием потока проводимой среды, патент 166585

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ЗАКРУЧИВАНИЕМ ПОТОКА

Рассмотрим двадцать сечений одного канала, рисунок 2.



а – конфузор; б – диффузор

Рисунок 2 – Расчетная схема четвёртой части регулирующего устройства

Средняя скорость в j -ом сечении составит [6-15]:

$$V_j = Q / S_j, \quad (1)$$

Числа Рейнольдса определяются по формуле:

$$Re_j = 4 \cdot Q / (\pi \cdot \nu \cdot De_j), \quad (2)$$

где ν – кинематическая вязкость жидкости, м²/с;

De_j – эквивалентный диаметр в j -ом сечении, м.

Эквивалентный диаметр в j -ом сечении определим по формуле:

$$De_j = 2 \cdot \sqrt{S_j / \pi}. \quad (3)$$

Потери давления на трение на каждом участке конфузора и диффузора определим по формуле:

$$\Delta P_j = \frac{\lambda}{8 \cdot \sin(\alpha_j / 2)} \cdot [1 - 1 / (n_j)^2] \cdot \frac{(V_j)^2 \rho}{2}, \quad (4)$$

где ΔP – потери давление, Па;
 λ – коэффициент потерь на трение по длине;

ρ – плотность жидкости, кг/м³.

$$\alpha_j = \arctan \cdot \left(\frac{De_{j-1} - De_j}{2 \cdot L_y} \right), \quad (5)$$

где α_j – угол между образующей конфузора и его осью определяется через отношение разности радиусов соседних участков к расстоянию между ними, радиан;

L_y – расстояние между участками, м.

Отношение площадей для конфузора:

$$n_j = \frac{S_{p_{j-1}}}{S_{p_j}}, \quad (6)$$

Отношение площадей для диффузора:

$$n_{j-1} = \frac{S_{p_{j-1}}}{S_{p_j}}, \quad (7)$$

В конфузоре вихреобразование, отрыв

потока от стенки с одновременным сжатием потока не возникают, поэтому потери давления в конфузоре обусловлены только потерями на трение по длине [16-21]. Полную потерю давления в диффузоре рассматриваем как сумму потерь давления на трение и расширение (на вихреобразование):

$$\Delta P d_j = \Delta P_j + \Delta P_{r_j}, \quad (8)$$

Потерю давления на вихреобразование определим по формуле:

$$\Delta P_{r_j} = \sin(\alpha_j) \cdot (1 - 1/n_j)^2 \cdot \frac{(V_{k_{j-1}})^2}{2}, \quad (9)$$

Коэффициент сопротивления каждого участка, приведённый к скорости проводимой среды в j -ом сечении, определим по формулам:

на трение:

$$\zeta_{a_j} = \frac{\lambda}{8 \cdot \left(\frac{\alpha_j}{2}\right)} \cdot \left[1 - \frac{1}{(n_j)^2}\right], \quad (10)$$

на вихреобразование:

$$\zeta_{v_j} = \sin(\alpha_j) \cdot (1 - 1/n_j)^2, \quad (11)$$

Коэффициент сопротивления на каждом участке диффузора составит:

$$\zeta_{d_j} = \zeta_{a_j} + \zeta_{v_j}, \quad (12)$$

Коэффициент сопротивления каждого участка приведём к скорости ПС в нулевом сечении по формуле:

для конфузора:

$$\zeta_{l_j} = \zeta_{a_j} \cdot \frac{(S_{p0})^2}{(S_{p_j})^2}, \quad (13)$$

для диффузора:

$$\zeta_{2_j} = \zeta_{d_j} \cdot \frac{(S_{p0})^2}{(S_{p_{j-1}})^2}, \quad (14)$$

Коэффициент сопротивления конфузора:

$$\zeta_k = \sum \zeta_{l1}, \quad (15)$$

Коэффициент сопротивления диффузора:

$$\zeta_d = \sum \zeta_{22}, \quad (16)$$

Коэффициент сопротивления РУ, приведённый к скорости ПС в нулевом сечении определим по формуле:

$$\zeta_{ry} = \zeta_k + \zeta_d, \quad (17)$$

Скоростное давление определяется по формуле:

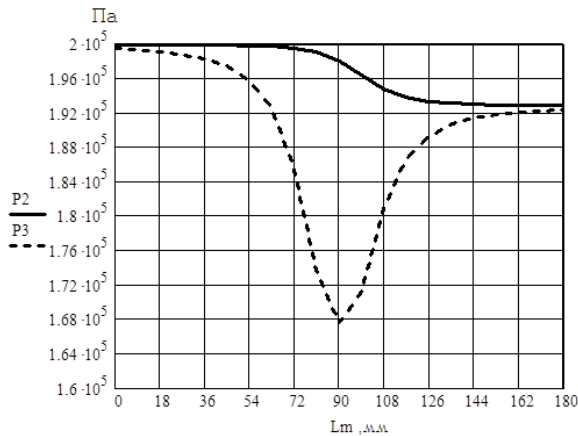
$$P_s = \frac{\rho \cdot V_k^2}{2}, \quad (18)$$

Полное и пьезометрическое давления в сечениях определим по формулам:

$$P_{2j+1} = P_{2j} - \Delta P_j, \quad (19)$$

$$P_{3j} = P_{2j} - P_{sj}, \quad (20)$$

Для примера принимаем расход ПС через РУ $Q=0,002$ м³/с, что соответствует скорости в трубке РУ диаметром 50 мм один м/с, рисунок 3.



— полное давление,
 - - - пьезометрическое давление

Рисунок 3 – Полное и пьезометрическое давления по длине регулирующего устройства

При контакте стержней коэффициент сопротивления конфузора, приведённый к скорости ПС в нулевом сечении составит 6,873, коэффициент сопротивления диффузора 7,58, суммарный коэффициент сопротивления всего РУ, приведённый к скорости ПС в нулевом сечении, составит 14,453. Суммарные потери на всех участках от нулевого до двадцатого сечений, РУ длиной 180 мм при контакте стержней, составляют 7100 Па. Скоростной напор в нулевом сечении 520 Па, в середине РУ, десятое сечение- 30610 Па.

В открытом положении РУ является полнопроходным и имеет минимальный коэффициент сопротивления.

Построение модели РУ в программном обеспечении SolidWorks 2017, рисунок 4. По длине стержней строим 5 плоскостей сече-

ний, отмечаем точки, равномерно удаленные друг от друга, количество точек одинаково на каждой плоскости. Через одну точку проводим линию до следующей точки в следующей плоскости, которая совершит поворот. Так соединяем соответствующие точки одной линией через все 5 плоскостей. По полученной сетке создаем непроницаемую поверхность.

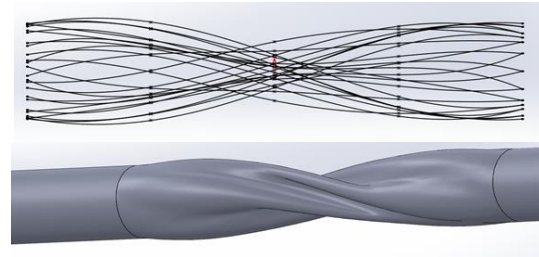


Рисунок 4 – Построение модели регулирующего устройства в программном обеспечении SolidWorks 2017

В трубопроводе до РУ ПС движется вдоль оси трубы, рисунок 5.

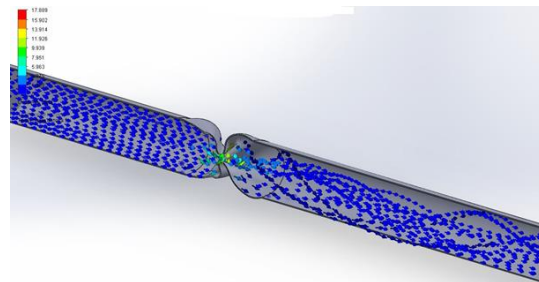


Рисунок 5 – Эпюра скоростей в регулирующем устройстве и прилегающих трубопроводах

После РУ ПС движется по спиралевидным траекториям. Моделирование в программном комплексе SolidWorks 2017 подтверждает закручивание потока предлагаемым регулирующим устройством.

При дальнейшей работе необходимо разработать более точную модель регулирующего устройства.

ВЫВОДЫ

В открытом положении регулирующее устройство является полнопроходным и имеет минимальный коэффициент сопротивления.

При контакте стержней коэффициент сопротивления всего регулирующего устройства, приведённый к скорости проводимой среды в нулевом сечении, составит 14,453.

Суммарные потери на всех участках от нулевого до двадцатого сечений, РУ длиной

180 мм при контакте стержней, составляют 7100 Па. Скоростной напор в нулевом сечении 520 Па, в середине РУ, десятое сечение-30610 Па.

Моделирование в программном комплексе SolidWorks 2017 подтверждает закручивание потока предлагаемым регулирующим устройством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виктор Шаубергер. Энергия воды. Переведена на русский в 2007 год.
2. Патент 166585, F16K 7/02. Регулирующее устройство/А.А. Ездина, А.В. Фоминых, И.Р. Чиняев, А.Л. Шанаурин.- №2016121381/06; заявлено 30.05.2016, опубликовано 10.12.2016
3. Ездина А. А., Пономарева О. А., Фоминых А. В./Регулирующее устройство с использованием скручивания потока проводимой среды. В сборнике: Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и сельских территорий, 2017. С. 393-396.
4. Чиняев И.Р., Фоминых А.В., Овчинников В.М. Определение гидравлических характеристик запорно-регулирующих задвижек // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург: Изд-во Уральской ГСХА, 2013. № 2 С. 23-26.
5. Чиняев И.Р., Фоминых А.В., Сухов С.А. Повышение надёжности и эффективности работы шиберной запорно-регулирующей задвижки [Текст] / А. В. Фоминых, Сухов С.А., И.Р. Чиняев // Экспозиция нефть газ. – 2013. – № 5. – С. 80 – 82.
6. Чиняев И.Р., Фоминых А.В., Овчинников В.М. Определение коэффициента сопротивления запорно-регулирующих задвижек // Материалы LIII международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» (под. Ред. докт. техн. наук, проф. Н.С. Сергеева. – Челябинск: ЧГАА, 2013.-ч.IV. 212 с. С. 218-226.
7. Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л., Фоминых А.В. Пример расчета прохождения среды через запорно-регулирующую задвижку //Зауральский научный вестник. Вып.2(2012). – Курган: Институт развития образования и социальных технологий, КГУ, 2012. – С. 20-21.
8. Фоминых А. В., Овчинников Д. Н., Чиняев И. Р. Определение гидравлических характеристик запорно-регулирующих задвижек/ Аграрный вестник Урала. – 2012, № 2 – С. 27 – 30.
9. Фоминых А. В. Кавитация в шиберных задвижках / И. Р. Чиняев, А. В. Фоминых, В. С. Ерощкин // Территория «Нефтегаз. – 2013. № 5. – С. 48-49.
10. Фоминых А. В. Определение гидравлических и кавитационных характеристик клеточного клапана /И.Р. Чиняев, Е.А. Пошивалов, Е.А. Ильных//Вестник Курганской ГСХА. - 2016. № 1 (17). С. 71–75.
11. Chinyaev I. R. The Method of Determining the Cavitation Characteristics of Valves /I. R. Chinyaev A.V. Fominykh, E.A. Pochivalov // Procedia

Engineering 150. - 2016. - С. 260–265.

12. Фоминых А. В. Регулирование расхода на водозаборе в системе первого подъёма воды [Текст] / А. В. Фоминых, И. Р. Чиняев, Е. А. Пошивалов, С. А. Сухов // Вестник ЧГАА, т.70, 2014., г. Челябинск, с.136–140.

13. Chinyaev I. R. Energy-Saving Shut-Off and Regulating Device /I. R. Chinyaev, A. V. Fominykh, S.A. Sykhov // Procedia Engineering 150. - 2016. - С. 277–282.

14. Чиняев И. Р., Фоминых А. В., Пошивалов Е. А., Сухов С.А. Определение пропускной характеристики задвижки шиберной запорно-регулирующей / Экспозиция нефть газ. – 2015. № 2. – С.38-40.

15. Chinyaev I. R. The valve is a shutoff for the passive protection systems of pipelines /I. R. Chinyaev, A. V. Fominykh, E. A. Ilinykh // Procedia Engineering 150. - 2016. С. 220–224.

16. Фоминых А. В. Опыт использования ГОСТ Р 55508-2013 при определении гидравлических и кавитационных характеристик запорно-регулирующего клапана клеточного / И .Р. Чиняев, Е.А. Пошивалов, Е. А. Ильных //Территория нефтегаз. - 2016. № 7-8. - С. 96– 100.

17. Фоминых А. В. Анализ методик экспериментального определения кавитационных характеристик трубопроводной арматуры /Е. А. Пошивалов, И. Р. Чиняев, А. Л. Шанаурин //Трубопроводная арматура. – 2016. № 4 – С. 42–45.

18. Фоминых А. В. Трубопроводная арматура как основа систем пассивной защиты /И. Р. Чиняев, А. Л. Шанаурин, Е. А. Ильных //Арматуростроение. – 2016. № 4 – С. 58–63.

19. Фоминых А.В. Гидравлические и кавитационные характеристики регулирующих клапанов в диапазоне давлений до 3,0 МПа/Л.В. Котельников, Е.А. Пошивалов, И.Р. Чиняев, А.Л. Шанаурин, А.В. Фоминых //Трубопроводная арматура. – 2017. № 2 – С. 54–55.

20. Пташкина-Гирина О. С., Современные технологии и устройство для очистки жиросодержащих и нефтесодержащих сточных вод [Текст] / О.С. Пташкина-Гирина, В. В. Старших, Е.А. Максимов // Вестник ЧГАА, т.64, 2013., г. Челябинск, с.62–65.

21. Сухов С. А., Чиняев И. Р., Фоминых А. В. Шиберное запорно-регулирующее устройство / Трубопроводная арматура. – 2017, № 5 – С. 36–39.

Фоминых Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева», e-mail: prof_fav@mail.ru

Пономарева Ольга Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО «Курганская государственная

А.В. ФОМИНЫХ, О.А. ПОНОМАРЕВА, А.А. ЕЗДИНА

сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева», e-mail: 18osen@rambler.ru

Ездина Анна Анатольевна, аспирант
кафедры эксплуатации и ремонта машин,

ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева», e-mail: angel_4.1@mail.ru