

Рецензия

на электронную лекцию «Течение жидкости в стальном трубчатом змеевике (распределение градиента давления)» для дополнительного изучения отдельных тем учебной дисциплины «Гидравлические и пневматические системы» преподавателя специальных дисциплин
Чемезова Д.А.

Электронная лекция «Течение жидкости в стальном трубчатом змеевике (распределение градиента давления)» для дополнительного изучения отдельных тем учебной дисциплины «Гидравлические и пневматические системы» предназначена для использования в среднем профессиональном образовании по специальности 151901 «Технология машиностроения». Лекция представляет собой материалы научно-исследовательского характера полностью соответствующие ФГОС по специальности.

Лекция содержит следующие разделы: введение, материалы и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение, библиографический список и вопросы для самостоятельного контроля изученного материала.

Каждый раздел лекции сопровождается понятной для студентов информацией, в которой описывается актуальность проводимого исследования, последовательность выполнения экспериментов, даются рекомендации по возможному использованию полученных результатов на практике.

Представленные лекции позволяют организовать индивидуальную и групповую научно-исследовательскую работу в различных условиях обучения: дифференцированного, интегрированного, самостоятельного и могут использоваться для подведения промежуточных тематических итогов.

Электронная лекция полностью адаптирована к производственному процессу.

Приведенные в лекции задачи могут быть практически выполнены с помощью компьютерных программ трехмерного моделирования и инженерного анализа КОМПАС 3D, SolidWorks, Ansys Workbench.

Электронные лекции рекомендованы для распространения и внедрения передового опыта на территории РФ по специальности 151901 «Технология машиностроения».

Рецензия

«16»



Д.А. Чувашов (Технический директор -
начальник Управления
ОАО «Валор-Автомобор»)

Согласовано

«16» февраля 2016г.
В. П. Чувашов



УТВЕРЖДАЮ

Директор ГБПОУ ВО «ВИК»

«16» февраля 2016г.



Электронные лекции для дополнительного изучения отдельных тем по учебной дисциплине «Гидравлические и пневматические системы»

Тема: «Течение жидкости в стальном трубчатом змеевике (распределение градиента давления)»


Для обучающихся специальности 151901 (Технология машиностроения)

Разработчик: Чемезов Д.А., преподаватель спец. дисциплин
ГБПОУ ВО «Владимирский индустриальный колледж»

Электронные лекции для дополнительного изучения дисциплины «Гидравлические и пневматические системы» представляют собой материалы научно-исследовательского характера отдельных тем курса. Материалы предназначены для самостоятельного изучения студентами.

РАССМОТРЕНО:

Председатель метод. комиссии

 Т.Н.Комарова

« 15 » февраля 20 16 г.

Лекция 1 (2 ч)

Течение жидкости в стальном трубчатом змеевике (распределение градиента давления)

План

1. Введение
2. Материалы и методы исследования
3. Результаты и их обсуждение
4. Заключение

Библиографический список

1. Змеевик (техника) [Электронный ресурс]

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%EC%E5%E5%E2%E8%EA_\(%F2%E5%F5%ED%E8%EA%E0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%EC%E5%E5%E2%E8%EA_(%F2%E5%F5%ED%E8%EA%E0))

1. Введение

Змеевик представляет собой длинную металлическую, керамическую или пластиковую изогнутой формы трубу. Змеевик применяется для максимального теплообмена между двумя средами, разделенными стенками трубы. Жидкость под давлением и с начальной скоростью течет по трубопроводу. Давление, действующее на внутреннюю поверхность трубы, будет изменяться на различных участках змеевика. На прямолинейных участках трубопровода поток жидкости характеризуется ламинарным течением: в нижних слоях – высокая скорость течения, в верхних – низкая скорость. На криволинейных участках трубопровода (круговых коленах) течение жидкости турбулентное: происходит перемешивание слоев, что приводит к хаотичному снижению и увеличению скорости течения жидкости, а, следовательно, и давления. Перепад давлений будет влиять на скорость циркуляции жидкости в трубопроводе, тем самым определяя эффективность конструктивной формы змеевика.

2. Материалы и методы исследования

Компьютерный расчет распределения давления в змеевике выполнялся в программном комплексе Ansys CFX. Объемная модель шестипетлевого трубчатого змеевика представлена на рис. 1.

Трехмерная твердотельная модель трубчатого змеевика подвергалась разбиению на 309372 элемента (357348 узлов). Для реализации компьютерного моделирования течения жидкости в шестипетлевом трубчатом змеевике, изготовленном из конструкционной стали, заданы следующие условия гидродинамической задачи: тип задачи – стационарное состояние; минимальное количество итераций – 1 (контроль сходимости), максимальное – 21; критерий схождения (тип) – RMS (метод максимальных остатков); рабочая жидкость – вода при температуре окружающей среды 25°C и давлении 1 атм.; молярная масса

воды – 18 г/моль; плотность воды – 1000 кг/м³; удельная теплоемкость воды – 4181,7 Дж/(кг × К); тепловая расширяемость воды – 2,57 × 10⁻⁴ К⁻¹; динамическая вязкость воды – 8,9 × 10⁻⁴ кг/(м × с); теплопроводность воды – 0,56 Вт/(м × К); начальная скорость течения воды – 1,5 м/с.

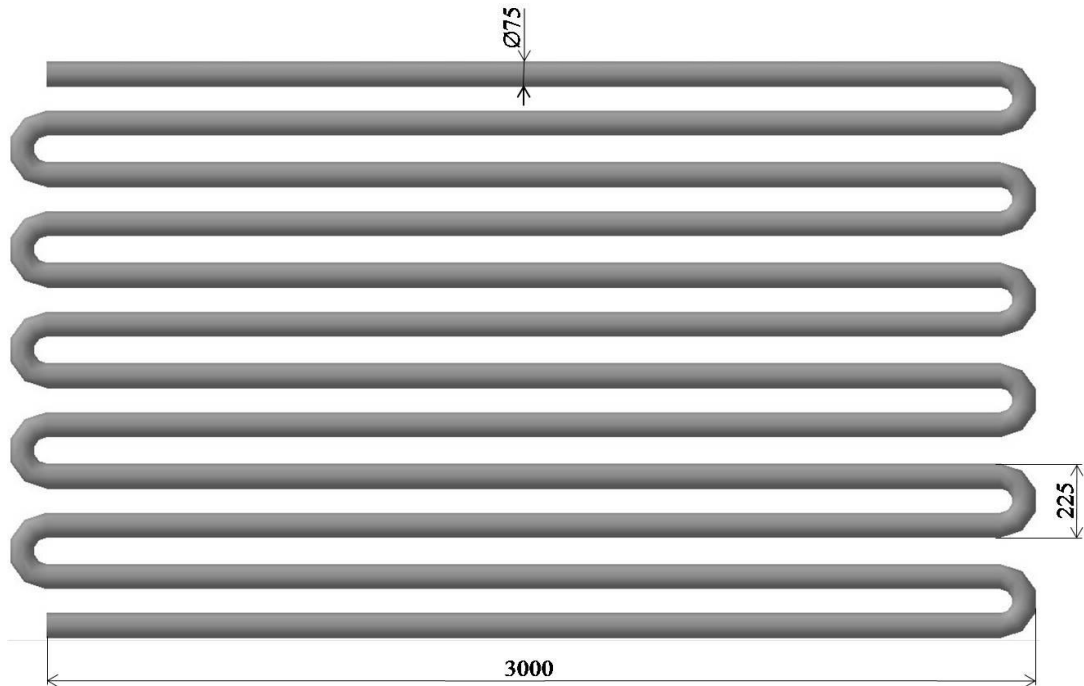


Рисунок 1 – Трехмерная модель шестипетлевого стального трубчатого змеевика и нанесенные на нее габаритные размеры (размеры даны в мм)

3. Результаты и их обсуждение

Ход решения задачи представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Решение уравнений потока момента импульса, массы, турбулентного течения и диссипации кинетической энергии воды

<i>Уравнение</i>	<i>Скорость</i>	<i>RMS</i>	<i>Max</i>	<i>Линейное решение</i>
Выходные данные итерации 1				
U-Mom	0,0	6,7 × 10 ⁻⁴	1,4 × 10 ⁻²	3,6 × 10 ⁻¹
V-Mom	0,0	2,3 × 10 ⁻⁵	1,1 × 10 ⁻³	5,6
W-Mom	0,0	1,9 × 10 ⁻⁵	5,7 × 10 ⁻⁴	4,7
P-Mass	0,0	2,5 × 10 ⁻⁴	1,0 × 10 ⁻²	(8,7) 2,9 × 10 ⁻²
K-TurbKE	0,0	1,0 × 10 ⁻²	5,8 × 10 ⁻¹	(5,6) 3,4 × 10 ⁻³
E-Diss.K	0,0	9,8 × 10 ⁻²	9,4 × 10 ⁻¹	(9,2) 3,2 × 10 ⁻³
Выходные данные итерации 2				
U-Mom	54,89	3,7 × 10 ⁻²	2,6 × 10 ⁻¹	8,5 × 10 ⁻³

V-Mom	99,99	$3,2 \times 10^{-3}$	$8,1 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$
W-Mom	39,20	$7,4 \times 10^{-4}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$6,9 \times 10^{-2}$
P-Mass	0,09	$2,2 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-3}$	(8,7) $9,7 \times 10^{-2}$
K-TurbKE	0,60	$6,2 \times 10^{-3}$	$5,1 \times 10^{-1}$	(5,7) $8,0 \times 10^{-3}$
E-Diss.K	0,22	$2,1 \times 10^{-2}$	1,1	(9,3) $4,0 \times 10^{-3}$
Выходные данные итерации 3				
U-Mom	0,24	$9,0 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-1}$	$2,7 \times 10^{-2}$
V-Mom	0,55	$1,7 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-2}$
W-Mom	0,96	$7,1 \times 10^{-4}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$6,3 \times 10^{-2}$
P-Mass	1,91	$4,1 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-3}$	(8,7) $9,7 \times 10^{-2}$
K-TurbKE	0,46	$2,8 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-2}$	(5,7) $4,4 \times 10^{-2}$
E-Diss.K	0,79	$1,7 \times 10^{-2}$	$9,6 \times 10^{-1}$	(9,3) $1,0 \times 10^{-2}$
.....				
Выходные данные итерации 9				
U-Mom	1,01	$5,9 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$6,3 \times 10^{-3}$
V-Mom	0,69	$2,0 \times 10^{-4}$	$7,0 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-2}$
W-Mom	0,89	$8,2 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-2}$
P-Mass	0,21	$2,4 \times 10^{-5}$	$7,8 \times 10^{-4}$	(43,2) $1,1 \times 10^{-1}$
K-TurbKE	1,35	$5,6 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-2}$	(5,7) $2,3 \times 10^{-2}$
E-Diss.K	1,10	$2,5 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-1}$	(9,3) $6,3 \times 10^{-3}$
Выходные данные итерации 10				
U-Mom	2,12	$1,2 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$
V-Mom	1,53	$3,1 \times 10^{-4}$	$6,6 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-2}$
W-Mom	0,93	$7,7 \times 10^{-5}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$7,2 \times 10^{-2}$
P-Mass	2,33	$5,6 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-3}$	(12,5) $9,8 \times 10^{-2}$
K-TurbKE	1,25	$7,0 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-2}$	(5,7) $1,5 \times 10^{-2}$

E-Diss.K	0,87	$2,2 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-1}$	(9,3) $4,8 \times 10^{-3}$
.....				
Выходные данные итерации 19				
U-Mom	0,84	$1,3 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$
V-Mom	0,89	$5,2 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$5,3 \times 10^{-2}$
W-Mom	0,90	$3,3 \times 10^{-5}$	$9,6 \times 10^{-4}$	$8,2 \times 10^{-2}$
P-Mass	0,95	$4,7 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-4}$	(20,2) $5,5 \times 10^{-1}$
K-TurbKE	0,88	$6,1 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-2}$	(5,7) $6,2 \times 10^{-3}$
E-Diss.K	0,82	$1,8 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-2}$	(9,3) $2,5 \times 10^{-3}$
Выходные данные итерации 20				
U-Mom	0,85	$1,1 \times 10^{-4}$	$7,6 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-2}$
V-Mom	0,88	$4,6 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-2}$
W-Mom	0,90	$3,0 \times 10^{-5}$	$8,5 \times 10^{-4}$	$9,0 \times 10^{-2}$
P-Mass	0,93	$4,4 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-4}$	(20,2) $5,6 \times 10^{-1}$
K-TurbKE	0,94	$5,7 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-2}$	(5,7) $4,7 \times 10^{-3}$
E-Diss.K	0,92	$1,6 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-2}$	(9,3) $2,0 \times 10^{-3}$
Выходные данные итерации 21				
U-Mom	0,87	$9,9 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-2}$
V-Mom	0,88	$4,0 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$6,8 \times 10^{-2}$
W-Mom	0,90	$2,7 \times 10^{-5}$	$7,5 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-1}$
P-Mass	0,94	$4,2 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-4}$	(20,2) $5,7 \times 10^{-1}$
K-TurbKE	0,95	$5,5 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-2}$	(5,7) $4,6 \times 10^{-3}$
E-Diss.K	0,96	$1,5 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-2}$	(9,3) $1,8 \times 10^{-3}$
Границы потока жидкости				
<i>Уравнение</i>	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>	<i>Дисбаланс</i>	<i>Дисбаланс, %</i>
U-Mom	$9,74 \times 10^{-2}$	$3,09 \times 10^{-3}$	$-4,43 \times 10^{-5}$	-0,04

V-Mom	$1,78 \times 10^{-10}$	$1,30 \times 10^{-5}$	$-3,56 \times 10^{-4}$	-0,35
W-Mom	$5,01 \times 10^{-10}$	$5,33 \times 10^{-7}$	$-1,06 \times 10^{-5}$	-0,01
P-Mass	$7,76 \times 10^{-3}$	$-4,14 \times 10^{-3}$	$3,62 \times 10^{-3}$	46,66

Результаты имитационного моделирования процесса течения жидкости в змеевике представлены в виде эпюры распределения градиента давления на внутреннюю поверхность трубопровода (рис. 2). На рисунке обозначено: Inlet – входное отверстие трубопровода (направление начальной скорости течения жидкости); Outlet – выходное отверстие трубопровода (конечная скорость течения жидкости); А и В – выносные элементы, отображающие в более крупном масштабе подробности распределения градиента давления на круговых коленах змеевика (рис. 3).

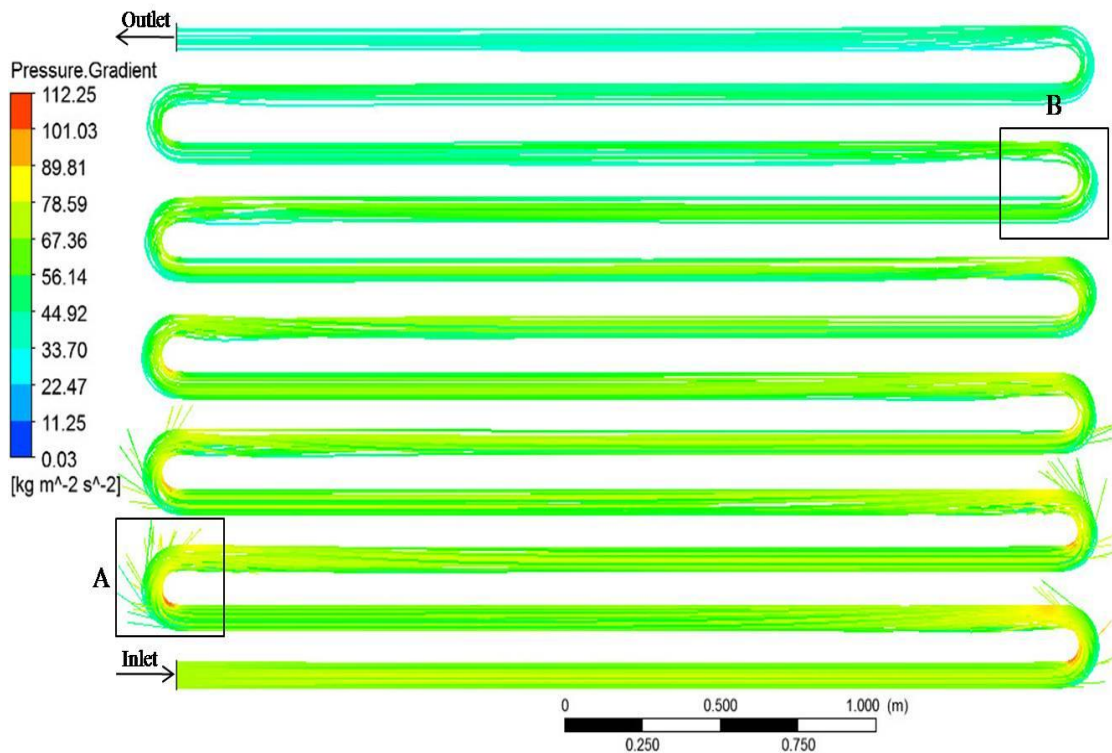


Рисунок 2 – Эпюра распределения градиента давления в шестипетлевом стальном трубчатом змеевике

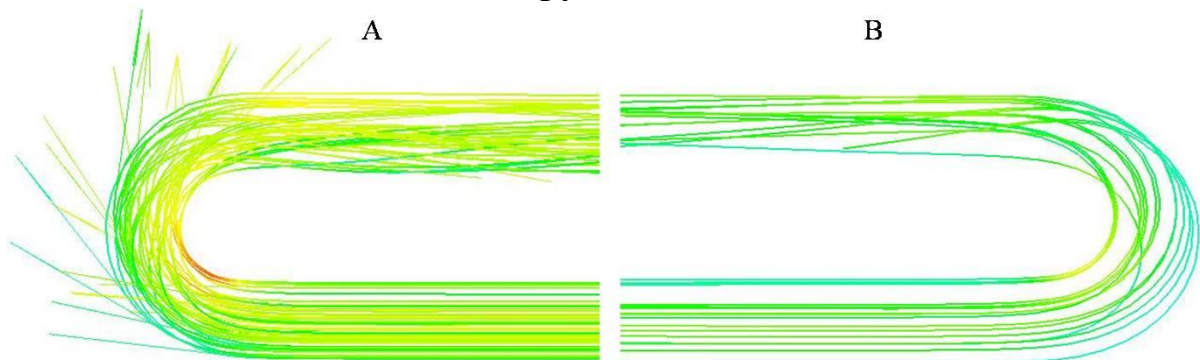


Рисунок 3 – Фрагменты (увеличение в 5 раз) круговых колен змеевика (см. рис. 2 – выносной элемент А и В)

Существенное изменение значений градиента давления (в соответствии с цветовой шкалой, расположенной слева от эпюры) наблюдается в круговых коленах трубопровода: минимальная величина на внешнем радиусе изгиба

(наибольший радиус) и максимальная величина на внутреннем радиусе изгиба (наименьший радиус). Турбулентное течение жидкости, возникающее от смешивания слоев в радиусных коленах, отмечено на длине 0 – 0,5 м прямолинейных участков трубопровода, а затем переходит в ламинарное. По мере перемещения жидкости по трубопроводу (снизу-вверх) давление будет уменьшаться.

4. Заключение

Если принять величину градиента давления на входе за 100 %, тогда значения градиента для каждой из шести петель трубчатого змеевика будут составлять: первая петля – 89,6 %; вторая петля – 83,2 %; третья петля – 77,6 %; четвертая петля – 72,8 %; пятая петля – 64 %; шестая петля – 56 %. Перепад давлений на входе и выходе трубопровода составляет 44 % от изначального значения, что соответствует снижению скорости течения воды на 0,7 – 0,8 м/с.

Вопросы для самоконтроля

1. Область использования змеевика?
2. Охарактеризуйте градиент давления при течении жидкости по змеевику?
3. Изменение скорости жидкости в круговых коленах змеевика?
4. Вычислите перепад давлений на входе и выходе змеевика?
5. Как изменится скорость течения жидкости при увеличении температуры воды на 5 °С?