

Doi: [10.15863/TAS](https://doi.org/10.15863/TAS)
**International Scientific Journal
Theoretical & Applied Science**

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2014 Issue: 12 Volume: 20

Published: 30.12.2014 <http://www.T-Science.org>

SECTION 7. Mechanics and machine construction.

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

Svetlana Ivanovna Tyurina
Lecturer of Vladimir Industrial College, Russia
swetl.tyurina2015@yandex.ru

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

Vladimir Vladimirovich Goremykin
Student of Vladimir Industrial College, Russia
vladimir_goremykin@mail.ru

FLUID TRANSIENTS FLOW IN PIPING ELBOW

Abstract: The article describes the process of transition from laminar to turbulent flow of water in the elbows of the different pipeline configurations. Based on a critical analysis of computer simulation results, the optimal overall dimensions of the elbow of the pipeline in which there is the least turbulent flow have been defined.

Key words: piping elbow, the rate of fluid flow, bending radius, laminar and turbulent fluid flows.

Language: Russian

Citation: Chemezov DA, Tyurina SI, Bayakina AV, Goremykin VV (2014) FLUID TRANSIENTS FLOW IN PIPING ELBOW. ISJ Theoretical & Applied Science 12 (20): 4-8. doi: <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2014.12.20.2>

УДК 621.64

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В КОЛЕНЕ ТРУБОПРОВОДА

Аннотация: В статье дано описание процесса перехода ламинарного течения воды в турбулентное в коленах трубопровода различных конфигураций. На основании критического анализа результатов компьютерного моделирования, определены оптимальные габаритные размеры колена трубопровода, при которых наблюдается наименьший турбулентный поток.

Ключевые слова: колено трубопровода, скорость течения жидкости, радиус изгиба, ламинарное и турбулентное течения жидкости.

Перемещение на расстояния жидкостей различного назначения под давлением, осуществляется по трубопроводам. Основными показателями эффективного использования трубопроводов является поддержание постоянного или увеличение расхода (а соответственно и давления) жидкости. Переменные внутренние диаметры и изменение направления продольной оси (изгиб) трубопровода, трение жидкости о стенку трубы, увеличение температуры и др. приводят к изменению характера течения потоков жидкости – от ламинарного в турбулентное, тем самым снижаются средние скорости течения жидкости и в результате уменьшается расход [1].

Ламинарное течение наблюдается при небольших скоростях жидкости, при этом слои жидкости не перемешиваются между собой. С

увеличением скорости течения жидкости (например, течение жидкости в конфузоре, диффузоре [2] или изогнутом колена трубопровода) характер течения жидкости изменяется на турбулентный – возникают вихревые потоки, способствующие перемешиванию жидкости [3]. Хаотичное направление течения жидкости турбулентного потока в этот момент будет наблюдаться по всей площади сечения трубы, тем самым снижается средняя скорость жидкости в продольном направлении. По мере удаления от места турбулентного потока, течение жидкости будет переходить в ламинарное.

Цель исследования – определение характера течения жидкости в прямолинейных и изогнутых частях трубопровода и выбор оптимальной

конфигурации колена с учетом наименьшей потери давления на выходе.

Исследование выполнялось в программе Ansys CFX [4]. Моделировалось течение воды с начальной скоростью 3 м/с в коленах трубопроводов без радиуса и с радиусами изгиба

$R_{изг.} = 32,5$ мм, $R_{изг.} = 42,5$ мм и $R_{изг.} = 57,5$ мм в условии устойчивого состояния системы (без возмущений). Материал модели колена – конструкционная сталь. Габаритные размеры твердотельных моделей колен трубопроводов представлены на рис. 1.

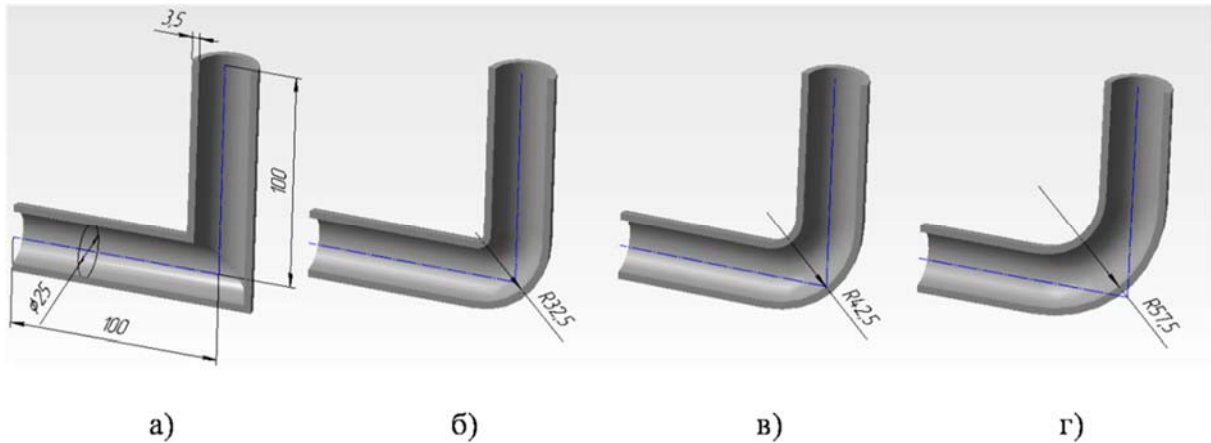


Рисунок 1 – Твердотельные 3D модели колен трубопровода: а – без закругления; б – с $R_{изг.}$ (радиус изгиба) = 32,5 мм; в – с $R_{изг.} = 42,5$ мм; г – с $R_{изг.} = 57,5$ мм

По условию поставленной задачи, вода без примесей, под давлением 1 атм. непрерывно поступает во входное отверстие трубы и истекает из выходного отверстия в дозвуковом режиме [5]. Температура воды составила 25°C. Остальные свойства воды, принятые для моделирования, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства воды

Параметр	Значение
Молярная масса	18,02 кг/кмоль
Удельная теплоемкость	4181,7 Дж/(кг × К)
Теплопроводность	0,6069 Вт/(м × К)

Тепловая расширяемость	$2,57 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
Показатель преломления	1 м/м
Показатель поглощения	1 м
Динамическая вязкость	$8,9 \times 10^{-4} \text{ кг}/(\text{м} \times \text{с})$

Процесс происходил при изотермическом теплообмене.

Моделирование турбулентных потоков жидкости производилось по модели k-Epsilon при средней интенсивности [6].

Результаты моделирования представлены в виде эпюр направления и величин скоростей течения воды в коленах трубопровода (рис.2–5).

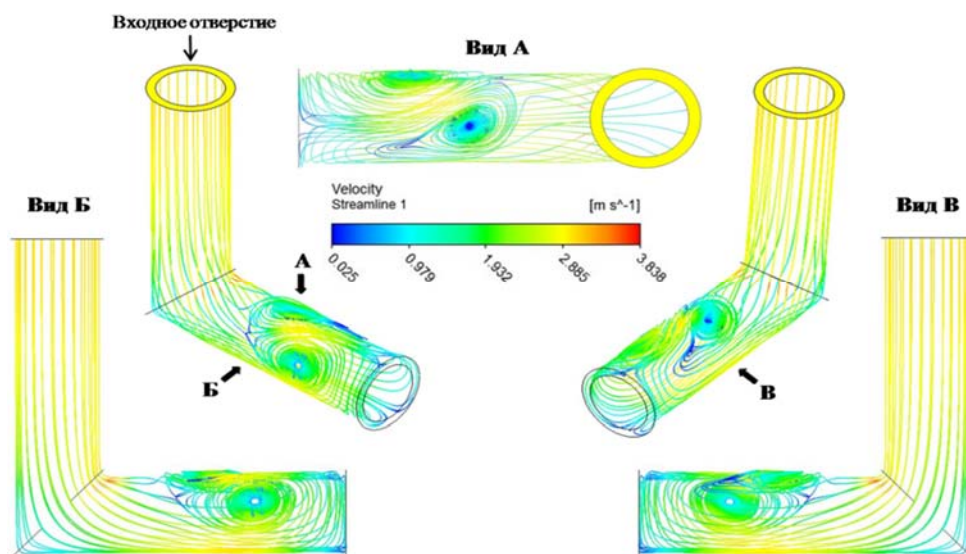


Рисунок 2 – Эпюра скоростей течения воды в коленах трубопровода без радиуса изгиба.

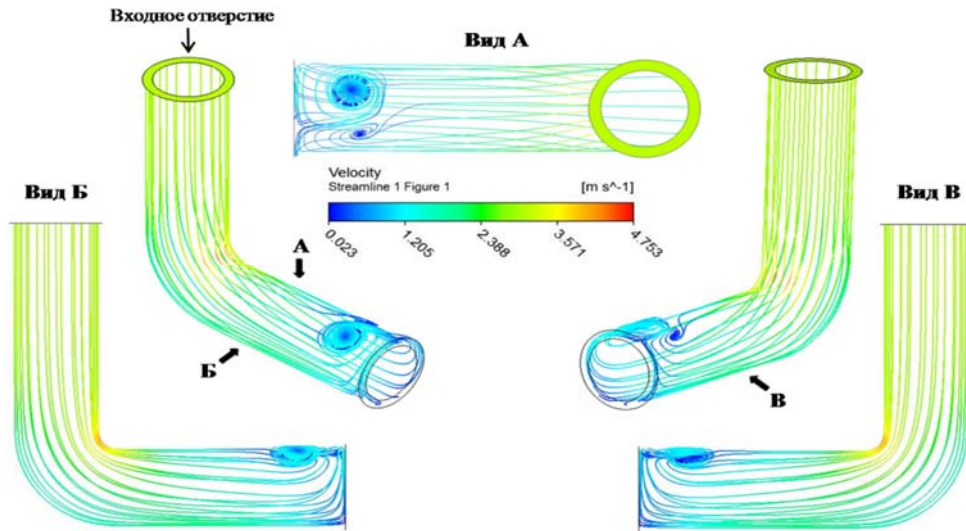


Рисунок 3 – Эпюра скоростей течения воды в колене трубопровода с $R_{изг.} = 32,5$ мм.

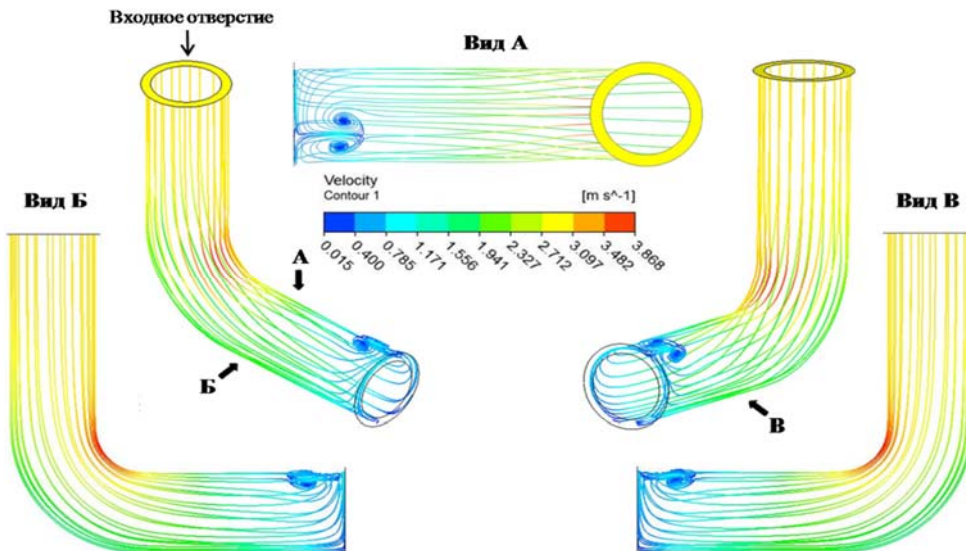


Рисунок 4 – Эпюра скоростей течения воды в колене трубопровода с $R_{изг.} = 42,5$ мм.

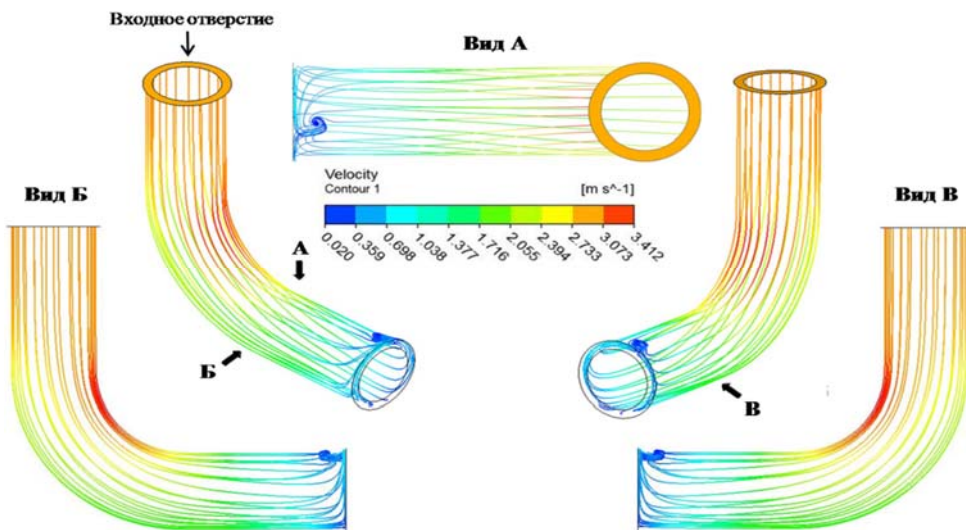


Рисунок 5 – Эпюра скоростей течения воды в колене трубопровода с $R_{изг.} = 57,5$ мм

Для колена без радиуса изгиба, характер течения жидкости будет переменным на разных участках трубопровода. Вода поступает в вертикальный прямолинейный участок колена с начальной скоростью. Течение жидкости – ламинарное. В месте соединения вертикальной и горизонтальной трубы, поток воды меняет свое направление и скорость. Происходит плавный поворот струи по радиусу и уменьшение скорости течения жидкости до 1,2 м/с у наружного угла изгиба трубопровода. У внутреннего угла, резкий поворот струи с увеличением скорости течения жидкости до 3,72 м/с. На входе в горизонтальную трубу, потоки воды с разными скоростями смешиваются друг с другом, и на длине примерно 75 – 80 мм начинают закручиваться, поднимаясь вверх. Происходит переход ламинарного течения жидкости в турбулентное. В момент образования вихреобразных областей и при приближении к центру турбулентного потока отмечается изменение скорости течения жидкости с 2,9 до 0,1 м/с.

Течение воды в колене трубопровода с радиусом изгиба, имеет более упорядоченный характер. Наблюдается плавное изменение направления течения жидкости у внешнего и внутреннего радиусах изгиба трубопровода. Разность скоростей течения воды на участке изгиба колена будет уменьшаться при увеличении радиуса (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение скоростей течения воды на $R_{изг.}$

$R_{изг.}$ колена, мм	Скорость течения воды у внутр. $R_{изг.}$, м/с	Скорость течения воды у наруж. $R_{изг.}$, м/с
32,5	4,5	1,2
42,5	3,87	2,0
57,5	3,4	2,4

В соответствии с эпюрами, можно отметить, что интенсивность и объем турбулентного течения воды будут наименьшими на выходе колена трубопровода с $R_{изг.} = 57,5$ мм.

Давление и скорость течения воды будут изменяться на участке трубопровода имеющего некоторый радиус изгиба. При этом градиент давления [7] компенсирует центробежную силу, которая будет направлена на внутренний угол радиуса изгиба трубопровода R_{bend} .

$$\frac{mv^2}{R_{bend}} = gradP, \quad (1)$$

где $m = \rho V$ – масса воды, кг; v – средняя скорость течения жидкости на изогнутом участке трубопровода, м/с; ρ (плотность воды) = 997 кг/м³; V – объем участка изгиба колена заполненный водой, м³; P – давление, Па.

Вследствие чего, на внутреннем угле изгиба колена давление становится меньше [8].

На основании полученных результатов имитационного моделирования течения воды в коленах трубопровода, можно сделать следующие выводы:

1) одним из факторов возникновения турбулентного потока, является изменение скоростей течения воды по всей площади сечения трубопровода на участке (радиуса) изгиба;

2) уменьшение значения перепада давлений в изогнутой части трубопровода обеспечивается увеличением величины радиуса изгиба (в данном случае $R_{изг.} = 57,5$ мм), что и должно предусматриваться при выборе оптимальной конфигурации колена, которая обеспечивает наибольшую производительность транспортирования жидкости.

References:

- (2014) Viazkost'. Laminarnye i turbulentnye rejimy techenia. Available: http://www.terver.ru/Vjzskost_Laminarnoe_turbulentnoe_techenie.php (Accessed: 12.12.2014).
- Chemzov DA, Bayakina AV (2014) Simulation modeling of water flow in the Venturi nozzle. ISJ Theoretical & Applied Science 07 (15): 25-29. doi: <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2014.07.15.4>
- (2014) Turbulentnoe dvizhenie jidkosti. Available: [http://hydraulic-drive.ru/lektsii-gidravlika/97-turbulentnoe-dvizhenie-zhidkosti.html](http://hydraulic-drive.ru/lektcii-gidravlika/97-turbulentnoe-dvizhenie-zhidkosti.html) (Accessed: 12.12.2014).
- (2014) Opisanie arhitektury i processa reshenia zadach posredstvom paketa ANSYS CFX. Available:

Impact Factor ISRA (India) = 1.344
Impact Factor ISI (Dubai, UAE) = 0.307
based on International Citation Report (ICR)

Impact Factor JIF = 1.500
Impact Factor GIF (Australia) = 0.356
Impact Factor SIS (USA) = 0.438

- http://supercomputer.susu.ac.ru/users/instructions/cfx_arch/ (Accessed: 12.12.2014).
5. (2014) Dozvukovoe techenie. Available: <http://www.aircraft.ru/aviation-encyclopedia/d/1205-dozvukovoe-techenie.html> (Accessed: 12.12.2014).
 6. (2014) Modeli turbulentnosti, dostupnye v programme ANSYS CFX. Available: http://cfhelper.ru/model/model_cfxmod.html (Accessed: 12.12.2014).
 7. (2014) Gradient davlenia. Available: <http://chem21.info/info/131128/> (Accessed: 12.12.2014).
 8. (2014) Uravnenie Bernulli dlya potoka real'noy zhidkosti. Available: http://hydraulic-drive.ru/osnovy-gidravliki/338-uravnenie-bernulli-dlja-potoka-realnoj-zhidkosti_3.html (Accessed: 12.12.2014.)

