

УДК 697.343

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ОТВОДОВ

Желтовский В.А., Ахметов Э.Р.

Тюменский индустриальный университет

E-mail: geltovskiy@yandex.ru

Проанализированы значения коэффициентов местного сопротивления для деталей трубопроводов - отводов, используемых наиболее часто, полученных с помощью справочных значений, а также компьютерного моделирования. Составлена сводная таблицы, показывающая различие между полученными результатами расчета КМС.

Проведен анализ разницы потерь давления, на условной модели системы трубопроводов, рассчитанную, при помощи всех полученных коэффициентов местного сопротивления.

Ключевые слова: детали трубопроводов, отводы, местные потери давления, коэффициент местного сопротивление, КМС, гидравлический расчет, математическое моделирование

DETERMINATION OF THE MOST REASONABLE METHOD OF CALCULATING THE COEFFICIENTS OF LOCAL RESISTANCE OF PIPELINE-TURNS

Zheltovkii V.A., Akhmetov E.R.

Analyzed the values of local resistance coefficients for parts of pipelines - turns, used the most often, which were obtained using reference values, as well as computer simulation. A summary table that shows the difference between the results of the calculation of local resistance coefficients.

The analysis of the difference in pressure losses, on a conditional model of the piping system, calculated using all the obtained coefficients of local resistance.

Keywords: details of pipelines, bends, local pressure losses, coefficient of local resistance, hydraulic calculation, mathematical modeling

В наше время все больше работ направлены на повышение энергоэффективности систем трубопроводов, необходимых для транспортировки различного рода жидкостей (воды, гликолевых растворов, масел и т.д), за счет режимов работы насосного оборудования, режима работы системы и оптимизации гидравлического режима, с помощью частотного преобразования электродвигателей оборудования [4,5,6,7]. Безусловно, данные меры помогают достичь более высоких показателей энергоэффективности, но тем не менее выбор рабочей точки насосного оборудования влияет на потребляемую электроэнергию и коэффициент полезного действия

системы. Для выбора рабочей точки, максимально подходящей для определенной системы трубопроводов необходим точный гидравлический расчет, являющийся очень важным этапом проектирования, так как он влияет на капитальные затраты, затраты при эксплуатации и эффективность системы. Сети трубопроводов включают в себя такие конструктивные элементы, как отводы, участвующие в гидравлическом расчете, в качестве местных сопротивлений. Данные элементы, в силу своих геометрических особенностей, оказывают влияние на характер потока жидкости в них, его кинематические, динамические свойства, учитывать которые необходимо, для обеспечения режима, предусмотренного проектом. Для расчета потерь давления на данных конструктивных элементах используются коэффициенты местных сопротивлений, рассматриваемые данной статьей в качестве предмета исследования. Современный метод расчета данных коэффициентов чаще всего подразумевает собой обращение к справочной литературе [1,2,3], однако данные, представленные в ней, различны. Это создает некую неопределенность, влияющую на конечный результат гидравлического расчета, поэтому сравнение КМС трубопроводов, приведенных в различных справочниках и рассчитанных различными методами, является собой актуальную задачу.

Целью данной работы является сравнение коэффициентов местных сопротивлений, полученных при помощи справочной литературы [1,2,3], со значениями, вычисленными с помощью современных методов проектирования, выяснить какие значения справочной литературы наиболее приближены к современным методам расчета КМС, произвести гидравлический расчет с использованием полученных значений коэффициентов местного сопротивления.

В качестве расчетной модели рассмотрены отводы, двух форм-факторов, наиболее часто используемые при проектировании трубопроводных сетей: ГОСТ 17375-2001 и ОСТ 36-42-81. Типоразмеры рассматриваемых отводов приняты: Ду15, Ду40, Ду80, Ду150.

Коэффициент местного сопротивления отводов вычисляется по формуле, предложенной Г.Н. Абрамовичем [1]:

$$\xi_m = \frac{\Delta p}{\rho w_0^2} = A_1 B_1 C_1 \quad (1)$$

Где: A_1 – коэффициент, учитывающий влияние угла β изогнутости отвода;

B_1 – коэффициент, учитывающий влияние относительного радиуса R_0/D_0 (R_0/b_0) закругления отвода;

C_1 - коэффициент, учитывающий влияние относительной вытянутости поперечного сечения отвода a_0/b_0 .

МЕХАНИКА

Величина A_1 находится по данным Б.Б. Некрасова:

- 1) при $\beta = 90^\circ$ $A_1 = 1,0$;
- 2) при $\beta < 70^\circ$ $A_1 = 0,9 \sin \beta$;
- 3) при $\beta > 100^\circ$ $A_1 = 0,7 + 0,5 \beta / 90^\circ$

Величину B_1 можно вычислить по приближенным формулам:

- 1) при R_0/D_0 (R_0/b_0) $< 1,0$

$$B_1 = \frac{0,21}{(R_0/D_0)^{0,25}}; \quad (2)$$

- 2) при R_0/D_0 (R_0/b_0) $> 1,0$

$$B_1 = \frac{0,21}{\sqrt{(R_0/D_0)}} \quad (3)$$

Величина C_1 определяется по экспериментальным данным (согласно [1] принимается равной 1.)

В источниках [2] и [3] были найдены коэффициенты, полученные эмпирическим методом.

Таблица 1 – Величина коэффициента местных сопротивлений отводов ГОСТ 17375-2001 по различным методикам.

Условный диаметр	Наименование отвода	Методика			
		Расчетное значение по уравнению Г.Н. Абрамовича [1]	Р.В. Щекин Справочное значение [3]	В.И. Манюк Справочное значение [2]	Результаты математического моделирования
Ду 15	21,3x2,0	0,3724	1,5	0,6	0,331555
Ду40	48,3x2,6	0,3941	0,3	0,6	0,340655
Ду80	88,9x3,2	0,3874	0,3	0,6	0,276988
Ду150	168,3x4,5	0,3801	0,3	0,6	0,244829

Результаты значений, полученных с помощью математического моделирования отличаются от результатов, полученных с помощью формулы (1) на 10,96% (для Ду15), на 13,56% (для Ду40) на 28,5% (для Ду80) на 34,02% (для Ду150).

Отличие результатов математического моделирования от значений справочника [3] составляет: 81,53% (для Ду15), 11,93% (для Ду40), 7,37% (для Ду80), 17,23% (для Ду150).

Таким образом можно увидеть, что значения КМС, полученные с помощью справочника [1] (формула (1)), наиболее близки к современным методам математического моделирования для отводов Ду15 и Ду40. Для справочника [3] наиболее близки Ду80 и Ду150.

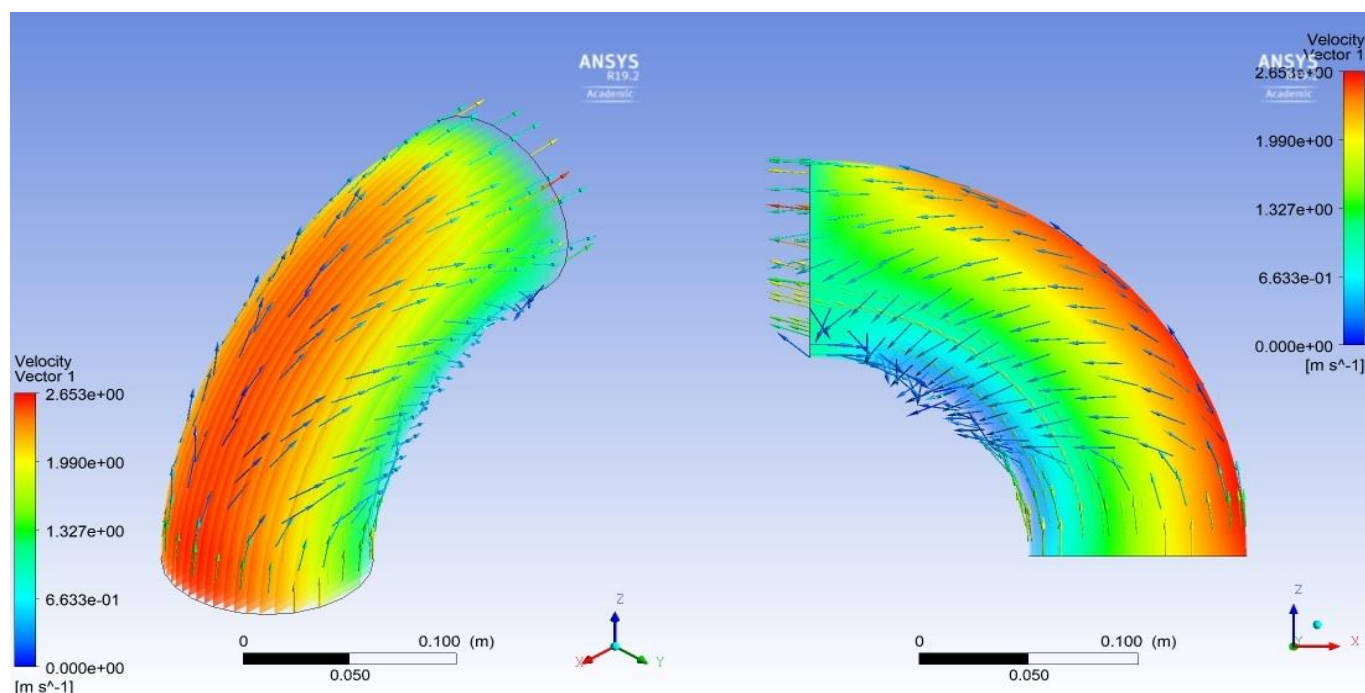


Рисунок 1. Поток среды в отводах ГОСТ 17375-2001.

В случае с отводами ОСТ 36-42-81 были получены иные результаты. (табл. 2).

Таблица 2 – Величина коэффициента местных сопротивлений отводов ОСТ 36-42-81 по различным методикам.

Условный диаметр	Наименование отвода	Методика			Результаты математического моделирования
		Расчетное значение по уравнению Г.Н. Абрамовича [1]	Р.В Щекин Справочное значение [3]	В.И Манюк Справочное значение [2]	
Ду 15	18x2	0,3055	1,5	0,65	0,43658
Ду40	45x2,5	0,3159	0,3	0,8	0,289981
Ду80	89x3,5	0,3178	0,3	0,8	0,154252
Ду150	159 x4,5	0,3108	0,3	0,71	0,126551

Анализируя значение табл. 2 можно увидеть, что значения КМС, полученных с помощью справочников [1] и [2] для Ду 40, Ду80 и Ду150 близки (максимальное расхождение 5,6%), однако все значения для вышеуказанных отводов превышают значения, наиболее близкими значениями располагает источник [3]. Для отводов Ду15 справочная литература [1] предлагает наиболее близкий коэффициент – отличный от математического моделирования на 30,02%.

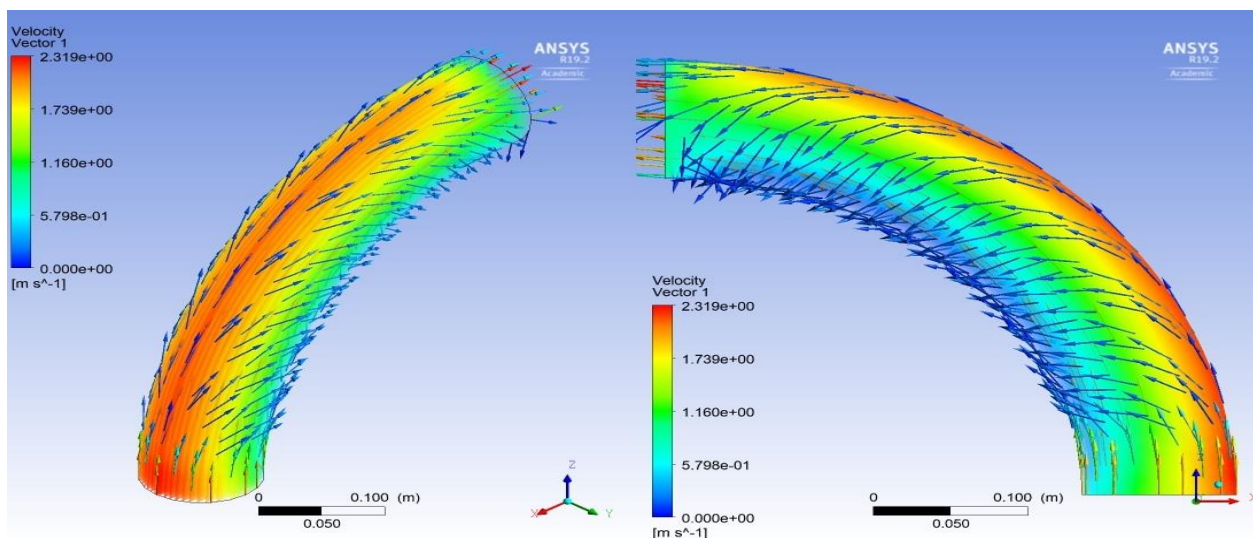


Рисунок 2. Поток среды в отводах ОСТ 36-42-81.

Результаты расчета коэффициента местного сопротивления были использованы в гидравлическом расчете котлового контура условной системы, представленной на рис.3.

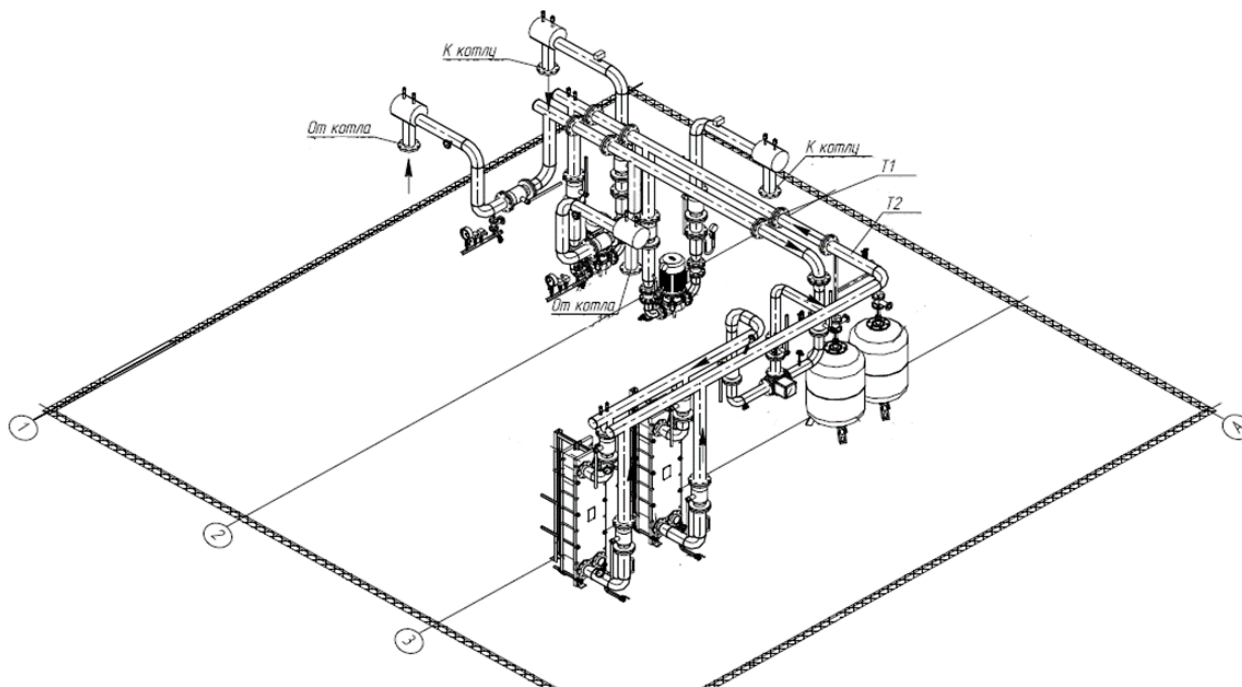
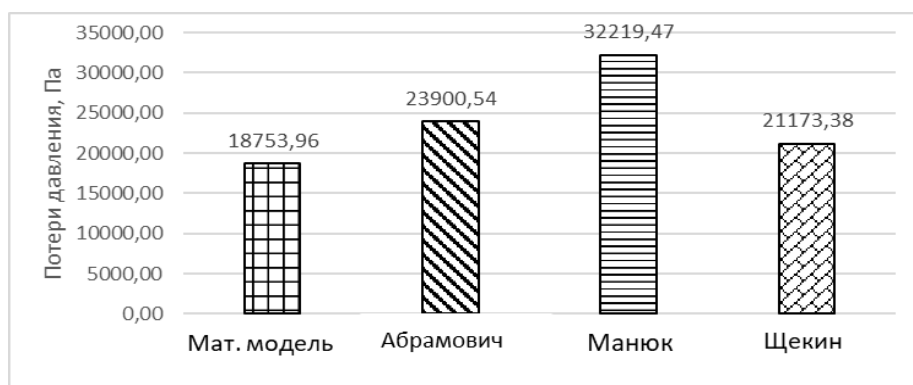


Рисунок 3. Условная модель системы котлового контура, для расчета гидравлических потерь.

Мощность системы, представленной на рис. 1, равна 4000 кВт. Расход теплофикационной воды – 137,56 м³/ч. Для транспортировки теплоносителя по системе были выбраны трубопроводы Ду150.

Так как в данной работе рассматриваются КМС отводов, потери давления на оборудование не учитываются. Используя КМС, из табл.1 производим расчет четырех значений потерь давления на всю систему. Полученные значения внесены в гистограмму 1 для наглядного сравнения.



Гистограмма 1. Сравнение потерь давления на модели системы котлового контура.

Потери давления в принятой модели трубопроводов равняются: для коэффициентов местного сопротивления, вычисленного с помощью математического моделирования – 18753,96 Па, по методике расчета, предложенной Г.Н. Абрамовичем [1] – 23900,54 Па. При использовании коэффициентов, предложенных В.И Манюком [2] и Р.В Щекиным [3] 32219,47 Па и 21173,38 Па соответственно (гистограмма 1). Анализируя полученные данные, можно увидеть, что разница в потерях давления при использовании для расчета КМС математического моделирования и коэффициента В.И Манюка 12,6 кПа, равняется 35%, данное различие приведет к неверно подобранной характеристике насосного оборудования, что повлечет за собой несоответствие режима, предусмотренного проектом. Математическое моделирование – современный метод расчета коэффициентов местного сопротивления, учитывающий все кинематические характеристики потока, поэтому при гидравлическом расчете целесообразнее использовать данный инструмент. При отсутствии возможности точного расчета с помощью математического моделирования, рекомендуется пользоваться справочной литературой [1.3], со значениями КМС, максимально близкими к значениям современного расчета.

Список литературы

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М.О.Штейнберга – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
2. Манюк В.И., Каплинский Я.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. – 3-е изд. / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский - М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.
3. Щекин Р.В., Березовский В.А., Потапов В.А. Расчет систем центрального отопления / Р.В. Щекин, В.А.Березовский, В.А.Потапов – Киев.: Вища Школа, 1975. – 216 с.
4. Артамонов, П.А. Повышение энергетической эффективности при пропорциональном изменении расхода в котловом контуре / П.А. Артамонов // Приволжский научный журнал. – 2017. - №3(43). С.35-41.

5. Артамонов, П.А. Способ повышения энергоэффективности котлового контура котельной / П.А. Артамонов, Е.В. Быстрова, А.А. Коровин, М.А. Ярославцева // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. - №5(64). С.159-168.

6. Artamonov, P.A. Increase of energy efficiency in proportional adjusting of flow rate in the boiler circuit / P.A. Artamonov, N.I. Kurilenko, G.Y. Mamontov // В сборнике: МАТЕС Web of Conferences Сер. "International Youth Scientific Conference "Heat and Mass Transfer in the Thermal Control System of Technical and Technological Energy Equipment" – 2017. – 01094.

7. Artamonov, P.A. Analytical evaluation of energy efficiency potential enhancement of heat-generating units by flow variation in the boiler circuit / P.A. Artamonov, N.I. Kurilenko, G.Y. Mamontov // В сборнике: МАТЕС Web of Conferences Сер. "International Youth Scientific Conference "Heat and Mass Transfer in the Thermal Control System of Technical and Technological Energy Equipment" – 2017. – 01004.
