

РАСЧЕТ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В КРУГОВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКАХ ДЛЯ СЛОЖНОЙ СХЕМЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ НЕСКОЛЬКО КОЛЕЦ

Ф.В. РЕКАЧ, канд. техн. наук, доцент
 Российский университет дружбы народов,
 117198, Москва, ГСП – 6, ул. Миклухо-Маклая, 6

В статье проводится расчет параметров неустановившегося движения жидкости для сложной схемы, содержащей несколько круговых колец. Автор статьи поставил задачу провести расчеты протяженной гидравлической схемы с наличием нескольких круговых колец, включенных в геометрию схемы с различными диаметрами трубопроводов, с заданными приблизительными расходами потребителей, со многими точками отвления трубопроводов. Тепловая схема города Нижнего Новгород принята в укрупненном виде.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стабилизатор давления, неустановившееся движение жидкости, трубопровод, насосная станция, тепловая схема.

На рис. 1 изображена схема городской сети, которая представляет собой две параллельно идущие ветви трубопровода (на рисунке – одна) прямой нагревающей от ТЭЦ и обратно. Гидравлическая система оснащена подающей насосной станцией и подстанцией подкачки, состоящими из нескольких насосных агрегатов каждая. Подающая насосная станция нагнетает нагретую жидкость в коллектор системы и работает в закольцованном режиме, то есть охлажденная вода поступает в ТЭЦ, нагревается и движется к насосной станции без каких – либо дополнительных резервуаров. В центре схемы расположена подстанция подкачки, поднимающая давление в обратной (охлажденной) ветви трубопровода. В качестве потребителей,

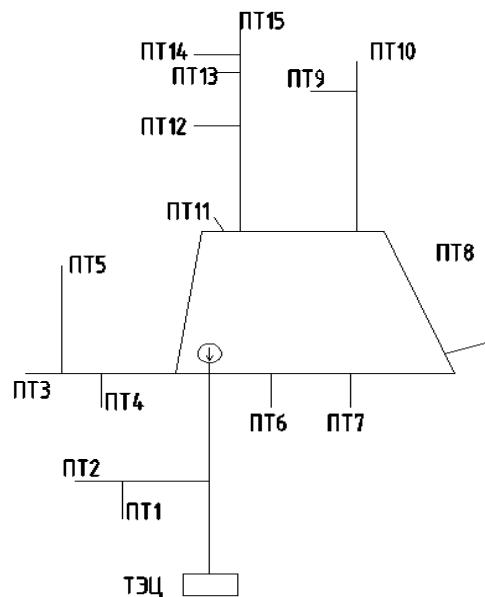


Рис. 1. Нижний Новгород. Схема теплосети

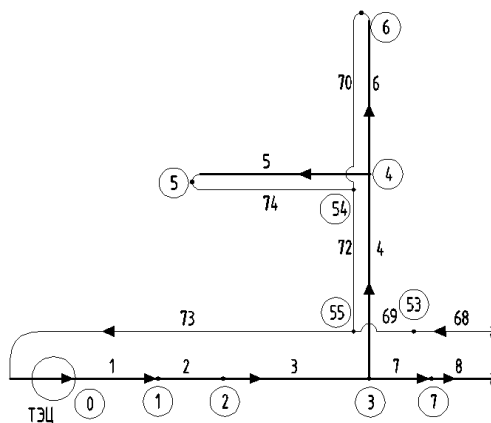


Рис. 2

обозначаемых ПТ1, ПТ2, ПТ3, ... выступают отдельные районы города, группы крупных административных или развлекательных учреждений, а также медицинские и парковые комплексы. На рис. 2 - 4 показаны укрупненные участки гидравлической схемы теплоснабжения города. В кружках указаны номера узлов системы, цифра без кружка означает номер элемента трубопровода, стрелками показано направление дви-

жения жидкости. На схеме 1 указаны геометрические и физические характеристики системы.

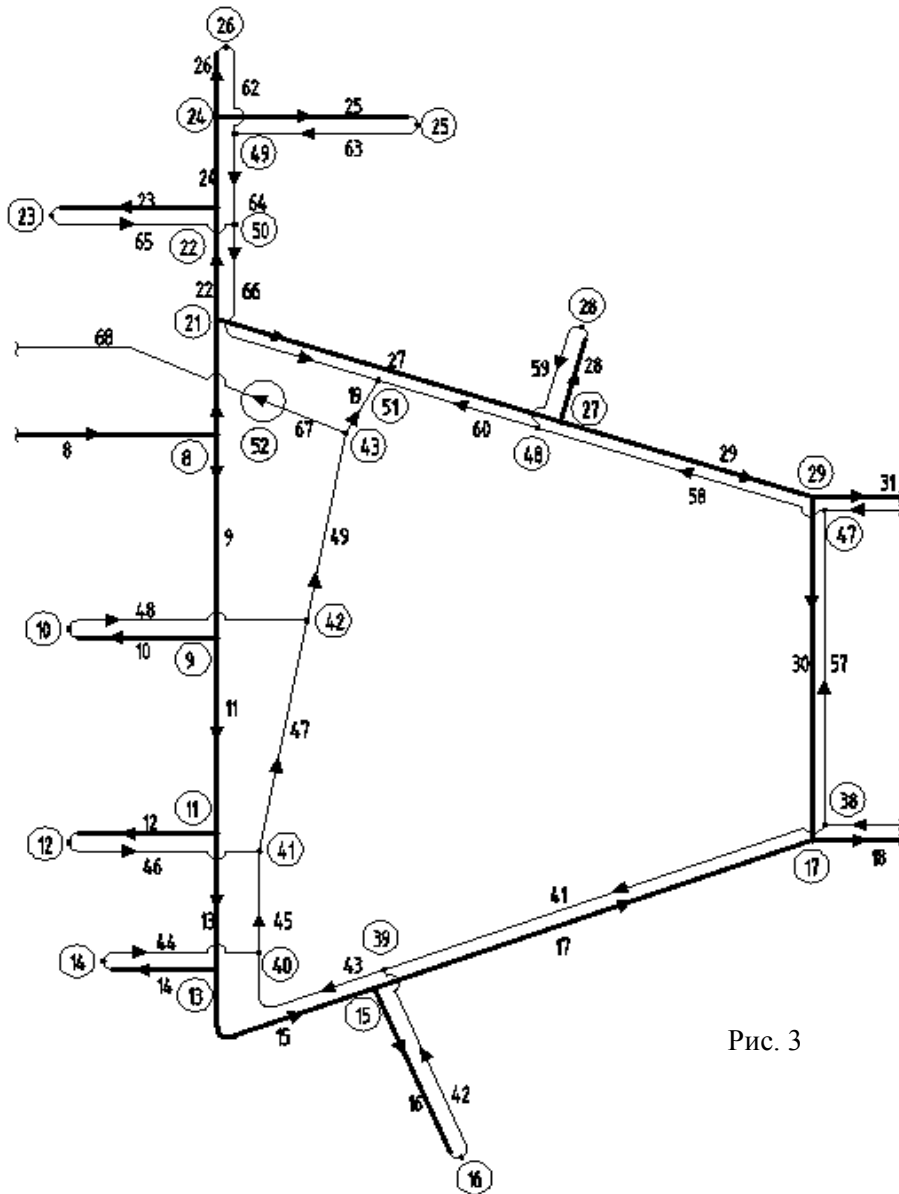


Рис. 3

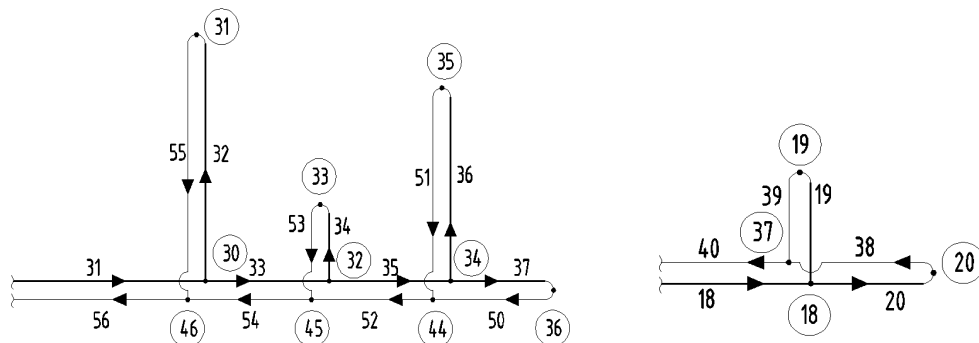


Рис. 4

Гидравлическая система разбита на 73 элемента, имеющего длину, диаметр трубы, гидравлическое сопротивление. Все элементы объединены в 56 узлов.

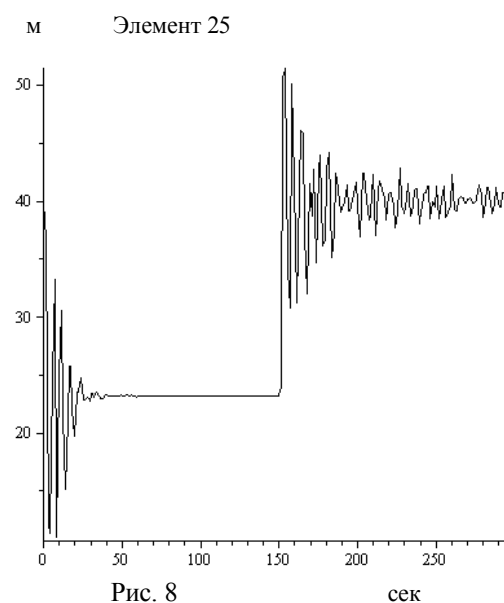
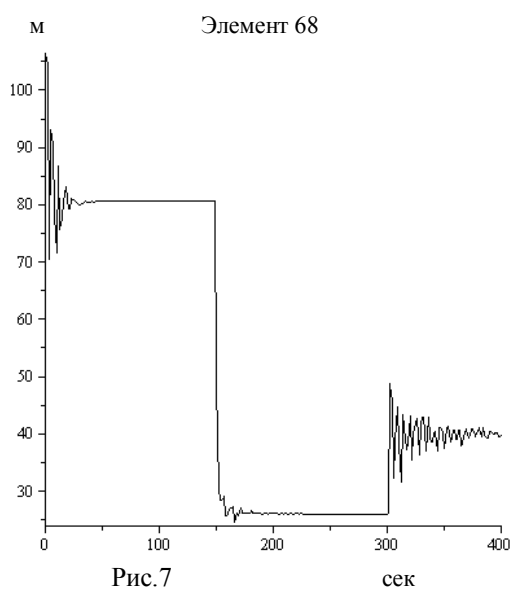
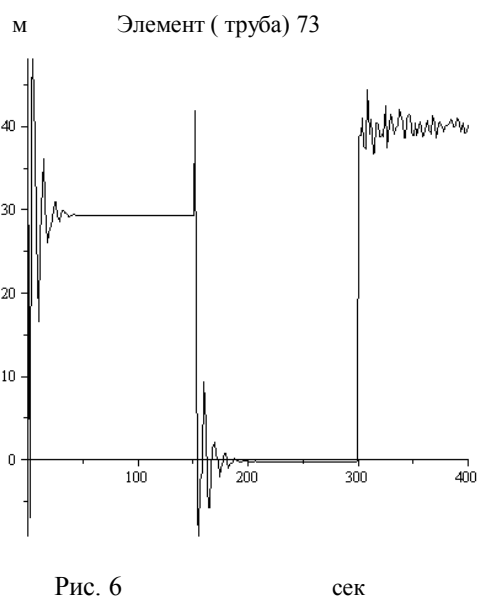
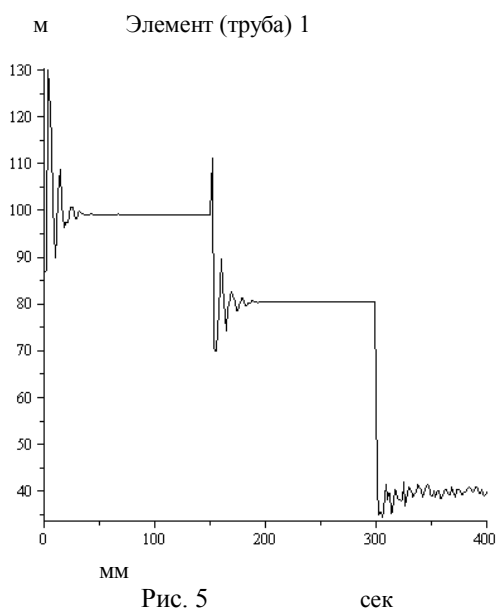
Минимальная длина (dX) принята во всех расчетах 10 метров, скорость распространения волн повышенного давления $c = 1000$ м/с, гидравлическое сопротивление труб в среднем принято 0.12.

Схема 1

№ эл-та	№ начала узла эл-та	№ конца узла эл-та	Длина эл-та, м	Диаметр труб, м	№ эл-та	№ начала узла эл-та	№ конца узла эл-та	Длина эл-та, м	Диаметр труб, м
1	0	1	112	0.7	37	34	36	145	0.2
2	1	2	291	0.7	38	20	37	82	0.4
3	2	3	828	0.7	39	19	37	192	0.2
4	3	4	319	0.3	40	37	38	400	0.4
5	4	5	591	0.3	41	38	39	422	0.4
6	4	6	250	0.3	42	16	39	556	0.4
7	3	7	1165	0.7	43	39	40	117	0.5
8	7	8	10	0.5	44	14	40	25	0.25
9	8	9	613	0.5	45	40	41	289	0.5
10	9	10	107	0.3	46	12	41	161	0.25
11	9	11	422	0.5	47	41	42	422	0.5
12	11	12	161	0.25	48	10	42	107	0.3
13	11	13	289	0.5	49	42	43	613	0.5
14	13	14	25	0.25	50	36	44	145	0.2
15	13	15	117	0.5	51	35	44	285	0.25
16	15	16	556	0.4	52	44	45	37	0.4
17	15	17	422	0.4	53	33	45	11	0.2
18	17	18	400	0.4	54	45	46	200	0.4
19	18	19	192	0.2	55	31	46	259	0.3
20	18	20	82	0.4	56	46	47	348	0.4
21	8	21	100	0.6	57	38	47	185	0.4
22	21	22	240	0.5	58	47	48	67	0.4
23	22	23	240	0.5	59	28	48	86	0.2
24	22	24	143	0.5	60	48	51	1100	0.4
25	24	25	651	0.3	61	51	43	10	0.6
26	24	26	485	0.5	62	26	49	485	0.5
27	21	27	1100	0.4	63	25	49	651	0.3
28	27	28	82	0.2	64	49	50	143	0.5
29	27	29	67	0.4	65	23	50	209	0.25
30	29	17	185	0.4	66	50	51	240	0.5
31	29	30	348	0.4	67	43	52	10	0.7
32	30	31	259	0.3	68	52	53	10	0.5
33	30	32	200	0.4	69	53	55	1165	0.7
34	32	33	11	0.2	70	6	54	250	0.3
35	32	34	37	0.4	71	5	54	591	0.3
36	34	35	285	0.25	72	54	55	319	0.3
					73	55	0	828	0.7

В техническом задании также указывались ориентировочные расходы воды к потребителям. В качестве рабочих характеристик основной (узел 0) и подкачивающей (узел 52) насосных станций приняты следующие напоры: $H_1 = 96$ м, $H_2 = 80$ м, $H_3 = 42$ м и соответствующие им расходы $Q_1 = 0,02$ м³/сек, $Q_2 = 0,56$ м³/сек, $Q_3 = 1$ м³/сек. Общая протяженность тепловой сети приблизительно составляет 20 км.

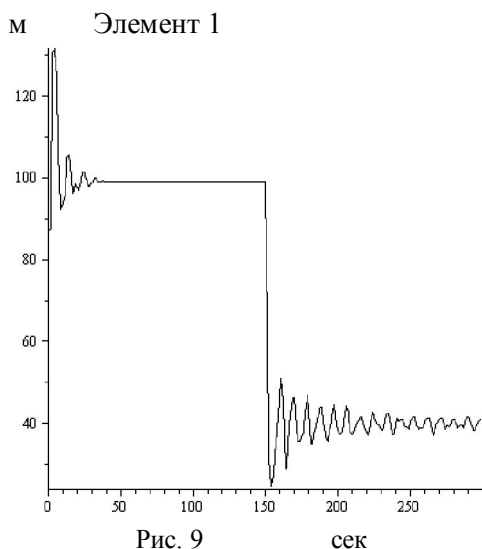
По просьбе заказчика численные эксперименты проводились при аварийном отключении одного или двух насосных станций в разных комбинациях и выявление наиболее «слабых» элементов с точки зрения повышения и перепадов давления (трубы уже значительно выработали свой ресурс). В статье приведены результаты расчетов: 1) при отключении одной насосной станции (рис. 5 - 7) в узле 0 в момент времени $t = 150$ сек, а затем при отключении второй насосной станции (узел 52) в момент времени $t = 300$ сек (рис. 5-7); 2) при одновременном отключении двух насосных станций в момент времени $t = 150$ сек (рис. 8, 9). Методика численного расчета описана в работе [3] и представляет собой метод характеристик, где за основные характеристики потока жидкости приняты расход Q [м³/сек и напор H [м].



Рассматриваются возможные аварийные ситуации, связанные с отключением электричества на основной нагнетательной станции, последовательном отключении двух станций, а также отключением двух станций вместе.

Основные выводы:

1) При отключении основной насосной станции (в узле 0 – рис. 5,6,7) наблюдается кратковременное незначительное повышение давления, особенно в элементах, близких к станции.



2) При основной станции в некоторых элементах давление может значительно повышаться (даже выше рабочего давления – например, элемент 25). Это особенно опасно в элементах, связанных с потребителями (элемент 25)

3) Как показали численные эксперименты, в элементах, состоящих во внутреннем кольце системы (например, 9, 11,15,17, 41, 43, 45, 47, 49 и т.д.) колебания давления, связанные с отключением насосных станций не так значительны, как в элементах вне кольца.

4) При отключении двух насосных станций возможно резкое повышение давления и возникновение протяженно-

го по времени колебательного процесса (рис.8), что может стать опасным для изношенных труб.

5) В некоторых случаях (например, рис.6) возможно понижение давления ниже атмосферного, что может привести к нарушению сплошности потока и необходимости проведения дополнительных расчетов, учитывающих этот фактор.

Л и т е р а т у р а

1. Чарный И.А. Неустойчивое движение реальной жидкости в трубах. 2 – изд. – М.: Недра, 1975. – 296 с.
2. Ганиев Р.Ф., Низамов Х.Н., Дербуков Е.И. Волновая стабилизация и предупреждение аварий в трубопроводах. – М.: Издательство МГТУ, 1996. – 260 с.
3. Young W.R. and Wolfe C.L. Generation of surface waves by shear-flow instability// J. Fluid Mechanics. – 2014. – Vol. 739. – P. 276 – 307.

Reference

1. Charnie, I.A. (1975). Unsteady motion of real liquid in tubes, Moscow: Nedra, 296 p.
2. Ganiev, RF, Nizamov, HN, Derbukov, EI. (1996). Wave Stabilization and Prevention of Accidents in Pipe-Lines, Moscow: Izd-vo MGTU, 260 p.
3. Young, W.R. and Wolfe, C.L. (2014) Generation of surface waves by shear-flow instability, J. Fluid Mechanic, Vol. 739, p. 276 – 307.

ANALYSIS OF UNSTEADY LIQUID MOTION IN CIRCULAR CYLINDRICAL SHELLS FOR COMPLEX SCHEME INCLUDING SEVERAL RINGS

F.V. Rekach

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

The analysis of parameters of the unsteady fluid motion for complex circuits containing several circular rings is given in a paper. The author has set the task to carry out the calculations of long hydraulic circuits with the presence of several circular rings included in the geometry of the outline with different diameters of the pipelines with the specified estimated consumer spending with many points of branching pipelines. Thermal circuit of Nizhny Novgorod city is adopted in the enlarged view.

KEYWORDS: stabilizer of pressure, unsteady fluid movement, pipe line, pumping plant, thermal circuit.