

РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ Г. НИЖНЕГО НОВГОРОДА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ф.В. Рекач, Е.К. Синиченко, А.М. Попов

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

Проведены численные расчеты существующей тепловой сети с точки зрения возникновения возможных аварийных ситуаций и выполнен анализ возможности функционирования сети в дальнейшем.

Ключевые слова: стабилизатор давления, гидроудар.

Целью данной статьи является проведение расчетов протяженной гидравлической схемы с наличием нескольких круговых колец, включенных в геометрию схемы с различными диаметрами трубопроводов, с заданными приблизительными расходами потребителей, со многими точками ответвления трубопроводов. Тепловая схема г. Нижнего Новгорода принята в укрупненном виде.

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, обозначаемых ПТ1, ПТ2, ПТ3 ..., выступают отдельные районы города, группы крупных административных или развлекательных учреждений, а также медицинские и парковые комплексы.

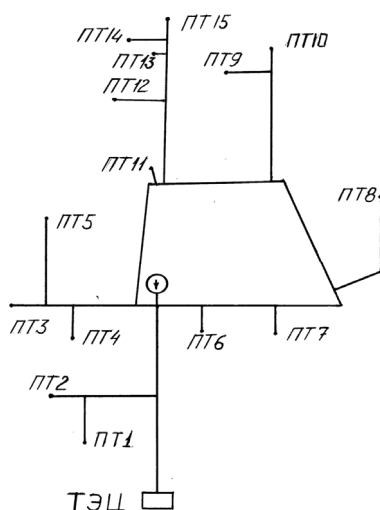


Рис. 1. Схема городской сети г. Нижнего Новгорода

На рис. 2, 3 и 4 показаны укрупненные участки гидравлической схемы теплоснабжения города. В кружках указаны номера узлов системы, цифра без кружка означает номер элемента трубопровода, стрелками показано направление движения жидкости.

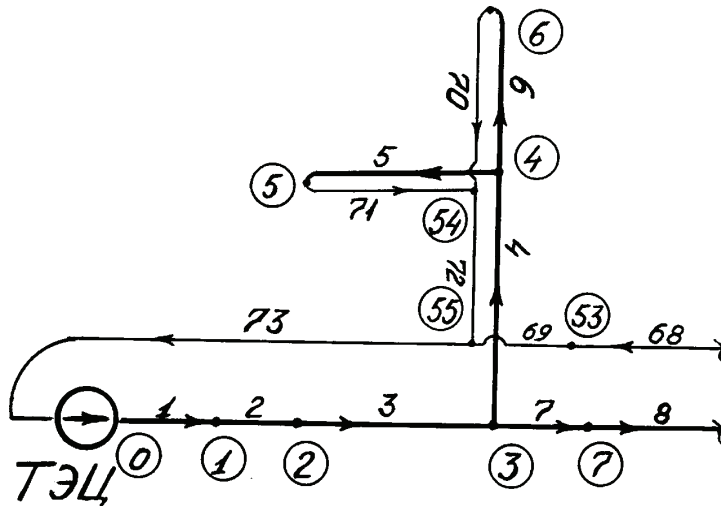


Рис. 2. Участок № 1 гидравлической схемы теплоснабжения города

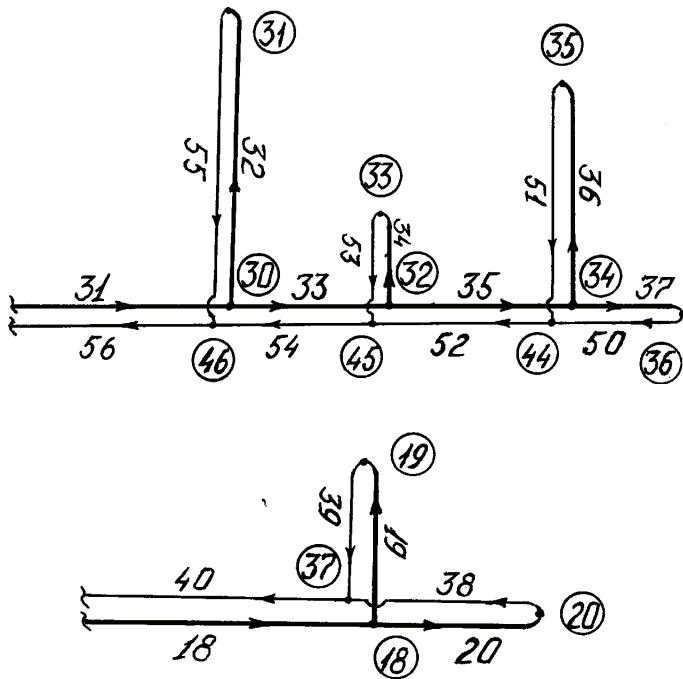


Рис. 3. Участок № 2 гидравлической схемы теплоснабжения города

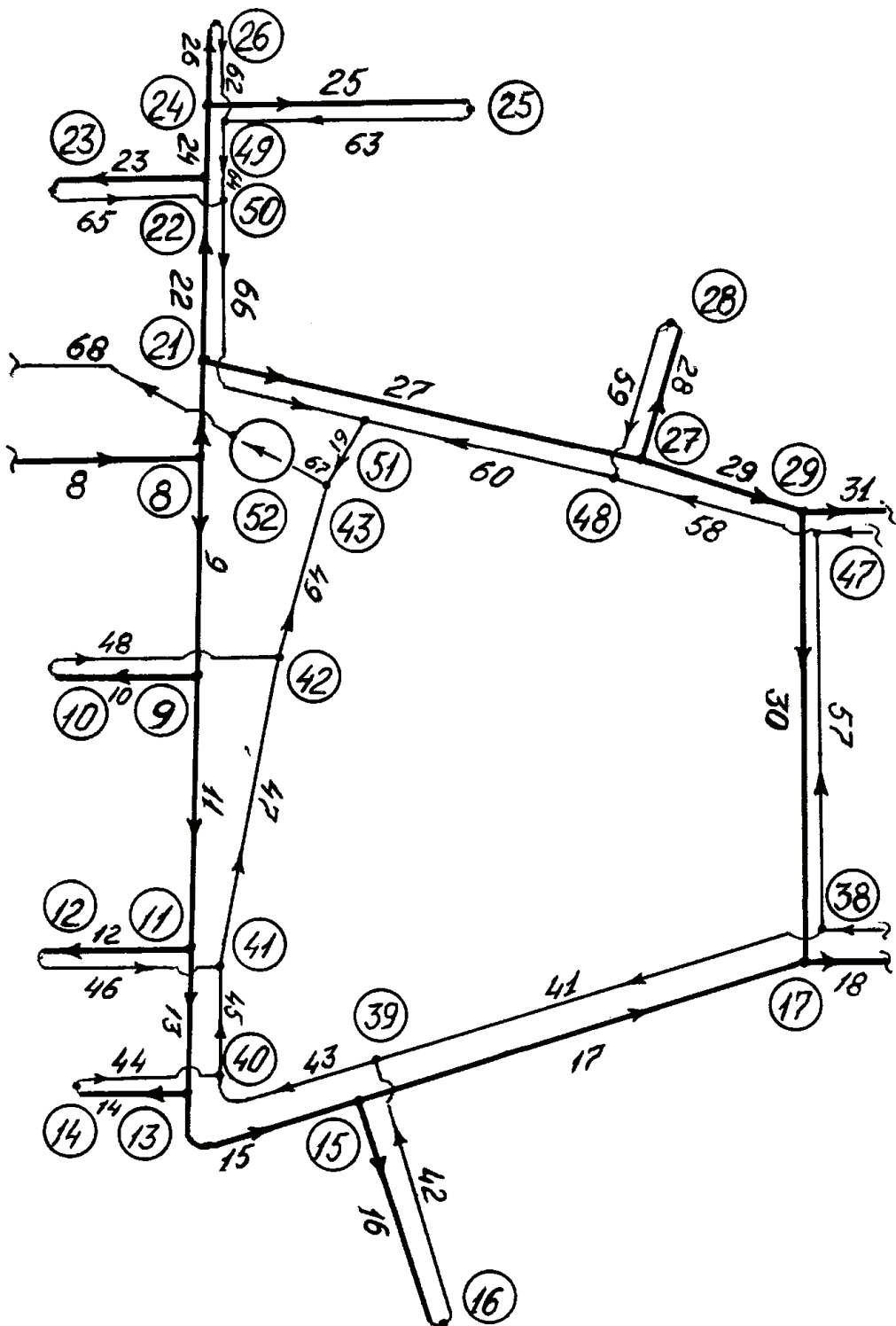


Рис. 4. Участок № 3 гидравлической схемы теплоснабжения города

В табл. 1 указаны геометрические и физические характеристики системы.

Таблица 1

Геометрические и физические характеристики системы

№ 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	16	15	16	556	0,4
2	1	2	291	0,7	17	15	17	422	0,4
3	2	3	828	0,7	18	17	18	400	0,4
4	3	4	319	0,3	19	18	19	192	0,2
5	4	5	591	0,3	20	18	20	82	0,4
6	4	6	250	0,3	21	8	21	100	0,6
7	3	7	165	0,7	22	21	22	240	0,5
8	7	8	10	0,5	23	22	23	240	0,5
9	8	9	613	0,5	24	22	24	143	0,5
10	9	10	107	0,3	25	24	25	651	0,3
11	9	11	422	0,5	26	24	26	485	0,5
12	11	12	161	0,25	27	21	27	100	0,4
13	11	13	289	0,5	28	27	28	82	0,2
14	13	14	25	0,25	29	27	29	67	0,4
15	13	15	117	0,5	30	29	17	185	0,4
31	29	30	348	0,4	54	45	46	200	0,4
32	30	31	259	0,3	55	31	46	259	0,3
33	30	32	200	0,4	56	46	47	348	0,4
34	32	33	11	0,2	57	38	47	185	0,4
35	32	34	37	0,4	58	47	48	67	0,4
36	34	35	285	0,25	59	28	48	86	0,2
37	34	36	145	0,2	60	48	51	100	0,4
38	20	37	82	0,4	61	51	43	10	0,6
39	19	37	192	0,2	62	26	49	485	0,5
40	37	38	400	0,4	63	25	49	651	0,3
41	38	39	422	0,4	64	49	50	143	0,5
42	16	39	556	0,4	65	23	50	209	0,25
43	39	40	117	0,5	66	50	51	240	0,5
44	14	40	25	0,25	67	43	52	10	0,7
45	40	41	289	0,5	68	52	53	10	0,5
46	12	41	161	0,25	69	53	55	165	0,7
47	41	42	422	0,5	70	6	54	250	0,3
48	10	42	107	0,3	71	5	54	591	0,3
49	42	43	613	0,5	72	54	55	319	0,3
50	36	44	145	0,2	73	55	0	828	0,7
51	35	44	285	0,25					
52	44	45	37	0,4					
53	33	45	11	0,2					

Гидравлическая система разбита на 73 элемента, имеющих 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. 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 а, б и в) 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 а, б и в;

2) при одновременном отключении двух насосных станций в момент времени $t = 150$ сек. — рис. 6 а и б.

Методика численного расчета описана в работе [3] и представляет собой метод характеристик, где за основные характеристики потока жидкости приняты расход Q [$\text{м}^3/\text{сек.}$] и напор H [м].

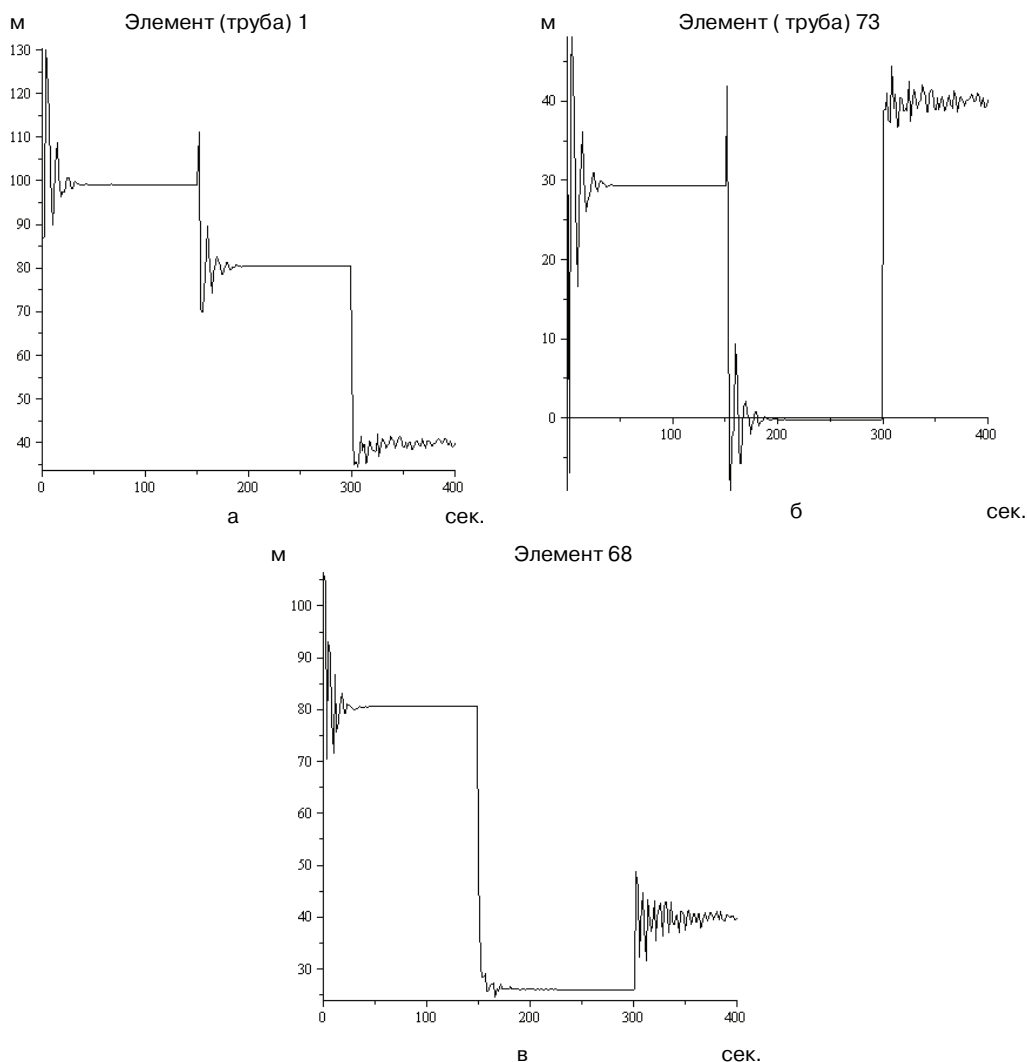


Рис. 5. Результаты расчетов при отключении одной насосной станции

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

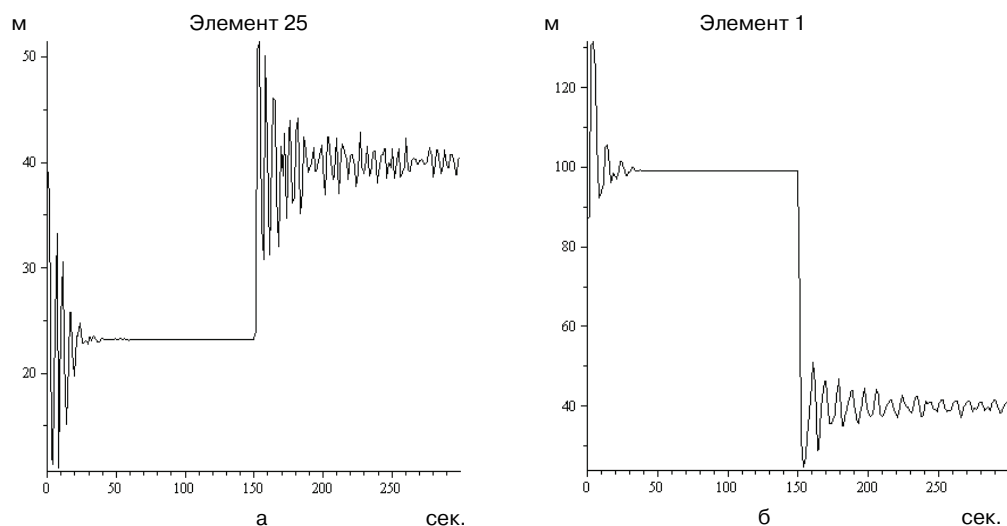


Рис. 6. Результаты расчетов при одновременном отключении двух насосных станций

Выводы. При отключении основной насосной станции (в узле 0, см. рис. 5 а, б и в) наблюдается кратковременное незначительное повышение давления, особенно в элементах, близких к станции.

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).

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

При отключении двух насосных станций возможно резкое повышение давления и возникновение протяженного по времени колебательного процесса (рис. 6 а), что может стать опасным для изношенных труб.

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

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. 2-е изд. — М.: Недра, 1975. [Charniy I.A. Neustanovivsheesya dvizhenie zhidkosti v trubah. 2-e izd. — М.: Nedra, 1975.]
- [2] Ганиев Р.Ф., Низамов Х.Н., Дербуков Е.И. Волновая стабилизация и предупреждение аварий в трубопроводах. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. [Ganichev R.F., Nizamov H.N., Derbukov E.I. Volnovaya stabilizaciya i preduprezhdenie avarij v truboprovodah. — М.: Izdatelstvo MGTU im. N.E. Baumana.]

- [3] *Рекач Ф.В.* Расчет колебаний в круговых цилиндрических оболочках со стабилизатором давления методом характеристик // *Строительная механика строительных конструкций и сооружений*. — 2010. — № 1. [*Rekach F.V.* Raschet kolebaniy v krugovih cillindricheskih obolochkah so stabilizatorom davleniya metodom harakteristik // *Stroitelnaya mehanika stroitelnih konstrukciy i sooruzheniy*. — 2010. — № 1.]

**ANALYSIS OF HEAT — SUPPLY SYSTEM
OF NIZHNEY NOVGOROD FROM THE POINT OF VIEW
OF EMERGENCY SITUATIONS OCCURANCE**

**F.V. Rekach, E.K. Sinichenko,
A.M. Popov**

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

In an article are given numerical calculations of existing heat — supply system from the point of view of emergency situations arising and is given analysis of possebility of system functioning in future.

Key words: pressure stabilizer, water hammer, pressure oscillations.