

УДК 628.15

**УЧЕТ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ
ПРИ РАСЧЕТЕ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ****Козицин Т.В.***Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Критерием оптимальности проектирования водопроводных сетей служит минимум приведенных затрат на строительство и эксплуатацию за расчетный срок эксплуатации. До 50% эксплуатационных расходов составляют затраты электроэнергии на привод насосных агрегатов. Это объясняет необходимость точного расчета этого вида затрат.

Вследствие того, что водопотребление носит случайный переменный характер, расход электроэнергии на привод насосов второго подъема тоже носит случайный переменный характер. Этим обусловлена сложность расчета затрат на электроэнергию.

Поскольку на стадии проектирования невозможно определить действительные затраты энергии $\sum_{i=1}^T N_i$ за весь расчетный срок T , то авторы существующих методов расчета систем подачи и распределения воды попытались выразить их через затраты электроэнергии при расчетном (максимальном) водопотреблении $N_{расч.}$:

$$\sum_{i=1}^T N_i = N_{сп} \cdot T = \gamma \cdot N_{расч.} \cdot T, \quad (1)$$

где $N_{сп} = \gamma \cdot N_{расч.}$ – средний расход энергии за расчетный срок; γ – коэффициент неравномерности потребления энергии.

В 30 – 40-е гг. прошлого века, когда активно разрабатывалась теория расчета водопроводных сетей, этот подход был оправдан необходимостью облегчения ручных расчетов. Однако, до сих пор, не смотря на достаточно большое количество работ, посвященных определению γ , нет достаточно точного метода для его расчета на стадии проекта.

По утверждению проф. Н.Н. Абрамова [1], при расчете систем городских водопроводов можно считать, что величина γ лежит в пределах от 0,6 до 0,8. Эти цифры подтверждаются и другими авторами [2, 3, 5, ...].

Все эти данные не отражают всей полноты влияющих факторов на режим потребления энергии и носят среднестатистический характер. Для од-

ного и того же населенного пункта значение коэффициента неравномерности потребления энергии будет существенно зависеть от соотношения геометрической высоты подъема и потерь напора по сети, типа водопроводной сети, от марки и режима работы насосного оборудования.

Необходимость учета геометрической высоты подъема впервые была поднята проф. Н.Н. Абрамовым [1]. Как правильно он заметил, коэффициент

γ должен учитывать только ту часть ($N_{расч.}^{на трен.}$ и $\sum_{i=1}^T N_i^{на трен.}$) полной энергии, затрачиваемой на подъем воды, которая зависит от величины потерь напора в водопроводных линиях и является функцией их диаметров. Другая часть полной энергии, затрачиваемая на преодоление геометрической высоты подъема, не зависит от диаметров участков водопроводной сети, поэтому не должна учитываться в технико-экономическом расчете. В связи с этим в расчетные формулы, согласно Н.Н. Абрамову, должен вводиться коэффициент

$$\gamma = \frac{N_{по\ ср.\ расч.}^{на трен.}}{N_{расч.}^{на трен.}}, \quad (2)$$

вносящий требуемую поправку в количество энергии, вычисленное по расчетному случаю работы водопроводной сети.

Кроме того, проф. Н.Н. Абрамов обратил внимание на то, значение γ зависит от типа водопроводной системы. В частности для безбашенной системы им была выведена следующая формула для коэффициента γ :

$$\gamma = \left(\frac{1}{a_0 \cdot a_1 \cdot a_2} \right)^3, \quad (3)$$

где a_1 , a_2 , a_0 – коэффициенты соответственно часовой, суточной и годовой неравномерности водопотребления.

Согласно этой формуле возможные значения γ лежат в пределах 0,15–0,5.

Вывод формулы (3) не учитывает марку и режим работы насосного оборудования. Продемонстрируем на конкретном примере к чему это приводит.

Пусть нам дан населенный пункт (25 тыс. чел.) со среднесуточным водопотреблением 7500 м³/сут. Вода подается в безбашенную сеть насосом Д1250-65 (n=1450 об/мин). Рассчитаем значения коэффициента неравномерности потребления энергии для двух вариантов работы: нерегулируемого

привода насоса и регулируемого. Режим водопотребления примем согласно данным [5]. Расчеты будем вести в табличном виде.

Таблица 1

**Расчет затрат энергии для безбашенной сети
с нерегулируемыми насосами**

Часы суток	Расход, м ³ /ч	Напор, м	КПД, %	Мощность, кВт	Потери напора на трение, м	Затраты энергии на преодоление сил трения, кВт
1	112,5	75,36	49,9	166,6	46,36	102,5
2	112,5	75,36	49,9	166,6	46,36	102,5
3	112,5	75,36	49,9	166,6	46,36	102,5
4	187,5	73,66	69,4	195,0	44,66	118,2
5	225	72,07	76,3	208,4	43,07	124,5
6	262,5	69,98	81,3	221,6	40,98	129,8
7	337,5	64,34	85,9	247,8	35,34	136,1
8	375	60,78	85,7	260,6	31,78	136,3
9	393,75	58,82	85,1	267,0	29,82	135,3
10	450	52,19	80,7	285,4	23,19	126,8
11	468,75	49,73	78,5	291,2	20,73	121,4
12	431,25	54,52	82,5	279,4	25,52	130,8
13	393,75	58,82	85,1	267,0	29,82	135,3
14	375	60,78	85,7	260,6	31,78	136,3
15	412,5	56,73	84,0	273,2	27,73	133,6
16	450	52,19	80,7	285,4	23,19	126,8
17	468,75	49,73	78,5	291,2	20,73	121,4
18	431,25	54,52	82,5	279,4	25,52	130,8
19	375	60,78	85,7	260,6	31,78	136,3
20	337,5	64,34	85,9	247,8	35,34	136,1
21	300	67,41	84,5	234,7	38,41	133,7
22	225	72,07	76,3	208,4	43,07	124,5
23	150	74,76	60,7	181,2	45,76	110,9
24	112,5	75,36	49,9	166,6	46,36	102,5
1-24	7500			5 712		2995

Произведем расчет коэффициента неравномерности потребления энергии γ для рассматриваемых двух случаев по формуле (2):

Максимальные затраты энергии на преодоление сил трения для сети с нерегулируемым приводом равны 136,28 кВт, а с регулируемым – 291,4кВт. Значит, коэффициент γ будет равен:

– для первого случая

$$\gamma = \frac{2995/24}{136,28} = 0,92$$

– для второго случая

$$\gamma = \frac{1326,4/24}{291,4} = 0,47$$

Аналогично можно посчитать значения коэффициентов неравномерности потребления полной энергии. Они соответственно равны 0,82 и 0,66.

Таблица 2

**Расчет затрат энергии для безбашенной сети
с нерегулируемыми насосами**

Часы суток	Расход, м ³ /ч	На- пор, м	Кoeffи- циент сопряже- ния	Сопря- женный расход, м ³ /ч	КПД, %	Мощ- ность, кВт	Потери напора на трение, м	Затраты энергии на преодоле- ние сил трения, кВт
1	112,5	31,15	2,46E-03	174,98	42,9	80,1	1,15	3,0
2	112,5	31,15	2,46E-03	174,98	42,9	80,1	1,15	3,0
3	112,5	31,15	2,46E-03	174,98	42,9	80,1	1,15	3,0
4	187,5	33,20	9,44E-04	279,28	55,7	109,6	3,20	10,6
5	225	34,61	6,84E-04	324,68	59,3	128,7	4,61	17,1
6	262,5	36,27	5,26E-04	364,62	61,9	150,8	6,27	26,1
7	337,5	40,37	3,54E-04	426,09	65,7	203,3	10,37	52,2
8	375	42,80	3,04E-04	446,89	68,0	231,5	12,80	69,2
9	393,75	44,11	2,85E-04	454,68	69,4	245,3	14,11	78,5
10	450	48,43	2,39E-04	467,13	75,8	281,9	18,43	107,3
11	468,75	50,00	2,28E-04	467,50	78,9	291,4	20,00	116,6
12	431,25	46,93	2,52E-04	464,84	73,3	270,8	16,93	97,7
13	393,75	44,11	2,85E-04	454,68	69,4	245,3	14,11	78,5
14	375	42,80	3,04E-04	446,89	68,0	231,5	12,80	69,2
15	412,5	45,49	2,67E-04	460,68	71,2	258,5	15,49	88,0
16	450	48,43	2,39E-04	467,13	75,8	281,9	18,43	107,3
17	468,75	50,00	2,28E-04	467,50	78,9	291,4	20,00	116,6
18	431,25	46,93	2,52E-04	464,84	73,3	270,8	16,93	97,7
19	375	42,80	3,04E-04	446,89	68,0	231,5	12,80	69,2
20	337,5	40,37	3,54E-04	426,09	65,7	203,3	10,37	52,2
21	300	38,19	4,24E-04	398,56	63,8	176,0	8,19	37,7
22	225	34,61	6,84E-04	324,68	59,3	128,7	4,61	17,1
23	150	32,05	1,42E-03	229,09	50,4	93,6	2,05	6,0
24	112,5	31,15	2,46E-03	174,98	42,9	80,1	1,15	3,0
1-24	7500					4646		1326,5

Теперь рассчитаем коэффициент γ по формуле проф. Н.Н. Абрамова (3). Произведение коэффициентов неравномерности водопотребления согласно таблицам будет равен:

$$a_0 \cdot a_1 \cdot a_2 = 468,75 / (7500 / 24) = 1,5 \cdot$$

$$\gamma = \left(\frac{1}{a_0 \cdot a_1 \cdot a_2} \right)^3 = \left(\frac{1}{1,5} \right)^3 = 0,296 \cdot$$

Как видно из приведенных данных, истинные значения коэффициента неравномерности потребления энергии значительно отличаются от значения полученного по формуле проф. Н.Н. Абрамова. Кроме того, эти данные хорошо демонстрируют, что для одной и той же водопроводной сети при одних и тех же насосах неравномерность потребления энергии существенно зависит от режима работы насосной станции. Очевидно, что она также зависит и от марки насосного оборудования.

Литература

1. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М. Расчет водопроводных сетей. — изд. 2 — М.: Госстройиздат, 1962. — 230с.
2. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие. — М.: Стройиздат, 1984. — 200с.
3. Кемелев А.А. Водопотребление и рационализация систем сельскохозяйственного водоснабжения — Алма-Ата: «Кайнар», 1979. — 124с.
4. Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. — М.: Стройиздат. 1972г. — 288с.
5. Старинский В.П. Технологические, гидравлические и технико-экономические расчеты в водоснабжении. — Минск: Вышэйшая школа, 1985. — 200с.