

УДК 502/504:626. 83

С. Н. Карамбиров, доктор техн. наук
Д. С. Бегляров, доктор техн. наук, профессор
О. А. Алферова, инженер

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
 «Московский государственный университет природообустройства»

Д. М. Луханов, инженер

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
 «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ ОСНОВНЫХ АГРЕГАТОВ НА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ВТОРОГО ПОДЪЕМА В ВОДОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЕ ГОРОДА КИНГИСЕППА

Приведены результаты обследования водопроводной системы города Кингисеппа. Выявлены причины аварий, представлены результаты натурных исследований, проведенных на насосной станции второго подъема. Эксперименты проводили для случаев планового и аварийного отключений основных насосных агрегатов.

The results are given on the inspection of the water system of Kingisepp. There are found the causes of failures, the results of natural researches carried out at the pump station are shown. The experiments are fulfilled for both planned and emergency shut-down of the main pulp aggregates.

В процессе работы водопроводных систем возникают сложные случаи гидравлического удара, что создает трудности при выборе мероприятий по уменьшению давления в сетях и коммуникациях насосных станций. Особенно большое значение имеет исследование нестационарных процессов, возникновение которых, как правило, связано с отключениями насосов.

Резкие колебания давления могут привести к порывам сети, поломкам трубопроводной арматуры, насосов и даже к полному выходу из строя насосных станций.

Аварии, возникающие при гидравлических ударах, наносят существенный экономический ущерб в связи с затратами на их ликвидацию и перерывами в подаче воды на предприятия. Значительные убытками, являющиеся следствием аварий, делают актуальным вопрос защиты насосных станций и водопроводных сетей от гидравлических ударов.

Проведению экспериментальных исследований переходных процессов

предшествовало обследование насосной станции второго подъема и трубопроводов водопроводной сети города Кингисеппа Ленинградской области.

Цель обследования — выявить причины аварий в водопроводной системе и неудовлетворительной работы трубопроводной арматуры.

Результаты обследования подтвердили данные многолетней практики эксплуатации водопроводных систем в России: значительные аварии в трубопроводах происходят при переходных процессах, связанных с изменением режимов работы системы, аварийными отключениями электроэнергии и аварийными остановками основных насосных агрегатов [1–3].

На рис. 1 представлена технологическая схема насосной станции второго подъема. На станции установлены шесть центробежных насосов с горизонтальными валами: два (1 и 4) — многоступенчатые, марка ЗВ-200х2; четыре (2, 3, 5, 6) — с двусторонним входом воды на колесо, марка 200Д 60 (производство Болгарии), подача — 200 л/с при напоре 80 м.

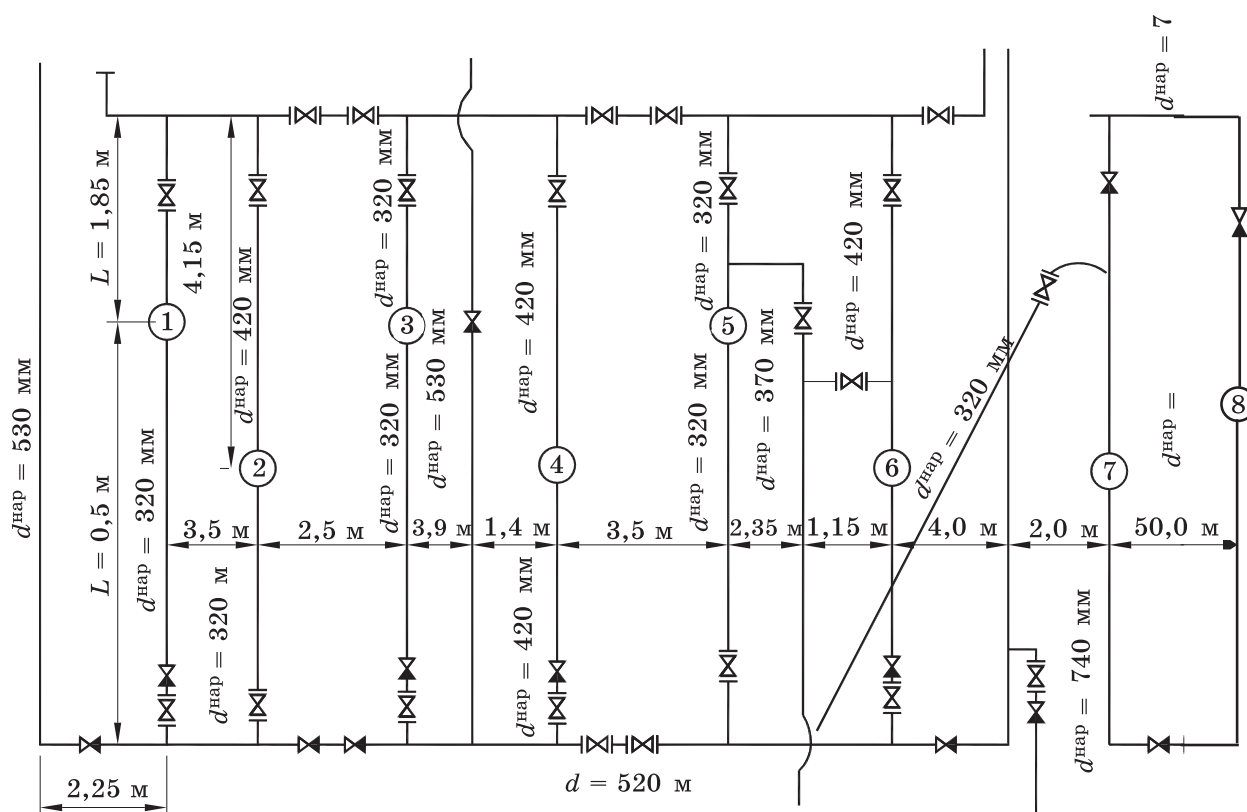


Рис. 1. Схема насосной станции второго подъема

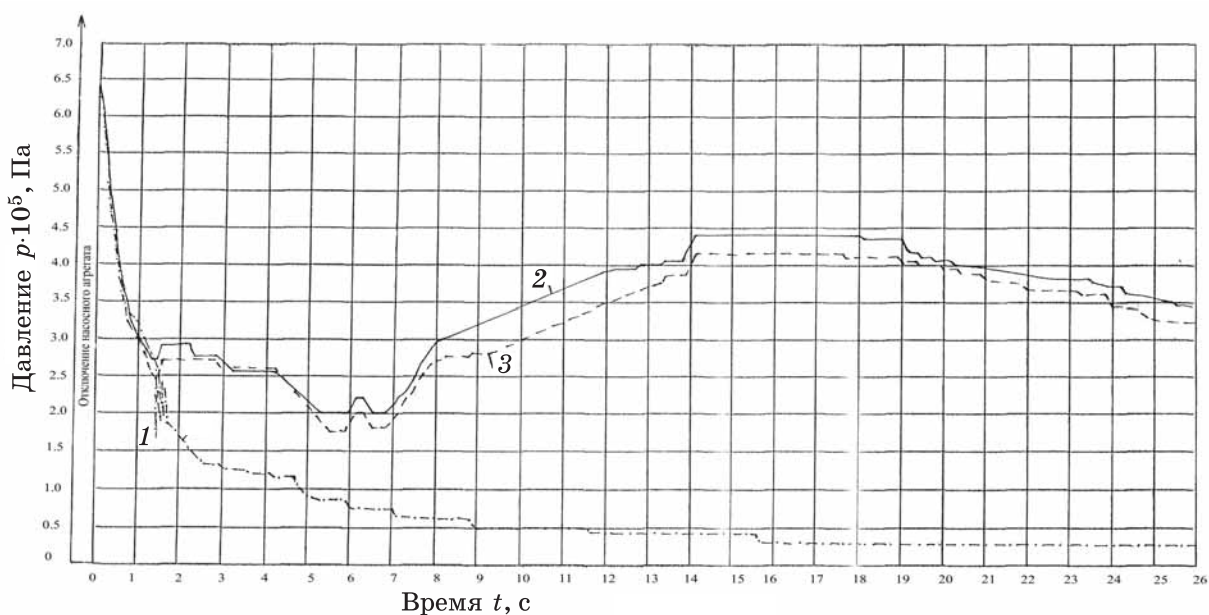


Рис. 2. Насосная станция второго подъема. Отключение насосного агрегата 3 при работе насосных агрегатов 2 и 3: 1 — давление в напорной линии перед клапаном; 2 — давление в напорной линии после клапана; 3 — давление в левом напорном водоводе

Привод насосов 1 и 4 осуществляется асинхронными электродвигателями марки А 101-4 М мощностью 132 кВт с частотой вращения ротора 1480 мин⁻¹. Для насосов 2, 3, 5 и 6 в качестве привода используются асинхронные электродвигатели марки А03-355S-4, мощностью 250 кВт, с частотой вращения ротора 1450 мин⁻¹.

На напорных линиях насосов установлены задвижки с электроприводом и однодисковые обратные клапаны.

Насосная станция подает воду в сеть по трем напорным водоводам: левому, среднему и правому (см. рис. 1).

Эксперименты проводились для следующих случаев: отключение одного из двух параллельно работающих

насосных агрегатов, одновременное отключение двух параллельно работающих насосных агрегатов, а также отключение одного работающего насоса.

В первом случае при работе двух насосных агрегатов 2 и 3 расход воды насосной станции составлял $1420 \text{ м}^3/\text{ч}$. Во втором случае при работе тех же насосных агрегатов расход равнялся $1275 \text{ м}^3/\text{ч}$. В третьем случае при подаче воды одним насосным агрегатом 3

расход станции был равен $1060 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При проведении экспериментов давление измеряли в трех точках на напорной линии насоса 3 перед обратным клапаном — датчик давления 1; на напорной линии насоса 3 после обратного клапана — датчик давления 2; на левом напорном водоводе — датчик давления 3.

Результаты проведенных экспериментов приведены на рис. 2...4.

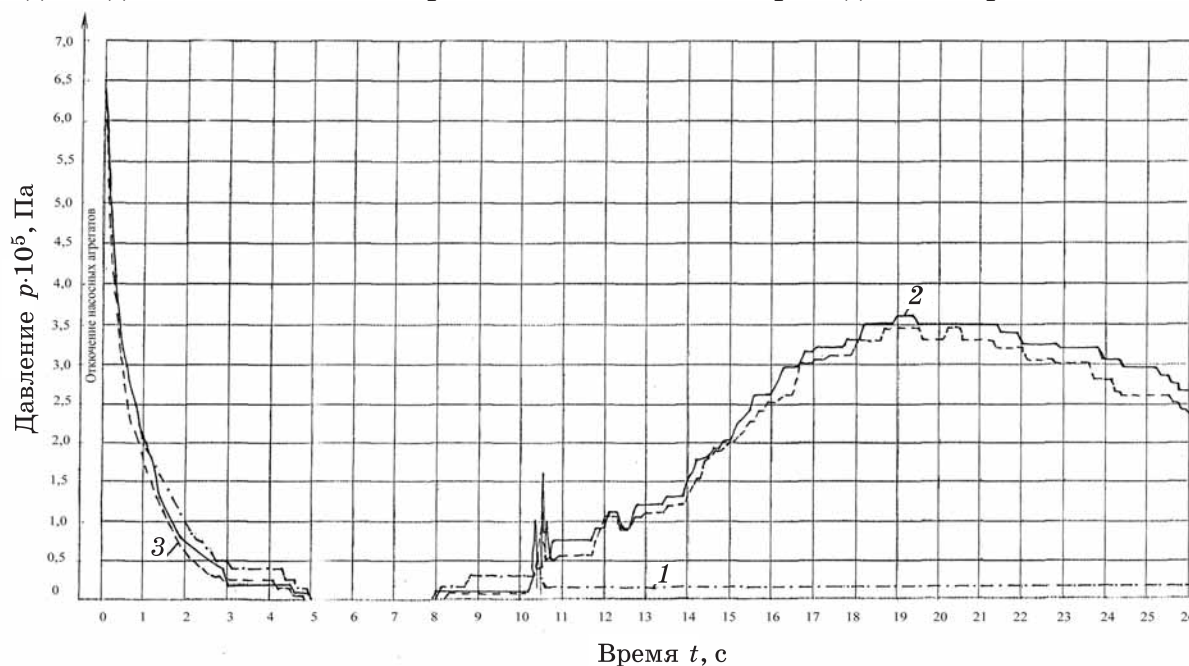


Рис. 3. Насосная станция второго подъема. Отключение насосных агрегатов 2 и 3: 1 — давление в напорной линии перед клапаном; 2 — давление в напорной линии после клапана; 3 — давление в левом напорном водоводе

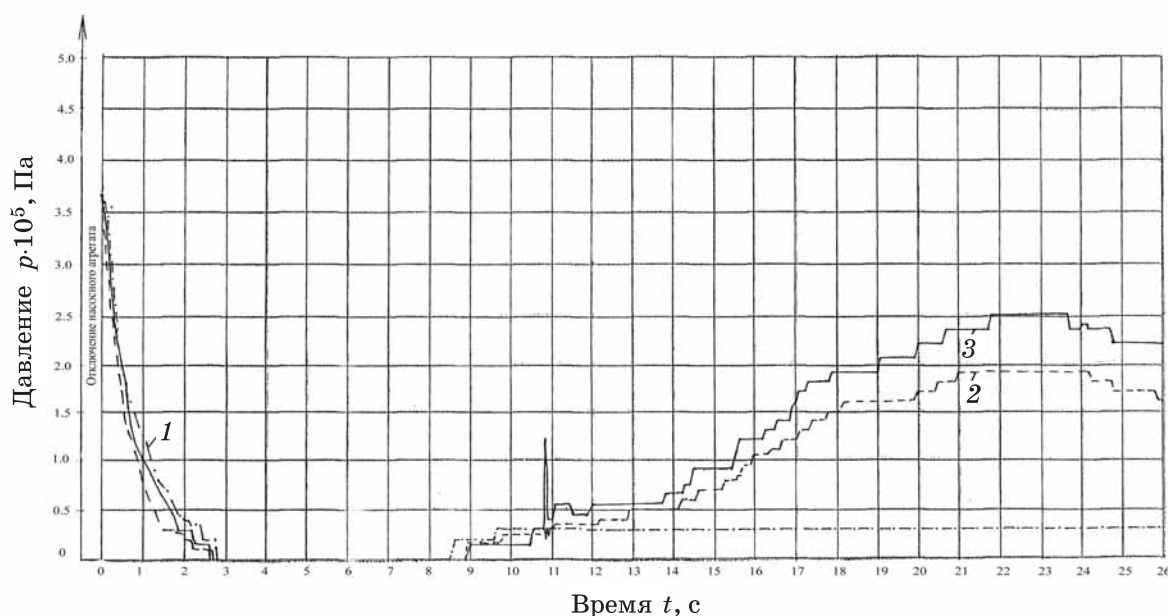


Рис. 4. Насосная станция второго подъема. Отключение насосного агрегата 3: 1 — давление в напорной линии перед клапаном; 2 — давление в напорной линии после клапана; 3 — давление в левом напорном водоводе

Как видно из рис. 2, при отключении одного из двух параллельно работающих насосных агрегатов (2 и 3) максимальное давление в напорной линии насоса 3 составило $4,4 \cdot 10^5$ Па (кривая 2), что меньше рабочего ($6,4 \cdot 10^5$ Па) на $2,0 \cdot 10^5$ Па, а максимальное давление в левом напорном водоводе было равно $4,15 \cdot 10^5$ Па (кривая 3), что меньше рабочего ($6,25 \cdot 10^5$ Па) на $2,10 \cdot 10^5$ Па.

Максимальное повышение давления произошло через 14 с после отключения насосного агрегата.

При одновременном отключении двух параллельно работающих насосных агрегатов 2 и 3 максимальное повышение давления произошло через 19 с после отключения насосных агрегатов (кривые 2 и 3 на рис. 3).

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования на насосной станции второго подъема водопроводной системы города Кингисеппа Ленинградской области показали, что переходные про-

цессы, возникающие при отключении основных насосных агрегатов, сопровождались повышением давления в напорных линиях насосов и в напорных трубопроводах. Однако величины не превышали рабочие.

Ключевые слова: насосная станция, водопроводная сеть, гидравлический удар, трубопроводная арматура, колебания давления, случаи планового и аварийного отключения насосных агрегатов, город Кингисепп.

Список литературы

1. **Виссарионов, В. И.** Исследования переходных процессов в насосных станциях [Текст] / В. И. Виссарионов, В. В. Елистратов, Р. С. Исхан-Ходжаев // Известия высших учебных заведений. — 1980. — № 5. — С. 76–81.
2. **Вишневский, К. П.** Переходные процессы в напорных системах водоподачи [Текст] / К. П. Вишневский. — М. : «Агропромиздат», 1986. — С. 135.
3. **Пикулин, В. И.** Натурные исследования гидравлического удара в водоводах насосных станций [Текст] / В. И. Пикулин // Труды ВНИИВодгео. — 1970. — Вып. 25. — С. 104–106.