

2. Совершенствование систем подачи и распределения воды / В. С. Гордиенко [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 4. – Ч. 2. – 48 с.

3. Воробьев С. В., Исхаков Ю. Б., Лезнов Б. С. Энергосбережения в системах водоснабжения и водоотведения: Экология в энергетике: Труды Второй международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 160 с.

4. Объединенная система управле-

ния режимом работы насосных станций, подающих воду в общую сеть / Я. Н. Гинзбург [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 11. – 49 с.

Материал поступил в редакцию 04.09.13.

Сабра Камаль, аспирант

Али Мунзер Сулейман, кандидат технических наук, доцент кафедры «Насосы и насосные станции»

Тел. 8-499-231-12-07, 8-925-231-12-07

E-mail: munzer@yandex.ru

УДК 502/504:532.5:626.83

С. Ю. ПЕРЕВЕРЗЕВ

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

СЕРИЯ РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ ДЛЯ КРУПНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Проведенная работа является расчетным исследованием переходных режимов в крупных насосных станциях.

Переходные режимы, напорный трубопровод, разрывы сплошности потока, отключение насоса.

The fulfilled work is a rated study of transitional modes at large pump stations.

Transitional modes, head pipeline, flow discontinuity, pump shutdown.

Цель исследовательских и демонстрационных программ по водоснабжению, орошению, судоходству и межбассейновому перераспределению стока – стимулирование новых технологий для внедрения. Неотъемлемой частью таких систем являются магистральные каналы с крупными насосными станциями (с подачей воды объемом более 10 м³/с) большой мощности.

Серия расчетов переходных режимов для крупных насосных станций проведена для случая подачи воды девятью вертикальными центробежными насосами марки 2400В-31.5/80 в индивидуальные стальные трубопроводы диаметром 3200 м и длиной около 1430 м, уложенные в грунт (рис. 1).

Трубопроводы соединены с водоприемником с помощью сифонов. Четырехкватратные характеристики насосов 2400В-31.5/80 построены по данным испытаний модельного насоса с рабочим колесом 289 мм, полученным от ОАО НПО «Гидромаш». Насосы агрегатированы с синхронными электродвигателями частотой вращения 214,3 мин⁻¹ и маховым моментом $GD_{дв}^2 = 1500 \text{ тм}^2$. Поскольку данных по маховым моментам

насосов в каталогах не приводится, принято, что GD^2 насосного агрегата равен GD^2 двигателя (благодаря чему достигается некоторый запас в результатах расчета). Расчеты проведены при наибольшей геодезической высоте подъема воды $H_{г.макс} = 84,5$ м. Поскольку каждый насос подает воду в индивидуальный трубопровод, расчеты выполнены при одних и тех же начальных значениях: подача насоса 25,8 м³/с; напор насоса 88,3 м; скорость движения воды в трубопроводе 3,3 м/с.

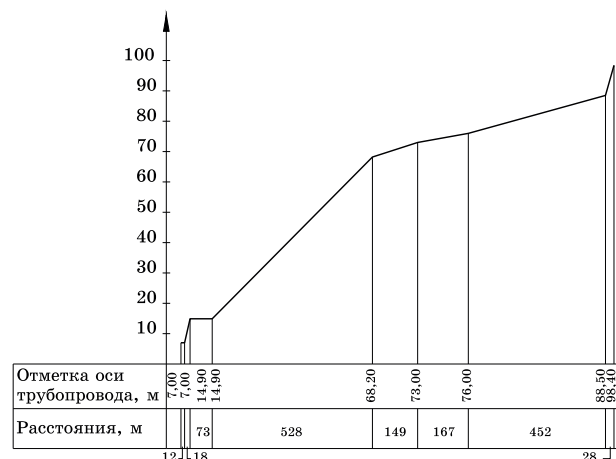


Рис. 1. Профиль напорного трубопровода

Первый из десяти вариантов расчета был проведен для случая, когда установленный на напорной линии насоса дисковый затвор диаметром 2800 мм после отключения оставался открытым и при отсутствии на трубопроводе какой-либо противоударной арматуры.

Скорость распространения волн изменения давления была принята равной 1000 м/с (это соответствует усло-

вию отсутствия нерастворенного в воде воздуха).

Длина участка разбивки вначале была относительно большой – 60 м, при этом число расчетных участков равнялось 24. Результаты расчета напора H , скорости движения воды в начале напорного трубопровода v и относительной частоты вращения ротора насосного агрегата β показаны на рис. 2.

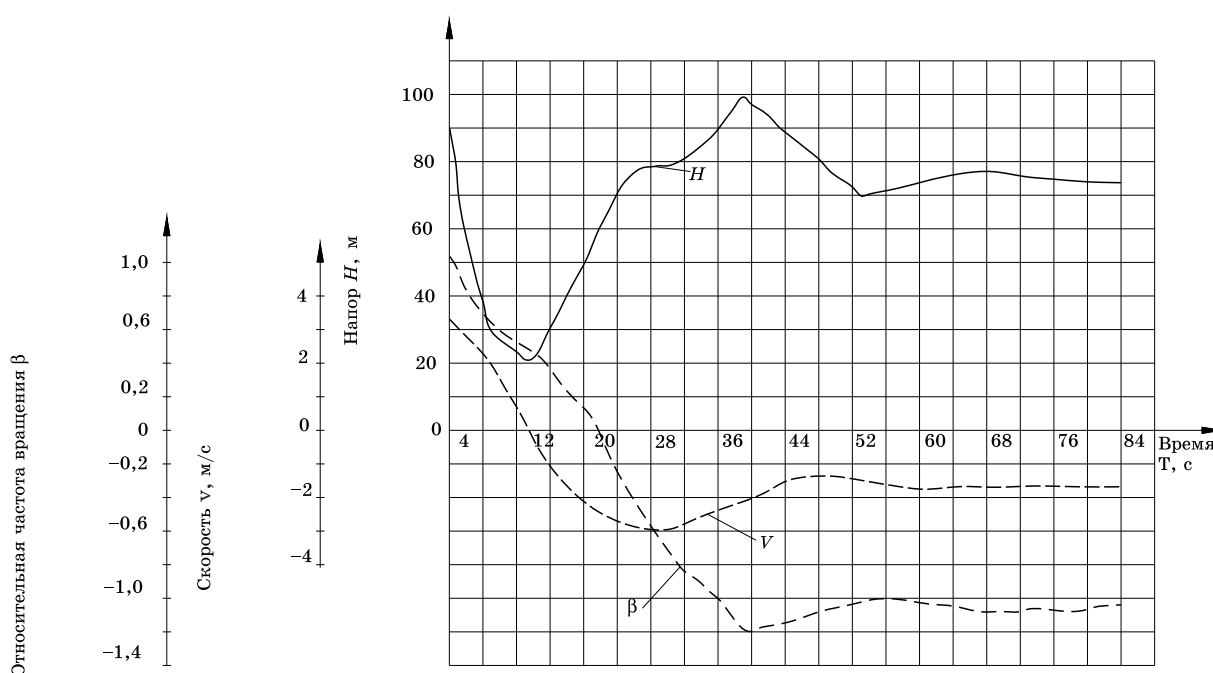


Рис. 2. Результаты расчета первого варианта серии расчетов

Изменение направления движения воды в начале напорного трубопровода происходит через 9,6 с после отключения насоса, к этому времени напор насоса снижается до 20 м. Реверсивное вращение ротора насосного агрегата начинается через 17,6 с, а достигает максимального значения (1,24 от номинального) через 36 с после отключения насоса. Максимальное повышение напора до 99,5 м происходит раньше (34,5 с).

Результаты расчета показали, что в трубопроводе (участок от 600 до 850 м от начала трубопровода) после отключения насоса образуется глубокий вакуум, из-за чего происходит разрыв сплошности потока в трубопроводе. В данном случае последующая ликвидация разрыва сплошности потока не приводит к какому-либо ощутимому повышению давления. Но поскольку толщина стенок стального трубопровода определена из условия, что вакуум не превосходит 5 м, это должно быть

обеспечено принятием соответствующих мероприятий.

Рассмотрен ряд вариантов расчетов с различными конфигурациями средств защиты трубопровода и различным содержанием в воде нерастворенного воздуха. Девятый и десятый варианты расчета выполнены с учетом равномерного закрытия затвора на напорной линии насоса за 90 с, при этом было принято: для девятого варианта нерастворенный воздух в воде отсутствовал; для десятого – содержание нерастворенного воздуха составляло 2 % от объема воды. Результаты расчета девятого варианта приведены на рис. 3.

По результатам испытаний можно сделать следующее заключение: закрытие затвора за относительно небольшое время практически не влияет на повышение давления в напорном трубопроводе – максимальный напор в начале трубопровода равен 103,0 м, при открытом затворе – 102,4 м.

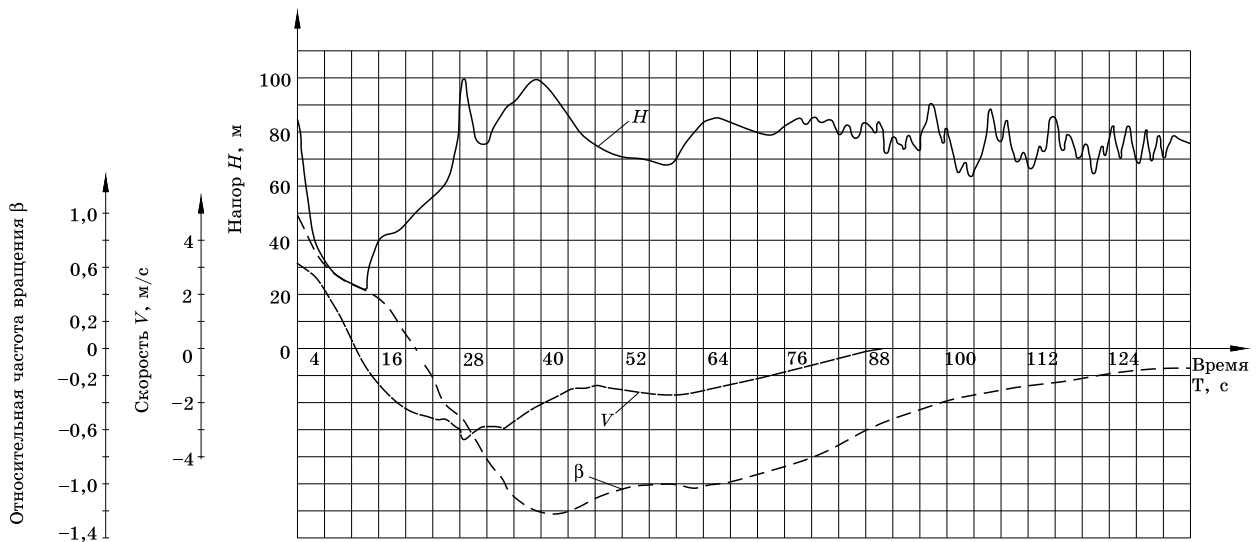


Рис. 3. Результаты расчета девятого варианта серии расчетов

На основании проведенных расчетов сделан обзор мероприятий, обеспечивающих безаварийную работу станции.

Использование впуска воды вместо впуска воздуха, устраняющее образование разрывов сплошности потока в трубопроводе, привело бы к некоторому снижению давления в нем при переходных процессах, но не обеспечило бы уменьшения давления до рабочего. В данном случае впуск воды практически неприменим, поскольку работа насосной станции предусматривается круглогодичной, т. е. и в зимнее время.

Сброс воды через специальные предохранительные устройства также трудно осуществить. Использование устройств, открывающихся при повышении давления сверх допустимого, невозможно по самому принципу работы этих устройств, поскольку повышение давления при переходных процессах невелико. Использование устройств типа гасителей УкрВОДГЕО допустимо лишь при создании перепада давления после изменения направления движения воды в напорных линиях насосов, поэтому также неприемлемо. Кроме того, сбросные устройства необходимо принимать весьма значительного диаметра. Наиболее пригодным могло бы быть торможение роторов насосных агрегатов. Это средство может обеспечивать снижение давления при переходных процессах ниже рабочего, поскольку насос с невращающимся ротором имеет значительно меньшее гидравлическое сопротивление. Однако до настоящего времени еще не разработано ни одной конструкции механического устройства, обеспечивающего

надежное торможение роторов насосных агрегатов. Теоретически возможно также и электрическое торможение, но и эти устройства применялись лишь в опытном порядке. Поэтому разработку специальных тормозных устройств следует осуществить лишь тогда, когда снижение давления при переходных процессах даст возможность уменьшить толщину стенки стальных труб напорных водоводов. По результатам расчетов установлено, что при переходных процессах вакуум в трубопроводах достигает предельной величины и таким образом происходит образование разрывов сплошности потока. Как показали расчеты, уменьшение величины вакуума в пределах до 5 м может быть достигнуто установкой аэрационных клапанов (клапанов для впуска и заземления воздуха) в двух точках напорного трубопровода, находящихся на расстояниях 630 и 1020 м от его начала.

При расчетах учитывалось закрытие дисковых затворов диаметром 2800 мм до установленных на напорных линиях насосов за 120 и за 90 с. Как показали результаты расчета, закрытие затвора даже за такое относительно небольшое время, как 90 с, практически не вызывает дополнительного повышения давления в трубопроводе. Это объясняется тем, что максимальное повышение давления происходит значительно раньше – через 25–35 с после отключения насосного агрегата.

Выводы

Для уменьшения величины вакуума, возникающего при переходных процессах в трубопроводе, наиболее удачным является впуск воздуха, который следует

осуществить установкой на трубопроводе двух аэрационных клапанов на расстояниях 630 и 1020 м от насосной станции.

Равномерное закрытие дисковых затворов диаметром 2800 мм, установленных на напорных линиях насосов за время не менее 90 с, не вызывает дополнительного повышения давления в напорных трубопроводах.

Дополнение, сделанное для программы расчета переходных процессов методом характеристик с различными шагами Δx и Δt , позволяет более точно делать расчеты для случаев отключения или пуска одного насоса из нескольких параллельно соединенных насосов и при резком подъеме профиля напорного трубопровода в его начале, а также полностью моделировать автоматическую работу напорных систем водоподдачи.

1. Бегляров Д. С., Концевич И. А.

Методика расчетов переходных процессов в напорных системах водоподдачи с насосными станциями: Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России: сб. науч. трудов. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – С. 47–53.

2. Виссарионов В. И., Елистратов В. В., Исхан-Ходжаев Р. С. Исследование переходных процессов в насосных станциях // Известия высших учебных заведений. – 1980. – № 5. – С. 76–81.

3. Вишневский К. П. Переходные процессы в напорных системах водоподдачи. – М.: Агропромиздат, 1986. – 135 с.

4. Карелин В. Я., Новодережкин Р. А. Насосные станции с центробежными насосами. – М.: Стройиздат, 1983. – 224 с.

Материал поступил в редакцию 22.10.13.

Переверзев Сергей Юрьевич, аспирант
E-mail: persei87@gmail.com

УДК 502/504:532.543

В. Н. КОХАНЕНКО

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет», Новочеркасск, Ростовская область

М. Ф. МИЦИК

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса», Шахты, Ростовская область

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАВНЕНИЯ КРАЙНЕЙ ЛИНИИ ТОКА В ЗАДАЧЕ СВОБОДНОГО РАСТЕКЕНИЯ БУРНОГО ПОТЕНЦИАЛЬНОГО В СРЕДНЕМ ПЛАНОВОГО ПОТОКА ЗА БЕЗНАПОРНОЙ ТРУБОЙ

В работе получено уравнение крайней линии тока бурного стационарного потока воды в физической плоскости. Поток рассматривается как потенциальный в среднем при свободном растекании в широком горизонтальном отводящем русле. Приводится сравнение полученной в работе крайней линии тока с модельной крайней линией тока для потенциального течения. Приведена формула определения расстояния до створа полного растекания потока.

Безнапорная прямоугольная труба, широкое отводящее горизонтальное русло, бурный поток, крайняя линия тока, потенциальное течение, свободное растекание потока.

In this paper we obtain an equation of the end current line of a rapid stationary water flow in the physical plane. The flow is considered as potential in average under free spreading in a wide horizontal discharge channel. There is given a comparison of the end current line obtained in the work with the model current end line for a potential flow. The formula is given for estimation of the distance to the site of full flow spreading.

Non-pressure rectangular pipe, wide discharge horizontal channel, rapid flow, extreme current line, potential flow, flow free spreading.