

объектов. Эти ограничения могут варьировать во времени вследствие изменения климата и антропогенных нагрузок. Контроль за происходящими изменениями составляющих речного стока, за условиями водопользования на территории России должна обеспечивать современная и эффективная система гидрологического мониторинга, которую еще предстоит создать.

1. Алексеевский Н. И., Фролова Н. Л., Христофоров А. В. Мониторинг гидрологических процессов и повышение безопасности водопользования. – М.: Географический ф-т МГУ, 2011. – 367 с.

2. Водный Кодекс Российской Федерации. – М.: Изд-во «Право и закон», 2007. – 64 с.

3. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России / Р. Г. Джамалов [и др.] // Водные ресурсы. – 2012. – № 6. – С. 571–589.

4. Антохина Е. Н., Жук В. А. Применение ИМК ЕСОМАГ для моделирования стока воды с различных по площади водосборов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2011. – № 4. –

С. 17–32.

5. Оптимизация мониторинга факторов формирования стока и качества воды при обеспечении надежности водоснабжения города Москвы / Н. И. Алексеевский [и др.] // Гидроэкология: теория и практика. Проблемы гидрологии и гидроэкологии. – Вып. 2. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 269–292.

6. Болгов М. В., Фролова Н. Л., Алексеевский Н. И. Оценка возможных последствий переброски стока реки Аргунь в озеро Далайнор (КНР) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2012. – № 4. – С. 103–118.

Материал поступил в редакцию 10.04.13.

Фролова Наталья Леонидовна, доктор геологических наук, профессор кафедры «Гидрология суши»

E-mail: frolova_nl@mail.ru

Алексеевский Николай Иванович, доктор геологических наук, профессор, зав. кафедрой «Гидрология суши»

E-mail: n_alex50@mail.ru

Жук Виктор Архипович, кандидат геологических наук, доцент кафедры «Гидрология суши»

E-mail: vajouk@rambler.ru

УДК 502/504:626.83

Д. С. БЕГЛЯРОВ, Э. С. БЕГЛЯРОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
Институт природообустройства имени А. Н. Костякова

Д. Ш. АПРЕСЯН

ОАО «Мосинжпроект»

РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПУСКА ОСНОВНОГО АГРЕГАТА НА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ КОМСОМОЛЬСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Излагаются вопросы, связанные с переходными процессами в напорных системах водоподдачи при пуске насосов. Приводятся расчетно-теоретические исследования автоматического пуска основного насосного агрегата.

Напорная система водоподдачи, насосная станция, насос, напорный трубопровод, обратный клапан, переходные процессы.

There are stated questions connected with transients in pressure head systems of water supply when pumps starting up. Design-theoretical researches of the automatic startup of the main pump aggregate are given.

Pressure head system of water supply, pump station, pump, pressure head pipeline, back-pressure valve, transients.

Для проведения расчетно-теоретических исследований была выбрана насосная станция Комсомольской оросительной системы Саратовской области. Разработан расчет сложного случая переходного процесса, возникающего в результате автоматического пуска основного насосного агрегата и отключения вспомогательного агрегата при снижении давления в начале сети, обусловленного включением дождевальной машины в какой-либо точке сети.

Для оценки влияния значений $M_{кр}$, $S_{кр}$, $H_{до}$, S_{δ} , $n_{до}$, GD_{δ}^2 , $h_{гр}$ на процесс автоматического пуска была проведена серия расчетов с варьированием этих параметров для одной из сетей Комсомольской оросительной системы в Саратовской области (рис. 1):

$M_{кр}$ – величина критического (максимального) момента электродвигателя, кг/м; $S_{кр}$ – величина критического скольжения, м, соответствующая $M_{кр}$, которыми задается механическая характеристика электродвигателя; $H_{до}$ – напор вспомогательного насоса при нулевой подаче, м; S_{δ} – «сопротивление» вспомогательного насоса, c^2/m^5 , которыми задается напорная характеристика вспомогательного насоса; $n_{до}$ – частота вращения вспомогательного насоса при нормальном режиме работы, об/мин; GD_{δ}^2 – маховой момент вспомогательного насосного агрегата, $кг \cdot м^2$; $h_{гр}$ – значение давления в начале ЗОС, при уменьшении которого включается основной насос и отключается вспомогательный, м.

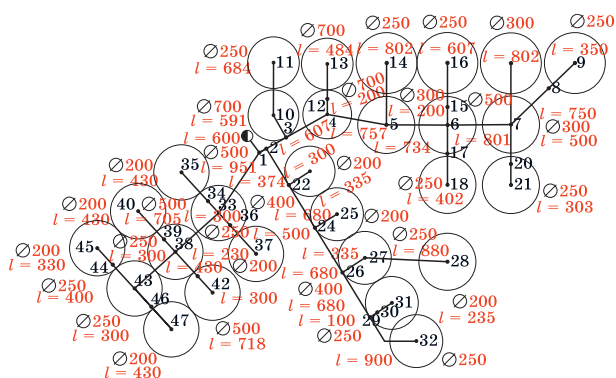


Рис. 1. Схема Комсомольской закрытой оросительной сети

Расчеты приведены для случая включения дождевальной машины, рас-

положенной в точке 9 схемы сети (см. рис. 1). Время открытия задвижки 40 с. Поскольку расстояние от открываемой задвижки до насосной станции 5490 м, волны пониженного давления начнут подходить к началу сети через $\Delta t_c = l/a = 5490/1000 = 5,49$ с (значения a принимались равными 1000 м/с).

Механическая характеристика электродвигателя основного насосного агрегата задана следующими параметрами: $M_{кр} = 900$; $S_{кр} = 0,25$.

До момента пуска основного агрегата на сеть работает вспомогательный насос, подача которого восполняет утечки воды из сети.

При расчетах эти утечки воспроизводились расходами q_c в узлах сети, соответствующих точкам возможного присоединения дождевальных машин: 9, 10, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 21, 23, 27, 28, 31, 32, 35, 37, 40, 42, 45, 47 (всего 21 узел).

Для первых трех случаев в качестве вспомогательного насоса принят насос марки ЦНС-159, характеристика которого задана следующими параметрами: $H_{до} = 120$; $S_{\delta} = 76000$; $n_{до} = 2950$; $GD_{\delta}^2 = 0,38$.

Напор вспомогательного насоса при стационарном режиме работы в соответствии с подачей 18,9 л/с, равной сумме утечек в узлах сети ($\sum q_c = q_o n = 0,9 \cdot 21$), составил 96 м, давление в точке 9 при этом – 1,04 МПа.

При расчетах величина давления $h_{гр}$ изменялась в начале ЗОС, являясь сигналом для отключения вспомогательного насоса и включения основного.

Пример 1. Значение давления $h_{гр} = 0,74$ МПа (рис. 2).

Результаты расчета: значения давления и скорости в начале сети, давления в точке 9 и частоты вращения основного насоса – показаны на рис. 2. Как видно из графика, снижение давления в начале сети начинается через 3 с после начала открытия задвижки. Снижение давления ниже 0,74 МПа, т. е. включение основного насоса и отключение вспомогательного происходит через 17,1 с после начала открытия задвижки.

К моменту времени 18,05 с напор вспомогательного насоса становится

ниже давления в сети, и обратный клапан на напорной линии закрывается и отключает его от сети. К этому же моменту напор основного насоса становится больше давления в начале сети, и насос начинает подавать воду в сеть. Частота вращения основного насоса становится номинальной к 18,4 с.

Пример 2. Значение давления $h_{гр} = 0,64$ МПа.

Результаты расчета показаны на рисунке 3. Снижение давления в начале сети начинается через 8 с после начала открытия задвижки.

Снижение давления ниже 0,64 МПа, т. е. включение основного насоса и отключение вспомогательного происходит через 26,9 с после начала открытия задвижки. К моменту времени 27,85 с напор вспомогательного насоса становится ниже давления в сети, и он отключается от сети.

К этому же моменту напор основного насоса становится больше давления в начале сети, и насос начинает подавать воду в сеть. Частота вращения основного насоса становится номинальной в момент времени 28,1 с.

Пример 3. Значение давления $h_{гр} = 0,54$ МПа.

Результаты расчета показаны на рисунке 4. Снижение давления в начале сети начинается через 8 с после открытия задвижки. Уменьшение давления ниже 0,54 МПа, т. е. включение основного насоса и отключение вспомогательного происходит через 30,9 с после открытия задвижки.

К моменту времени 32 с происходит закрытие обратного клапана на напорной линии вспомогательного насоса, и воду в сеть начинает подавать основной насос. Частота вращения основного насоса становится номинальной к 32,1 с.

Для случаев, рассмотренных в двух последних примерах, в качестве вспомогательного насоса был принят насос марки ЗК-6, характеристика которого была задана параметрами:

$$H_{\delta 0} = 63 (D_{PK} = 218 \text{ мм}); H_{\delta 0} = 49 (D_{PK} = 192 \text{ мм}).$$

Соответственно для 4 и 5 примеров: $S_0 = 62500$; $n_{\delta 0} = 2950$; $GD^2 = 0,27$.

Суммарный расход в сети, равный сумме утечек в узлах сети, был принят

равным 12,6 л/с ($\sum q_0 = q_0 n = 0,6 \cdot 21$).

Пример 4. Значение давления $h_{гр} = 0,44$ МПа.

Напор бустерного насоса при стационарном режиме работы в соответствии с подачей 12,6 л/с составил 52 м, давление в точке 9 при этом – 0,61 МПа (62 м). Снижение давление в начале сети начинается через 3 с после начала открытия задвижки. Уменьшение давления ниже 0,44 МПа, т. е. включение основного насоса и отключение вспомогательного происходит через 10,4 с после начала открытия задвижки.

К моменту времени 10,75 с напор вспомогательного насоса становится ниже давления в сети, и обратный клапан на напорной линии закрывается и отключает его от сети. К этому же моменту времени напор основного насоса становится больше давления в начале сети, и насос начинает подавать воду в сеть. Частота вращения основного насоса становится номинальной к 11,4 с.

Пример 5. Значение давления $h_{гр} = 0,34$ МПа (35 м). Напор бустерного насоса при стационарном режиме работы в соответствии с подачей 12,6 м/с составил 14 м, давление в точке 9 при этом – 0,49 МПа (50 м). Снижение давления в начале сети начинается через 5 с после начала открытия задвижки. Уменьшение давления ниже 0,34 МПа, т. е. включение основного насоса и отключение вспомогательного происходит через 10,2 с после открытия задвижки.

К моменту времени 10,7 с происходит закрытие обратного клапана на напорной линии вспомогательного насоса, и воду в сеть начинает подавать основной насос. Частота вращения основного насоса становится номинальной к 11,5 с.

Из приведенных расчетов видно, что изменение значения давления в начале ЗОС от 0,74 до 0,84 МПа, при котором включается основной насос и отключается вспомогательный, при сохранении без изменения параметров вспомогательного насоса, приводит к увеличению от 18,05 с до 32 с времени от момента начала открытия задвижки до начала подачи воды в сеть основным насосом (примеры 1, 2, 3).

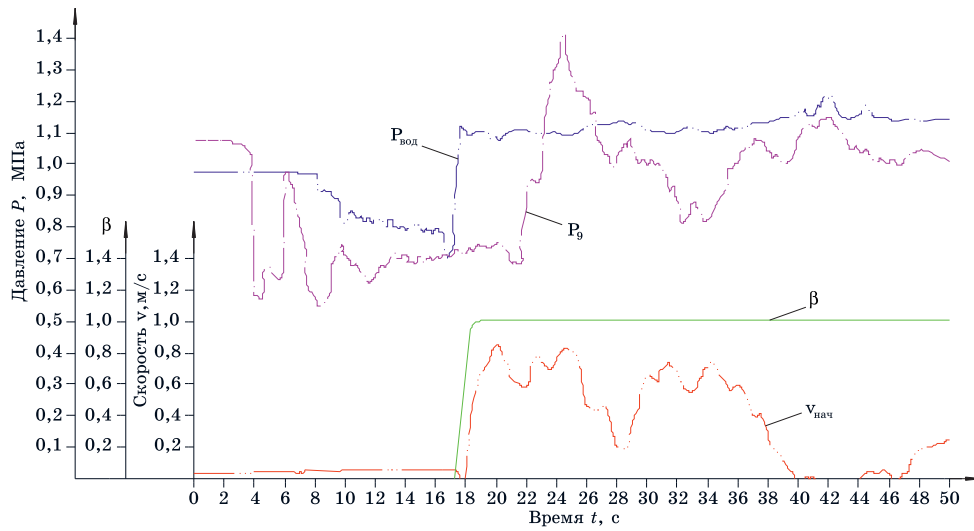


Рис. 2. Автоматический пуск основного насоса при открытии задвижки в точке 9 сети; $h_{гр} = 0,74$ МПа (75 м): $v_{нач}$ – скорость в начале сети, м/с; $P_{вод}$ – давление в начале сети, МПа; P_9 – давление в точке 9 сети, м; β – относительная частота вращения основного насоса

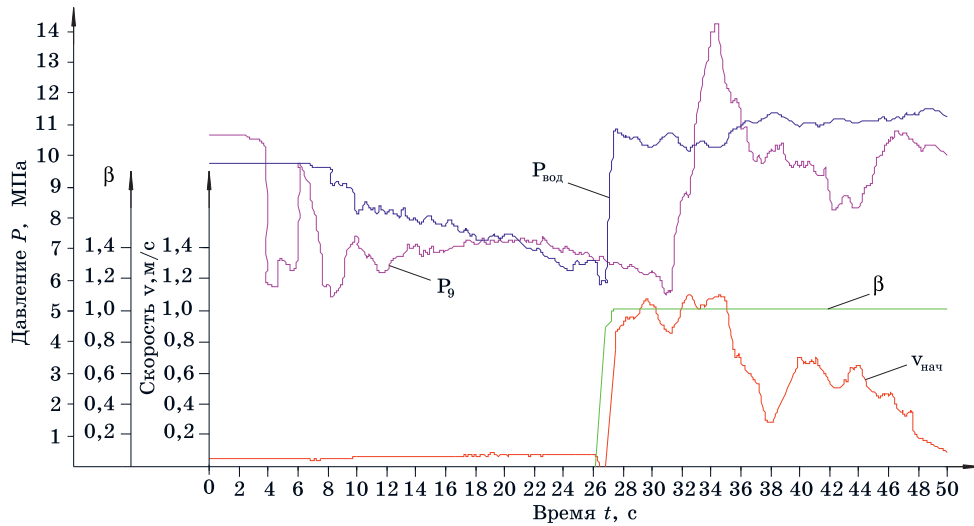


Рис. 3. Автоматический пуск основного насоса при открытии задвижки в точке 9 сети; $h_{гр} = 0,64$ МПа (65 м) (обозначения на рисунке соответствуют обозначениям на рис. 2)

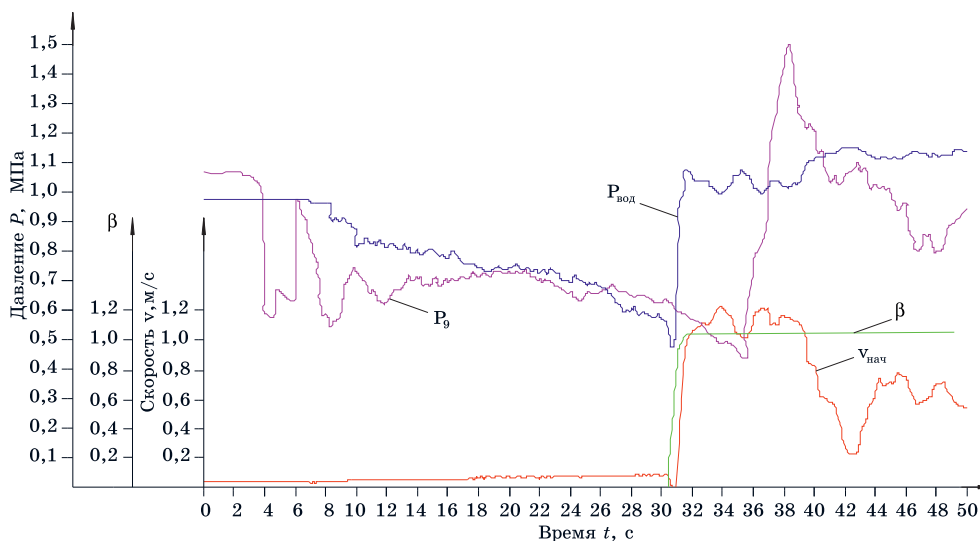


Рис. 4. Автоматический пуск основного насоса при открытии задвижки в точке 9 сети; $h_{гр} = 0,54$ МПа (55 м) (обозначения на рисунке соответствуют обозначениям на рис. 2)

Выводы

Проведенные расчетно-теоретические исследования позволяют разработать рекомендации по защите напорных водоводов рассматриваемых насосных станций от недопустимых колебаний давления при переходных процессах, возникающих при пуске насосных агрегатов.

Наиболее сложным вопросом при подготовке исходных данных является назначение времени переходного процесса, для которого выполняется расчет. Время принималось так, чтобы параметры, определяющие переходные процессы, заведомо получили бы за этот период экстремальные значения. Правильность принятого времени переходного процесса проверялась по изменению частоты вращения ротора насосного агрегата.

1. Аршеневский Н. Н. Пospelov B. B. Переходные процессы крупных насосных

станций. – М.: Энергия, 1980.

2. Бегляров Д. С. Защита напорных коммуникаций напорной станции от гидравлического удара // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 10. – С. 55–57.

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

Материал поступил в редакцию 30.09.13.

Бегляров Давид Суменович, доктор технических наук, профессор кафедры «Насосы и насосные станции»

Тел. 8 (499) 976-11-85

Беглярова Эвелина Суменовна, кандидат технических наук, профессор

Тел. 8 (499) 976-21-56

Апресян Давид Шамилович, кандидат технических наук, ведущий инженер

E-mail: fender-omega@mail.ru

Тел. 8-926-569-34-34

УДК 502/504:551.311

К. Н. АНАХАЕВ, О. Л. АНТОНЕНКО

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт», Нальчик

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СЕЛЕОПАСНОСТИ БАССЕЙНОВ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ ВОДОТОКОВ

Разработана методика дифференцированной оценки территории селевых бассейнов горных водотоков с ранжированием их на различные уровни селеопасности, позволяющая разделить действительно селеопасные территории от практически безопасных в селевом отношении. Дано определение понятий водосборного и селевого бассейнов водотоков.

Селевой бассейн, водосборный бассейн, селеопасность, конус выноса.

The technique of the differentiated assessment of the territory of torrential pools of mountain water currents with their ranging on various levels of the seleopasnost, allowing to divide really mudflow territories from almost safe in the torrential relation is developed. Differentiation of concepts of water-collecting and torrential pools of water currents is given also.

Torrential pool, catchment basin, seleopasnost, carrying out cone.

Одними из самых опасных склоновых процессов, протекающих на горных и предгорных территориях, являются сходы селевых потоков (селей). В большинстве случаев эти грозные стихийные явления сопровождаются весьма негативными воздействиями как на природные ландшафты (размывы берегов, создание запруд в руслах

водотоков, провокации оползней и обвалов, уничтожение лесов, пастбищ), так и на селитебные территории (завалы и разрушения населенных пунктов, промышленных и гражданских объектов, инженерных сооружений). Довольно часто в селевые потоки попадают автомашины, сносятся с путей железнодорожные составы. Нередко в