

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ СОПРЯГАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ С ПЕРЕХОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

О.Я. Гловацкий, О.Х. Низамов, А.И. Азимов, Ш.М. Шарипов
(НИИИВП при ТИИМ)

The Considered particularities of the connecting processes in pressure pipe line pumping station. Examination of the row pumping station in Zarafshan and Navoyi region has allowed to elaborate main types disadvantage mode at emergencies.

Рассмотрены особенности переходных процессов в напорных трубопроводах насосных станций. Обследование ряда насосных станций в Зарафшанском и Навойском районах позволило уточнить основные виды неблагоприятных режимов при аварийных ситуациях.

Насос станцияларда босимли трубопроводлардаги ўтиш жараёнининг ўзига хос хусусиятлари кўриб чиқилган. Зарафшон ва Навоий вилоятларидаги қатор насос станцияларини текширганда авария ҳолатидаги ноқулай режимларнинг асосий турларини аниқлашга имкон берди.

В результате выполнения отдельных этапов фундаментальных исследований по проекту ҚХФ-5-016 в 2012 г. проведен ряд работ к теории управления технологическими режимами сопрягающих сооружений насосных станций (НС) с переходными процессами. Рассмотрены особенности переходных процессов при неустановившемся движении жидкости в напорных трубопроводах НС.

Обследование ряда НС в Зарафшанском и Навойском БУИС позволило уточнить следующие виды неустановившихся режимов при аварийных ситуациях: трехфазное короткое замыкание на шинах, сопровождающееся отключением станции от сети и полной остановкой насосных агрегатов (НА); авария в энергетической системе, приводящая к отключению НС от системы; гидравлический удар, резкое изменение скоростей течения и давлений в напорных трубопроводах в результате регулирования задвижек, дисковых затворов, обратных клапанов при пусках и остановках НА; помпажные режимы центробежных насосов во время пуска; разгонные режимы насосов во время остановки при открытых задвижках на напорных трубопроводах или закрытых клапанах срыва вакуума на сифонных водосбросах. В большинстве случаев неустановившиеся режимы связаны с пуском или остановкой НА и имеющимися при этом изменениями давления и подачи.

Во время обследования НС «Мехнатобод 3» вода до водовыпуска не доходит при работе одного из двух проектных агрегатов, т.е. НС не выполняет проектные режимы. Зафиксированы три большие действующие несанкционированные врезки в напорный трубопровод, в том числе с большим расходом в канал «Прогресс». В ремонте находится два НА при отсутствии электродвигателей. Причина - условия эксплуатации при неустановившихся процессах и некачественный ремонт электродвигателей, причём статор одного из них сгорел после ремонта через 1,5 часа после включения. В 2011 г. был прорван напорный трубопровод, что привело к полному затоплению станции. На напорном трубопроводе не работают проектные вантузы и оборудование находится под постоянной угрозой гидравлического удара. Продолжительность отключений в часах на НС «Мехнатобод 3» в период вегетации 2012 г. увеличилась по месяцам: март - 148, апрель - 96, май - 288, июнь - 532, июль - 738, всего – 1802 ч. Таким образом время эксплуатации НС при неустановившихся процессах постоянно возрастает.

Особенности переходных процессов при неустановившемся движении жидкости в напорных трубопроводах НС установлены на основе анализа технологий эксплуатации водовыпусков, прерывающих обратный ток воды в напорные трубопроводы НС.

В настоящее время НС проектируются, в основном, без учета гидравлических процессов сопрягающих сооружений, влияющих на работу агрегата. Исследовательские испытания неустановившихся неблагоприятных режимов, носящие индивидуальный характер, пока недостаточны для дальнейшего повышения эффективности методов эксплуатации и усовершенствования защитных конструкций [1, 2].

Существующие до сих пор предложения по улучшению распределения скоростей потока

имеют много положительных сторон, но все они сопряжены с необходимостью остановки станции на время реконструкции (что в условиях круглогодичного, круглосуточного цикла невозможно); технические предложения, изложенные в этой работе, предполагают проведение монтажных и строительных работ по установке устройств для выравнивания скоростей потока, не нарушая требуемого ритма водоподачи НС и сложные переходные процессы.

Поэлементный анализ методов управления технологическими режимами сопрягающих сооружений с переходными процессами включает:

- анализ возможных режимных ситуаций, связанных с переходными процессами на НС;
- модели внешних воздействий на НС с учетом технологических, эксплуатационных и других требований;
- средние квадратичные отклонения и корреляционные моменты предельных и действующих значений количественных признаков;

Управление режимами сопрягающих сооружений крупной НС в общем виде можно определить многопараметрической функцией, которая имеет такой вид:

$$\omega(\tau) = f[\omega_z(\tau), \omega_{pz}(\tau), \omega_{kn}(\tau), \omega_{zz}(\tau), \omega_{kl}(\tau), \omega_z(\tau), \omega_n(\tau)] \quad (1)$$

где $\omega_z(\tau)$ - обобщенный параметр гидравлических условий неустойчивых неблагоприятных режимов;

$\omega_{pz}(\tau)$ - обобщенный параметр условий размыва или заиления;

$\omega_{nx}(\tau)$ - обобщенный параметр переходных процессов;

$\omega_{zz}(\tau)$ - обобщенный параметр гидрологических и геотехнических условий;

$\omega_{kl}(\tau)$ - обобщенный параметр климатических условий;

$\omega_z(\tau)$ - обобщенный параметр условий эксплуатации;

$\omega_n(\tau)$ - обобщенный параметр неучтенных приведенным перечнем факторов.

Каждый обобщенный параметр может быть расчленен на отдельные параметры. Так, обобщенный параметр может быть представлен как функция отдельных параметров.

$$\omega_{nx}(\tau) = \omega_{pac}(\tau) \omega_{cx}(\tau) \omega_{mex}(\tau) \quad (2)$$

где $\omega_{pac}(\tau)$ - параметр совершенствования приемов расчета сопрягающих сооружений;

$\omega_{cx}(\tau)$ - параметр совершенствования технологической схемы НС;

$\omega_{mex}(\tau)$ - параметр совершенствования технологических режимов сопрягающих сооружений.

При оценке работы НС при неустойчивых неблагоприятных режимах можно использовать формулу для расчета готовности объекта, которая учитывает отношение времени работы элементов НС при нормальных режимах ко времени всей работы НС.

$$K_z = \frac{T}{T + T_g} \quad (3)$$

где T - среднее время работы НС;

T_g - время восстановления НС (или другого элемента).

Указанный коэффициент K_z учитывает задержку пуска насосных агрегатов после отключения электроэнергии из-за перегрева в жаркий период года. Такая задержка на НС «Пай», «Сувчи» в августе 2012 г. составляла в среднем 2-3 часа после каждого отключения.

Область состояний объекта определяется также условием $I_d < I_{пр}$, область отказов - $I_d > I_{пр}$. Условие вероятности безотказности при этом можно представить как:

$$Вер\{I_{np} - I_o = u > 0\} \quad (4)$$

где $I_{пр}$ - предельное значение определяющего параметра неустойчивых неблагоприятных режимов, при котором наступает отказ;

I_d - действующее при обычной эксплуатации значение параметра.

При этом особое значение приобретает установление режимов переходных процессов в каналах, сифонах и трубопроводах на каскадах НС, оценка их влияния на работоспособность оборудования станций.

Полученные количественные зависимости позволяют оценивать взаимное влияние конструкций гидротехнических элементов узла машинного водоподъема и работы насосов.

Трудности измерения параметров в условиях эксплуатации неустановившихся неблагоприятных режимов не являются основанием к тому, чтобы не устанавливать эксплуатационные допуски, так как потребитель без указания этих допусков не сможет правильно оценить эффективность работы насоса в системе.

Авторы предлагают посредством поэлементного анализа методов управления технологическими режимами сопрягающих сооружений с переходными процессами указать «порог» эффективной эксплуатации НА.

В дальнейших исследованиях необходимо уделить особое внимание вопросам оптимального времени неустановившихся неблагоприятных режимов.

Приемы, описанные в данной работе, одни из первых в этой области. Однако уже они открывают новые перспективы в области методов управления технологическими режимами сопрягающих сооружений с переходными процессами.

При рассмотрении влияния вредных процессов на выходные параметры НА следует учитывать, что на скорость процесса может влиять и «обратная связь», существующая между состоянием НА и теми процессами, которые в ней протекают.

Взаимодействие НА с протекающими в ней процессами можно представить в виде замкнутой системы (рис. 1).

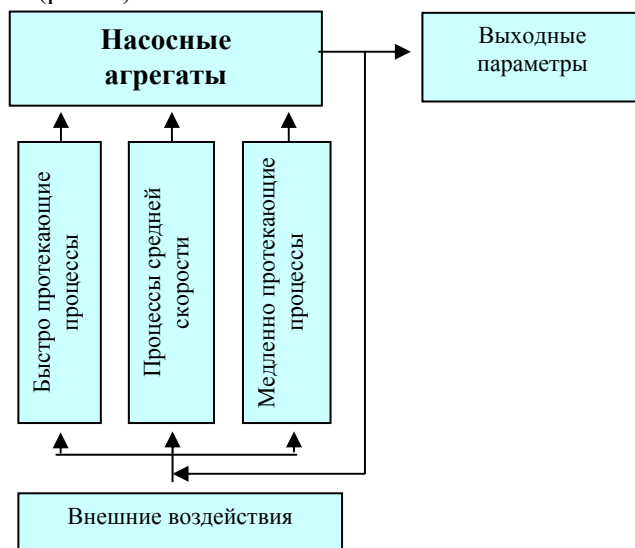


Рис. 1 - Процессы, действующие на НА при их эксплуатации

Основными задачами комплексного анализа региональных условий работы сопрягающих сооружений НС с переходными процессами являются:

- выявление отклонений от проектных решений, повреждений, дефектов конструкций сооружений, которые могут стать причиной аварий, опасных изменений процессов при защите комплексов НС с переходными процессами;

- установление факторов, определяющих риск опасности НС при неустановившемся движении воды в аванкамерах, водоприемниках, сифонных водовыпусках, проточной части гидроагрегатов, напорных трубопроводах;

- проверка экспериментальным путем соответствия математической модели для прогноза значений характеристик гидравлических переходных процессов в напорных системах водоподачи НС, физической картине явлений, характеризующей сложные переходные процессы при остановке НА закрытием запорных устройств.

- создание методики расчета переходных процессов, возникающих при аварийных отключениях НА, учитывающей влияние новых потокоформирующих систем;

- определение возможности практического решения конкретных задач расчета переходных

процессов при использовании в качестве средств защиты НС.

Проведенные авторами исследования показали, что для правильного представления явления удара, вызванного остановкой высоконапорных центробежных насосов, необходимо учитывать возможность образования разрывов струи воды в напорном трубопроводе и некоторые свойства насоса, такие, как инерцию вращающихся масс (насоса и двигателя вместе), и способность пропускать через себя воду после остановки.

Исследования показали, что благодаря этим обстоятельствам, действительно давление при ударе не превышает двойного статического, величины, исчисленной по Н.Е. Жуковскому, за вычетом потерь напора. Однако это не является общим для всех НА. В ряде случаев удар, как и при быстром закрытии задвижки, достигает своей максимальной величины, определяемой по формуле Н.Е. Жуковского [3].

Основными причинами, вызывающими гидравлические удары в напорных трубопроводах, являются: аварийные отключения НА и изменение степени открытия запорной арматуры. Аварийное отключение НА происходит при неисправности насоса или двигателя - при этом отключается один агрегат из нескольких работающих; при отключении электропитания НС отключаются все НА.

Гидравлические удары, вызываемые аварийными отключениями одного из параллельно работающих насосов, в основном, локализуются в напорных коммуникациях насосов и относительно мало распространяются на напорные трубопроводы. В связи с тем, что остальные насосы продолжают подавать воду, часть ее поступает к отключенному, что обуславливает быстрое изменение направления движения в напорной линии отключаемого насоса. Установка обратного клапана на напорной линии вызывает закрытие его тарели с резким, но относительно непродолжительным повышением давления и механическим ударом тарели о седло. При отсутствии обратного клапана поток воды в обратном направлении в напорной линии насоса вызовет реверсивное вращение ротора НА. При недопустимом реверсивном вращении следует предусмотреть автоматическое отключение всех НА.

Гидравлические удары, вызываемые аварийным отключением электропитания двигателей, начинаются с понижения давления. После отключения НА уменьшаются частота вращения, подача воды и напор насосов. От НС в сторону водовыпускного сооружения распространяются волны понижения давления. При этом происходит частичное отражение волн в местах изменения диаметра, отборов воды, установки запорной и противоударной арматуры и по длине трубопровода вследствие гидравлического сопротивления (потерь напора на трение). При достижении волной понижения давления водовыпускного сооружения происходит ее отражение волной повышения, которая распространяется в направлении к зданию НС. Это вызывает дальнейшее уменьшение скорости воды в трубопроводе, приводящее к изменению направления движения воды.

При наличии на напорных линиях насосов обратных клапанов движение воды в обратном направлении вызывает их закрытие. Резкое торможение потока воды приводит к значительному повышению давления в трубопроводе.

При отсутствии обратных клапанов вода будет сбрасываться через насосы, что вызовет вращение рабочих колес насосов в обратном направлении (реверсивное вращение). Учёт этих факторов служит основой современной теории управления технологическими режимами сопрягающих сооружений НС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гловацкий О.Я., Джураев С.Р., Ильясов Р.С., Мухсимов Т.М. Мероприятия по борьбе с гидравлическими ударами, возникающими в водоводах при внезапном выключении насосов // Нанотехнология ва қайта тикланадиган энергия манбалари: муаммолар ва ечимлар. Республика илмий-амалий анжуман материаллари. - Қарши, 2012. – С. 130-131

2. Виссарионов В.И., Кукушкин В.А. Исследования переходных процессов в водопроводящем тракте насосных станций. // Автоматизация закрытых оросительных систем. – Новочеркасск, 1995. – С. 181-187

3. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. - М.: Гостехиздат, 1949. – С. 1-26