

*В.Н. Бондаренко**, *В.А. Герлига***, *В.С. Киров***, *А.Н. Рыбчук**

*Ровенская атомная электрическая станция, Кузнецовск, Ровенская об., 34400

**Одесский национальный политехнический университет, пр. Шевченко, 1, Одесса, 65044

РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЧЕТВЕРТОГО БЛОКА РОВЕНСКОЙ АЭС ПРИ АВАРИЙНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ НАСОСОВ

В работе рассматривается динамика гидравлических процессов в закрытой системе циркуляционного водоснабжения (СЦВ) четвертого блока Ровенской АЭС при аварийном отключении насосов. Показано то, что при отключении насосов следует ожидать значительных переливов воды на промплощадке и, что единственным пассивным способом устранения переливов является наращивание бортов аванкамер СЦВ.

Ключевые слова: насос, трубопровод, перелив.

There is rated the dynamics of hydraulic processes in the closed system of circular water supply (CWS) of fourth block of Rovno NPP in case of emergency switching of pumps in this work. It is noticed that there are sizable water overflow on the technical area in case of switching of the pumps and the only passive way to escape the overflows is the joint of bunts of antechambers of the CWS.

Keywords: pump, piping, overflow.

I. ВВЕДЕНИЕ

Система централизованного водоснабжения (СЦВ) четвертого блока Ровенской АЭС принципиально отличается от СЦВ других АЭС Украины и стран СНГ, в которых в системе охлаждения конденсатора используются градирни. Это отличие заключается в том, что все потоки воды заключены в трубы, т.е. отсутствуют открытые каналы.

В такой ситуации возникает опасение, что при аварийном отключении насосов колебания расходов воды в трубопроводах могут привести к переполнению в водоприемных камерах (ВПК) блочной насосной станции (БНС) и насосной станции градирен (НСГ), что недопустимо.

Другая опасность: при отключении насосов определяющей силой при движении воды в системе «ВПК БНС – конденсатор – ВПК НСГ» будет инерционная сила потока в сливных трубопроводах после конденсаторов из-за их большой длины. Эта сила может привести к понижению давления в верхней точке выходных коллекторов конденсатора ниже допустимого.

С помощью созданных математических моделей были проведены расчеты переходных процессов в СЦВ при останове одного, двух, трёх и четырёх насосов на БНС и одновременно на НСГ. При расчете динамических процессов, происходящих в СЦВ после отключения насосов, в первую очередь обращалось внимание на поведение уровней в ВПК НСГ и ВПК БНС.

Результаты расчета позволяют проектантам СЦВ выбрать пути ликвидации переливов или управления переливами.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Матмодель содержит: нестационарные уравнения Бернулли для каждого трубопровода системы, нестационарные уравнения баланса для воды в ВПК и бассейнах градирен, нестационарные уравнения вращательного движения для систем “электродвигатель-насос”, уравнения Бернулли для движения воздуха в Вестовых трубах и нестационарные уравнения баланса массы воздуха в Вестовых трубах и в воздушных полостях под Вестовыми трубами.

Математическая модель динамических процессов в СЦВ составлялась с использованием разработок других авторов [1-3].

В общей сложности математическая модель содержит около пятидесяти дифференциальных уравнений первого порядка.

На основе указанной матмодели была разработана расчетная программа, позволяющая рассчитать поведение во времени давления, расхода в любых точках системы и изменение во времени высоты уровня воды в ВПК и бассейнах градирен при включении и выключении насосов.

Так, расчеты, проведенные на базе созданной математической модели при одновременном отключении насосов БНС и НСГ, дали следующие результаты:

а) Случай, когда вода из раздающей системы градирен сливается самотёком в ВПК НСГ; одновременное отключение 4х насосов БНС и 4х насосов НСГ.

Расчетные результаты по величинам переливов воды на промплощадку для рассматриваемого варианта при ВПК без перекрытия представлены в таблице 1.

Из приведенной таблицы видно, что при возможном останове 4-х насосов БНС и 4-х насосов НСГ из ВПК НСГ и ВПК БНС может выливаться на промплощадку блока значительное количество воды, что недопустимо.

Далее рассматривались различные пассивные варианты уменьшения перелива (увеличение площадей зеркал жидкости в открытых ВПК, наращивание бортов ВПК, слив воды из распределительной системы градирен в бассейн).

Таблица 1. Расчетные результаты по величинам переливов воды на промплощадку.

Углы разворота лопастей насосов, градусы		Объемы перелива воды на промплощадку, м ³					
БНС	НСГ	ВПК БНС	ВПК НСГ	Вестовая труба №1		Вестовая труба №2	
		останов	останов	пуск	останов	пуск	останов
2	0	2010,422	3162,225	35,905	4,447	36,215	4,508
2	-10	1761,990	2068,252	37,027	4,123	37,355	4,189
-10	0	1233,639	3622,634	26,890	3,619	27,133	3,680
-10	-10	1028,259	2500,508	27,659	3,082	27,914	3,145

1. Ликвидация переливов в ВПК БНС и ВПК НСГ путем увеличения объема (за счет увеличения зеркала) открытых ВПК.

Данные по устранению переливов за счет увеличения площади зеркал воды в ВПК СЦВ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Данные по устранению переливов за счет увеличения площади зеркал воды в ВПК СЦВ.

Углы разворота лопастей насосов, градусы		Требуемое увеличение площади зеркал воды в ВПК СЦВ, раз	
БНС	НСГ	ВПК БНС	ВПК НСГ
2	0	11	9
2	-10	10	8
-10	0	9	7
-10	-10	8	7

Из приведенных данных (см. табл. 2) следует, что для избежания перелива необходимо большое увеличение сечений ВПК, а также, что переливов в ВПК за счет создания пассивных систем – дополнительных резервуаров воды – не избежать, так как их размеры технически неприемлемы (нереализуемы для данных условий промплощадки).

2. Устранение переливов ВПК БНС и ВПК НСГ путем наращивания бортов ВПК.

Результаты расчетов переливов за счет наращивания бортов в открытых ВПК СЦВ при отключении всех насосов представлены в таблице 3. При этом перекрытия на ВПК отсутствовали.

Таблица 3. Уровни воды в ВПК СЦВ при намощенных бантах.

Углы разворота лопастей насосов ВПК, градусы		Высота подъема уровня при намощенных бантах	
БНС	НСГ	БНС	НСГ
2	0	189,91	189,79
2	-10	189,47	189,24
-10	0	189,7	189,88
-10	-10	189,28	189,34

Из таблицы 3 следует, что за счет наращивания бортов можно избежать переливов воды из ВПК при включении всех насосов СЦВ.

В качестве примера на рис.1 представлено поведение уровней воды в ВПК БНС и НСГ после одновременного отключения всех насосов. Прямые линии до момента отключения изображают величины уровней на стационарном режиме. Из рисунка видно, что промежуток времени, в течение которого уровни воды превышают допустимые, меньше 200с.

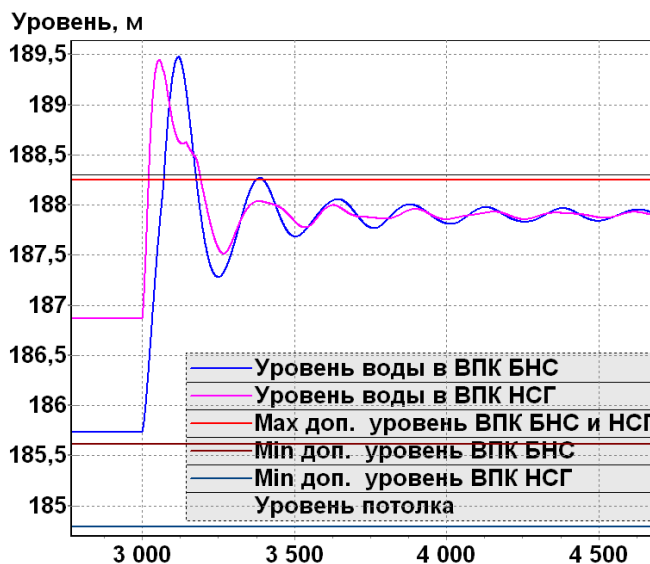


Рис.1. Изменение уровня воды в ВПК БНС и ВПК НСГ после отключения насосов.

б) Вариант, когда вода из распределительной системы градирен сливается в бассейны градирен; принятое по оценке время слива – 300 секунд; одновременное отключение четырех насосов БНС и четырех насосов НСГ.

Расчетные результаты по величинам переливов воды на промплощадку для рассматриваемого варианта представлены в таблице 4.

Таблица 4. Величины вылива воды на промплощадку.

Углы разворота лопастей насосов ВПК, градусы		Объемы перелива воды на промплощадку, м ³					
БНС	НСГ	БНС	НСГ	Вестовая труба №1		Вестовая труба №2	
				пуск	останов	пуск	останов
2	0	1863,255	1089,203	35,272	4,331	35,575	4,385
2	-10	1618,728	541,376	36,292	3,913	36,611	3,966
-10	0	1160,850	1040,133	26,565	3,658	26,823	3,715
-10	-10	1059,322	480,543	27,115	3,004	27,364	3,059

Анализ расчетных данных показывает, что при реконструированных раздающих системах градирен переливы значительно уменьшатся, но не ликвидируются совсем. Учитывая, что реконструкция градирен, связанная с перенаправлением слива воды с распределительной системы, сложна и дорогостоящая, этот вариант в дальнейшем не рассматривается.

Анализ переходных процессов в исходной СЦВ при отключении двух, четырех и шести насосов (в попарном сочетании насосов НСГ и БНС) показал, что переливы существуют также при отключении четырех насосов (2 НСГ и 2 БНС) и шести насосов (3 НСГ и 3 БНС). Причем в первом случае переливы меньше в 3-4 раза, чем отмеченные в таблице 1, а во втором случае в 1,5-2 раза меньше.

Приведенные расчетные величины по переливам были получены при учете засасывания воздуха в вестовые трубы и вытеснения этим воздухом воды из трубопроводов в ВПК.

Отсутствие попадания воздуха через вестовые трубы в трубопроводы, связанные с ВПК, уменьшает величины переливов почти в два раза.

При этом необходимо отметить, что через вестовые трубы большая часть перелива воды происходит при пуске насосов, а при отключении насосов, в зависимости от углов разворота лопастей насосов, перелив составляет порядка 3-5 м³, в зависимости от углов разворота лопастей насосов. В качестве примера для одного из режимов отключения насосов СЦВ на рис. 2 представлены изменения уровня воды в вестовой трубе и под ней, в магистральных трубопроводах, в зависимости от времени.

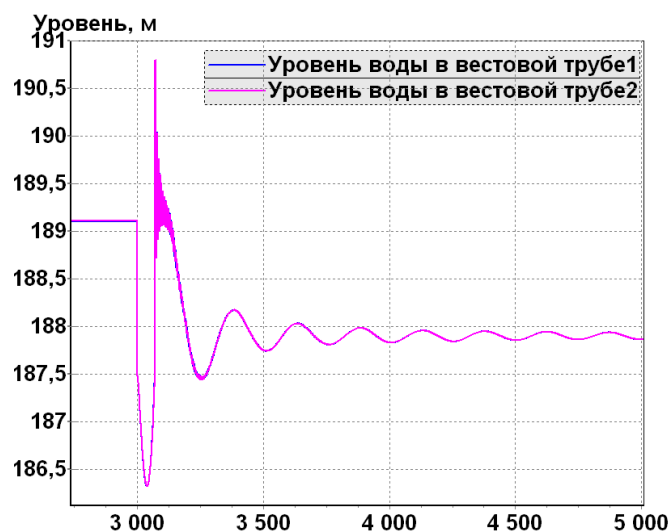


Рис.2. Изменение уровня воды в вестовых трубах СЦВ после отключения насосов.

III. ВЫВОДЫ.

Из полученных в данной работе расчетных данных следует:

1. В первоначально реализованной на РАЭС закрытой СЦВ при отключении четырех (двух БНС и двух НСГ) и более насосов наступают переливы воды из ВПК. Максимальные величины переливов составляют 5253,721 м³ (вариант отключения восьми насосов и углах разворота лопаток 2° и 0°, для БНС и НСГ, соответственно).

2. Анализ различных способов уменьшения переливов показал, что:

- слив воды из водораспределительной системы градирен в их бассейны (при соответствующей реконструкции) не ликвидируют переливы;
- ликвидация переливов за счет увеличения зеркала воды в ВПК требует больших площадей этих зеркал, а это технически нереализуемо для условий промплощадки РАЭС;
- единственным пассивным способом ликвидации переливов в закрытых СЦВ при отключении всех насосов является наращивание бортов ВПК БНС и ВПК НСГ.

Предлагается борта ВПК нарастить до отметки 190,3 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршеневский Н. Н., Поспелов Б. Б. Переходные процессы крупных насосных станций. – М.: Энергия, 1980. – 110 с.
2. Новодережкин Р. А. Насосные станции систем технического водоснабжения ТЭС и АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 265 с.
3. Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 248 с.: ил.