

А. Н. Нещерет, заведующий отделом питательных и многоступенчатых насосов,
 В. Н. Киселев, заместитель заведующего отделом питательных и многоступенчатых насосов по насосному оборудованию для тепловой энергетики,
 А. А. Козацкий, заместитель заведующего отделом питательных и многоступенчатых насосов по насосному оборудованию для АЭС (ПАО «ВНИИАЭН», г. Сумы, Украина)

Модернизация двухкорпусных питательных насосов для тепловых электростанций

Представлена информация о модернизации двухкорпусных питательных насосов, разработанных в ПАО «ВНИИАЭН» для тепловых электростанций с котлами на 140 и 255 кгс/см². Приведены конструктивные решения модернизированных насосов, которые обеспечили повышение надежности и экономичности их работы.

Ключевые слова: насос, модернизация, надёжность, экономичность.

Репрезентовано інформацію щодо модернізації двокорпусних живильних насосів, розроблених в ПАТ «ВНІІАЕН» для теплових електростанцій з котлами на 140 і 255 кгс/см². Наведено конструктивні рішення модернізованих насосів, що забезпечили підвищення надійності та економічності їх роботи.

Ключові слова: насос, модернізація, надійність, економічність.

This article presents information on the modernization of the barrel casing boiler feed pumps designed by PJSC «VNIIAEN» and intended for thermal power plants with boilers of 140 and 255 kgf/cm². It contains the design solutions of the modernized pumps resulted in improving their operating reliability and efficiency.

Keywords: pump, modernization, reliability, operating efficiency.

Для нужд тепловых электростанций (на докритическое давление 140 кгс/см²) мощностью до 200 МВт включительно, а также для блоков 300 МВт и турбоустановок Т250-240 на сверхкритические параметры были поставлены питательные насосы типа ПЭ 380, ПЭ 430, ПЭ 500, ПЭ 580, ПЭ 720 и ПЭ 600, спроектированные в ПАО «ВНИИАЭН» и изготовленные АО «Сумский завод «Насосэнерго-маш».

Первые пять типов насосов устанавливались на блоках с докритическими параметрами в качестве основных питательных насосов с частотой вращения ротора насоса 3000 об/мин (синхр.), а насос типа ПЭ 600 используется на блоках мощностью 300 МВт и турбоустановках Т250-240 в качестве пускорезервного насоса. Частота вращения ротора этого насоса (6300 об/мин) обеспечивается за счёт гидромуфты и редуктора с приводом от асинхронного двигателя (3000 об/мин синхр.).

При разработке конструкции

этих агрегатов концептуально были приняты следующие решения:

- агрегаты должны состоять из насоса и электродвигателя, соединённых между собой зубчатой муфтой; в зависимости от требований заказчика агрегаты могут состоять из насоса, гидродинамической муфты и электродвигателя;
- насосы должны быть центробежными, горизонтальными, двухкорпусными с внутренним корпусом секционного типа;
- в качестве разгрузочного устройства от осевых сил, действующих на рабочие колеса, принимается гидропятя;
- концевые уплотнения ротора насоса - щелевые (лабиринтного типа);
- посадка рабочих колёс на вал - скользящая;
- по требованию заказчика для обеспечения впрыска в пароперегреватель котла предусматривается отбор питательной воды от промежуточной ступени;
- прогрев насоса для исключения изгиба наружного корпуса в пе-

риод стоянки насоса;

- уплотнение стыка «наружный корпус + крышка напорная» обеспечивается металлической прокладкой;
- в качестве подшипниковых опор применяются подшипники скольжения с принудительной смазкой.

Первоначально для вновь строящихся блоков мощностью до 200 МВт в соответствии с данной концепцией изготавливались и поставлялись питательные насосы с напором 2030 м (для барабанных котлов) и 2190 м (для прямоточных котлов) на подачи 380 и 430 м³/ч с подпором 12 м и на подачи 500, 580 и 720 м³/ч с подпором 15 м.

Впоследствии была выполнена модернизация этих насосов с сохранением кавитационного запаса, которая обеспечила межпроектную унификацию ~ 95 %, и насосы получили маркировку: ПЭ 380-185/200-2, ПЭ 580-185/200-2 и ПЭ 720-185-2.

Параметры насосов представлены в табл. 1.

Такой высокий коэффициент межпроектной унификации обеспе-

Таблица 1. Параметры насосов

Наименование показателя	Типоразмер насоса			
	ПЭ 380-185/200-2	ПЭ 580-185/200-2	ПЭ 720-185/2	ПЭ 600-30
Подача номинальная, м ³ /ч	380	580	720	600
Напор при номинальной подаче, м	2030/2190* 3000 (синхр.)	2030/2190* 3000 (синхр.)	2030 3000 (синхр.)	3290 6300
Температура перекачиваемой питательной воды, °С	165	165	165	165

*В числителе указано значение для барабанного котла, в знаменателе – для прямоточного

чен за счёт того, что насосы отличаются только геометрией проточных частей рабочих колёс и направляющих аппаратов при сохранении всех их габаритных и посадочных размеров. Остальные узлы и детали (наружный корпус, крышки входная и напорная, секции, вал, концевые уплотнения, подшипниковые узлы, плита) идентичны. Иными словами, внутренние корпуса секционного типа насосов ПЭ 380, ПЭ 580 и ПЭ 720 взаимозаменяемы в одном и том же наружном корпусе.

Накопленный опыт эксплуатации этих насосов, а также опыт создания насосного оборудования для атомной энергетики дали возможность проектанту и предприятию-изготовителю выполнить ряд работ по модернизации насосного оборудования, установленного на объектах тепловой энергетики, тем более что современные тенденции развития топливно-энергетического комплекса обуславливают настоятельную необходимость использования энерго- и ресурсосберегающих технологий.

На сегодняшний день промышленные предприятия и компании-потребители развитых стран находятся под растущим прессом экономии энергетических ресурсов. Особенно острой эта проблема стала после введения квот на выбросы углекислого газа CO₂ (Киотский протокол).

Актуальность решения этой проблемы становится еще более понятной, если учесть, что энергия, потребляемая при работе действующего парка насосного оборудования, составляет весьма существенную долю в энергетическом балансе любой страны. По данным [1], она оценивается в 22 % всей вырабатываемой электроэнергии, из которых 73 % приходится на динамические насосы и 27 % – на объёмные.

Именно поэтому в конструкцию питательных насосов вносились и продолжают вноситься усовершенствования, направленные на повышение экономичности и надёжности, а именно:

– в насосах ПЭ 380 и ПЭ 580 улучшены кавитационные характеристики первой ступени: требуемый кавитационный запас ныне составляет 9 м. Для вновь строящихся блоков это позволяет существенно сократить сопутствующие капитальные затраты на станции за счёт уменьшения объема строительного-монтажных работ по главному корпусу ТЭЦ и снижения потребности в металлоконструкции, поскольку в данном случае ликвидируется деаэрационная этажерка,

а сам деаэрационный аппарат устанавливается на отметке обслуживания турбины ~ 12 метров;

– применена усовершенствованная проточная часть насосов, что позволяет повысить экономичность насосов на 1,5 – 2 %;

– оптимизировано сочетание количества лопастей рабочих колёс и каналов в направляющих аппаратах для улучшения вибрационного состояния подшипниковых опор насоса, что обеспечивает параметры вибрации насосов в соответствии с требованиями стандартов;

– взамен щелевых (лабиринтных) уплотнений ротора насоса применены торцовые (механические) уплотнения; это позволило повысить надёжность работы насоса, существенно снизить температурную деформацию наружного корпуса и облегчить пуск насоса за счёт использования линии прогрева; кроме того, их применение приводит к уменьшению эксплуатационных затрат на обслуживание системы запирания и охлаждения концевых уплотнений; согласно отчёту ВОФВТИ (УралВТИ) «Анализ экономичности лабиринтовых уплотнений высокооборотных питательных насосов» (г. Челябинск, 1965), снижение экономичности питательного насоса за счёт энергетических потерь в цикле регенерации высокого давления при лабиринтовых уплотнениях равно ~ 3,5 %;

– металлическая прокладка в стыке «наружный корпус + крышка напорная» заменена на податливую прокладку из терморасширенного графита, что позволяет исключить зазор между корпусом и крышкой и на 12...15 % уменьшить усилия затяжки силовых шпилек главного разъёма;

– изменена конструкция силовых шпилек для возможности использования гидродомкратов (гидроключей) для облегчения, ускорения и обеспечения высокой точности и равномерности их затяжки;

– установка отжимного устройства ротора для облегчения гарантированного зазора в торцовой щели гидропаты при стоянке насоса;

– применение контроля над осевым положением ротора;

– использование в качестве соединительной муфты (между двигателем и насосом) муфты упругой пластинчатой (МУП) [2], которая обладает следующими преимуществами:

• полностью исключается износ упорных галтелей опорно-упорного подшипника приводного

двигателя, поскольку осевые силы, действующие на ротор двигателя ввиду несовпадения магнитных осей статора и ротора, воспринимаются разгрузочным устройством насоса;

• отсутствует всякий износ в элементах муфты; ресурс МУП практически неограничен (не менее 50 000 часов по паспорту) при минимальных затратах на обслуживание;

• не требуется смазка;

• улучшаются вибрационные характеристики; как показывает практика, при одних и тех же требованиях к центровке двигателя и насоса виброскорость, замеренная на корпусах подшипников насосов, уменьшается на 30...70 %;

– использование износостойких незадираемых материалов, имеющих положительную референцию, для изготовления уплотнительных колец рабочих колёс и втулки цилиндрической гидропаты.

Аналогичным образом был модернизирован и питательный насос типа ПЭ 600-300 блоков 300 МВт и турбоустановок Т250-240 [3], в котором, кроме перечисленного выше, дополнительно введены следующие усовершенствования:

– «жёсткая» (с натягом) посадка рабочих колёс на вал; посадка и снятие рабочих колёс на вал осуществляются в течение одной минуты с помощью специально сконструированного и входящего в комплект поставки приспособления;

– вал в месте установки рабочих колёс выполнен ступенчатым для облегчения посадки и снятия рабочих колёс;

– для снижения уровня вибрации в насосе применены опорные подшипники скольжения с самоустанавливающимися сегментными колодками.

Кроме этого, для данного насоса была отработана проточная часть (рабочие колёса и направляющие аппараты), что позволило на 6 % увеличить экономичность насоса.

Эти мероприятия способствовали повышению экономичности, надёжности и ресурса насоса. Длительный опыт эксплуатации на Минских ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5, Приднепровской ТЭС, а также на тепловых электростанциях Китая и Ирана подтвердил эффективность и правильность конструктивных усовершенствований.

Внешний вид модернизированного насоса типа ПЭ 600 представлен на рис. 1

Выводы:

Перечисленные усовершенствования питательных насосов двухкорпусного исполнения апробированы на тепловых и атомных электростанциях Украины, России, Республики Беларусь и стран дальнего зарубежья. Длительный положительный опыт эксплуатации подтвердил высокую эффективность усовершенствований, что даёт возможность значительно повысить надёжность работы насосного оборудования и существенно снизить затраты на его обслуживание.

Список литературы:

1. *Variable Speed Pumping. A Guide to Successful Applications.* Euro-rump and Hydraulic Institute – p.5

2. Боярко Н.Н., Недоспасов В.П. Сумские муфты не требуют смазки /Насосы, трубопроводная арматура, маркетинг, производство, экология – 1998 - № 4 – с.17 – 19

3. Ильченко А.Я., Елин В.К. Модернизация пускорезервного электронасоса блоков 300 МВт и турбоустановок Т250-240 /Насосы, трубопроводная арматура, маркетинг, производство, экология – 1998 - № 3 – с.6 – 7.



Рис. 1. Модернизированный насос типа ПЭ 600

Компреол

www.orelcompressormash.ru

Смазочные Масла Компреол ШН, Компреол С, Компреол ХС, Компреол НГ

г. Орел, ул. Цветаева 1Б, Россия
тел.: +7 (4862) 42-11-59
факс.: +7 (4862) 42-11-59



**ГРУППА КОМПАНИЙ
«ОРЕЛКОМПРЕССОРМАШ»**

e-mail: info@orelcompressormash.ru

ПУБЛИЧНОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО

Глуховский завод
"ЭЛЕКТРОПАНЕЛЬ"



СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ
НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА.

Качественно. Надежно. Долговечно.



УКРАИНА, 41400, Сумская обл.
г. Глухов, ул. Индустриальная, 7
тел.: +38 /05444/ 222 27; факс: +38 /05444/ 228 29
e-mail: elpa-info@nicmas.com.ua

BUREAU VERITAS
Certification



ISO 9001