



Обзор рынка энергетической арматуры

В.Б. Какузин, руководитель группы энергетической арматуры
Центра надежности и продления ресурса энергетического оборудования
филиала ОАО «Инженерный центр ЕЭС» – «Фирмы ОРГРЭС»

Часть. 1

От надежности работы арматуры в значительной мере зависит надежность и экономичность работы основного энергооборудования, а каждый останов связан с большими финансовыми потерями. Анализ карт отказов показывает, что из-за дефектов арматуры основное энергооборудование (котлы, турбины) останавливается в среднем 150 раз в году. Несоответствие технических характеристик арматуры реальным условиям ее эксплуатации на электростанциях осложняет автоматизацию технологических процессов, требует от персонала больших трудовых и материальных затрат для поддержания оборудования в работоспособном состоянии.

Ниже рассмотрим рынок трубопроводной арматуры, которая может быть использована на объектах электроэнергетики.

Устанавливаемая на ТЭС арматура условно делится на две группы: энергетическая арматура и арматура общепромышленного назначения.

Энергетическая арматура длительное время выпускалась предприятиями бывшего Министерства энергетического машиностроения: Чеховским заводом «Энергомаш» (ЧЗЭМ), Производственным объединением «Красный котельщик» (ТКЗ, г. Таганрог) и производственным

объединением «Сибэнергомаш» (БКЗ, г. Барнаул). Она проектировалась специально для работы на ТЭС по техническим заданиям, выданным организациями, проектирующими электростанции. ЧЗЭМ выпускал арматуру высоких параметров ($PN > 100$), – ТКЗ и БКЗ на условное давление $PN \leq 100$. Энергетическая арматура составляет примерно 20...25% от общего количества установленной на ТЭС арматуры.

Арматура общепромышленного назначения выпускается предприятиями бывшего Министерства химического и нефтяного машиностроения и предназначена для эксплуатации во всех отраслях народного хозяйства. Она изготавливается большим количеством предприятий. Наиболее крупными и хорошо зарекомендовавшими себя являются «Пензтяжпроарматура» (г. Пенза), «Тяжпром-арматура» (г. Алексин), «Знамя Труда» (г. Санкт-Петербург), Благовещенский арматурный завод (Республика Башкортостан) (в части пружинных предохранительных клапанов), «Икар» (г. Курган).

Длительное время ЧЗЭМ был основным и практически единственным поставщиком арматуры высоких параметров для тепловых и атомных электростанций. Продукция этого завода охватывала все типы арматуры высокого давления: запорные клапаны (вентили), зад-

Таблица 1

Номера серий задвижек, изготавливаемых на базе штамповарных и цельноштампованных корпусов							
Параметры рабочей среды	Номера серии задвижек						
	Условные проходы DN						
P/T, МПа/°С	100	125	150	175	200	225	250
37,3 / 280	1120				1010		
23,5 / 250	1120 -01		1012	1012		1012	
13,7 / 560	1123			1013	1013		
9,8 / 540	1132 -01	1156	1015				
4,0 / 545							1017
PN 100			1126				1016



Задвижка ЧЗЭМ 1016-250 ЦЗ

вижки, регулирующие и дроссельные клапаны, предохранительные устройства.

Для изготовления корпусов арматуры высоких параметров ($P_p \geq 9,8$ МПа) с условным проходом до 100 мм ЧЗЭМ применял стальные поковки, а начиная со 100 мм – стальное литье. С 1980 года использование стального литья для изготовления корпусов арматуры начало сокращаться: для изготовления запорной арматуры, наряду с литыми, завод стал применять штамповарные и цельноштампованные корпуса. Однако, как видно из *таблицы 1*, штамповарные задвижки высокого давления изготавливаются заводом на условные проходы до 225 мм. Задвижки с условным проходом 250, 300 и 400 мм, предназначенные для комплектования главных паропроводов и питательных трубопроводов энергетических установок, а также все задвижки для паропроводов промперегрева изготавливались с применением литых корпусов.

В 2006 году новое руководство завода закрыло литейный цех. Это не может не отразиться на номенклатуре выпускаемой продукции. Завод планирует для изготовления задвижек и клапанов всех проходов применить штамповарные корпуса. Однако, для освоения производства штамповарных корпусов больших условных проходов, во-первых, потребуется время, а

во-вторых, стоимость таких корпусов будет выше, чем литых. А пока завод до конца 2008 года отказывается принимать заказы для изготовления арматуры больших проходов.

Еще хуже обстоят дела с перспективой изготовления главных предохранительных и запорно-дроссельных клапанов с корпусами в штамповарном исполнении. Неясно, как в этом свете будет решаться вопрос комплектования арматурой новых энергетических объектов, намечаемых к вводу в эксплуатацию в 2008-2010 годах.

Согласно инвестиционной программе тепловых энергетических компаний Холдинга РАО «ЕЭС России» на



Б/у задвижка ЧЗЭМ 1012-150 Э

2006-2010 годы, утвержденной правлением РАО «ЕЭС России» 29.01.2007 г., только по шести ОГК в 2007-2010 годах предполагается ввести в эксплуатацию 25 блоков общей мощностью 11 млн МВт, по «Мосэнерго» предполагаемый ввод мощностей должен составить 14 блоков мощностью 2900 МВт.

Отсутствие на рынке конкуренции приводило к тому, что ЧЗЭМ не стремился совершенствовать выпускаемую продукцию. Технические характеристики арматуры этого завода не всегда отвечали и не всегда отвечают реальным условиям ее эксплуатации на ТЭС. Однако, производственная база завода обеспечивала потребности энергетики в арматуре высоких параметров даже в восьмидесятые годы – в период максимального ввода новых энергетических мощностей.

В настоящее время на рынке появились новые предприятия, поставляющие на ТЭС арматуру высоких параметров. Конечно, по техническому оснащению, объему и номенклатуре выпускаемой продукции конкурировать с ЧЗЭМ эти предприятия не могут. Однако в части регулирующей арматуры и редуционно-охладительных установок они существенно потеснили на рынке этот завод. К таким предприятиям относятся Центральный конструкторско-технологический институт арматуростроения (ЦКТИА), ЗАО «НПО ФЛЕЙМ» (г. Санкт-Петербург), ЗАО «Фирма «Союз-01» (г. Москва). Далее приведен анализ условий работы арматуры на отдельных узлах ТЭС, и даны рекомендации по применению арматуры, выпускаемой предприятиями России, на различных узлах ТЭС.

1. Регулирующие питательные клапаны котлов (РПК)

На энергоустановках до критического давления для подачи воды в котел используются электронасосы с нерегулируемым числом оборотов привода, а следовательно, и нерегулируемым давлением на напоре насоса. Это приводит к тому, что на подавляющем числе энергоустановок РПК длительно работают при больших перепадах давлений, доходящих при работе котлов на нагрузках 30% до 80-90 бар. В растопочном режиме перепад давлений на узлах питания котлов доходит до 200 бар.

При таких перепадах давлений вследствие несовершенства проточной части установленных на большинстве ТЭС шибберных клапанов имеет место интенсивный эрозионный износ выходных патрубков клапанов и трубопроводов за ними. Большие усилия, необходимые для перемещения регулирующего органа, вызывают интенсивный износ резьбовой втулки, которая служит для преобразования вращательного движе-

ния выходного вала электропривода в поступательное перемещение регулирующего органа. Это приводит к образованию люфтов, негативно отражающихся на работе автоматических регуляторов, а во многих случаях к невозможности управления клапанами. Большие усилия, необходимые для перемещения регулирующего органа, требуют применения электродвигателей большой мощности (до 3 кВт), что усложняет автоматизацию процесса питания котла. Клапаны неработоспособны при работе котлов на низких нагрузках. Для возможности регулирования расхода воды при растопках котлов и работе их на низкой нагрузке (до 30%) на сниженном узле питания котлов предусмотрено два байпасных трубопровода с условными диаметрами 100 и 65 мм с запорным и регулирующим клапанами на каждом из них.

Решение проблемы надежного питания котлов до критического давления на многих ТЭС нашли путем внедрения поворотно-дисковых клапанов. В этих клапанах регулирование расхода осуществляется изменением площади отверстий в седле, не перекрытых лопастями золотника, при его повороте вокруг оси на 90°. Принципиальная особенность этих клапанов, отличающая их от шибберных, наличие в их конструкции разгрузочного устройства, позволяющего снизить мощность электродвигателя привода до 0,18 кВт. На электростанциях России эксплуатируются три модификации поворотно-дисковых клапанов, различающихся способом разгрузки регулирующего органа: с разгрузочным поршнем, размещенным вне корпуса клапана (с наружной разгрузкой), с разгрузочным поршнем, размещенным внутри корпуса золотника (с внутренней разгрузкой), и с разгрузкой, обеспечиваемой применением штока

большого диаметра. Опыт эксплуатации указанных клапанов на ТЭС показал, что все три модификации работают достаточно надежно.

Наибольшее распространение на ТЭС России получили клапаны с разгрузочным устройством, размещенным внутри золотника. Клапаны такого типа поставляются ЗАО «НПО Флейм» (г. Санкт-Петербург). Клапаны этой фирмы с условным проходом 100, 175, 225 и 250 мм длительное время успешно эксплуатируются на ТЭЦ 14 и ТЭЦ «Северная» Ленэнерго, Псковской и Щекинской ГРЭС и ряде других ТЭС. Клапаны с внутренней разгрузкой Фирмы «Союз 01» эксплуатируются на ПГУ Калининградской ТЭЦ-2, на Тобольской ТЭЦ и ряде других электростанций. Для электростанций, входящих в состав ОАО «Мосэнерго», клапаны с внутренней разгрузкой изготавливает ЦРМЗ Мосэнерго.

Клапаны с разгрузкой с помощью утолщенного штока на условные проходы 100, 175, 225 и 250 мм изготавливаются ЧЗЭМ. Эти



Регулирующий питательный клапан НПО Флейм РК 101.250.00-Э

клапаны также успешно эксплуатируются на ряде ТЭС, однако необходимо, чтобы они комплектовались встроенными электроприводами. У клапанов, управляемых выносными МЭО, очень быстро возникают недопустимо большие люфты в сложной системе тяг рычагов, связывающих привод с клапаном.

Клапаны с наружной разгрузкой предприятиями России не изготавливаются. Но на некоторых ТЭС (Благовещенская ТЭЦ (Башкортостан), Новосибирская ТЭЦ-4) хорошо зарекомендовали себя клапаны такого типа, поставленные предприятием «Белэнергоремналадка» (Республика Беларусь).

На котлах сверхкритических параметров, которыми оснащаются энергоблоки 250, 300, 500, 800 и 1200 МВт, для подачи питательной воды в котел используются питательные насосы с турбоприводом, которые позволяют регулировать давление на напоре насоса. Благодаря этому на большинстве энергоблоков перепад давлений на РПК не превышает 20 бар. На некоторых ТЭС (например, на Сургутской ГРЭС-2) регулирование подачи воды в котел производится непосредственно турбонасосами, а клапаны служат для равномерного распределения расходов воды по ниткам котла. В этом случае перепад давлений на клапане при нормальном режиме работы не превышает 5 бар. Но на большинстве энергоблоков клапаны работают при перепадах давлений 20-25 бар. В переходных режимах и на блоках сверхкритического давления возможна работа РПК при перепадах давлений 40 бар и выше. Тем не менее, из сказанного видно, что условия эксплуатации питательных клапанов на энергоблоках сверхкритического давления значительно более легкие, чем на энергоустановках докритического давления. Поэтому на них достаточно надежно работают шибберные клапаны. Однако и на этих блоках появилась тенденция внедрения на узлах питания котлов поворотных клапанов: Конаковская, Киришская и Костромская ГРЭС заменяют установленные на узлах питания котлов шибберные клапаны поворотными.

Представляет практический интерес регулирующий питательный клапан котлов, разработанный ЗАО «ЦКТИА». Клапан разгруженного типа с возвратно-поступательным перемещением регулирующего органа. По сравнению с поворотными клапанами клапан ЦКТИА имеет более совершенную проточную часть, исключаящую в процессе эксплуатации возникновение шума и вибрации даже при работе при перепадах давлений до 17,6 МПа. Мощность привода клапана не превышает 1,0 кВт. Герметичность клапана в закрытом положении соответствует классу D по ГОСТ 9544.

2. Регулирующие клапаны впрысков

В современных котельных установках основным средством регулирования температуры перегретого пара котлов является впрыск в пар по тракту котла охлаждающей

воды. Поддержание температуры пара в заданном диапазоне осуществляется изменением количества впрыскиваемой воды путем изменения положения регулирующего органа, установленного на трубопроводе впрыска регулирующего клапана.

На прямоточных котлах сверхкритического давления в качестве охлаждающей воды используется питательная вода, отбираемая перед регулирующим питательным клапаном котла. Давление охлаждающей воды 290-310 бар, температура 280 °С. Перепад давлений на клапанах впрысков этих котлов колеблется от 20 (первый впрыск) до 65 бар (третий впрыск).



Клапан впрыска
НПО «Флейм»
РК 102.40.00-Э

Для регулирования температуры пара в пусковых режимах на котлах применяются пусковые впрыски. Так как в пусковых режимах перепады давлений на пусковых впрысках достигают до 150 бар, то для поддержания на них допустимых по условиям их работы перепадов давлений на котлах монтируется схема постоянного расхода, предусматривающая постоянный сброс через шайбовый набор в деаэрактор определенного количества питательной воды. Однако в этом случае большой перепад давлений образуется на клапане, регулирующем сброс воды в деаэрактор. Из-за отсутствия клапанов, пригодных для работы при больших перепадах давлений, на многих ТЭС схема оказалась не работоспособной, и от нее отказались. Однако, при этом перепад давлений на пусковых впрысках в пусковых режимах может достигать до 100-120 бар. Работа на таких перепадах приводит к вибрации

штоков и, как следствие, к нарушению герметичности сальниковых уплотнений, а в отдельных случаях — к поломке плунжера.

На барабанных котлах на большинстве ТЭС регулирование температуры перегретого пара осуществляется впрыском в тракт котла собственного конденсата. Условия работы регулирующих клапанов на линиях впрыска этих котлов существенно отличаются от условий работы клапанов впрыска на прямоточных котлах. Что касается прямоточных котлов, то проблема состоит в обеспечении надежной работы клапанов при их работе в условиях больших перепадов давлений, что же касается барабанных котлов, при использовании для охлаждения пара собственного конденсата стоит проблема обеспечения пропуска через клапан требуемого расхода воды из-за его работы в условиях небольших перепадов давлений (до 10 бар).

Установленные на большинстве котлов игольчатые и плунжерные клапаны в таких условиях работают неудовлетворительно. Технические характеристики клапанов затрудняют включение автоматических регуляторов температуры. На многих клапанах из-за отсутствия соосности выходного вала привода и отверстия в седле при закрытии клапана имеет место недопустимый пропуск среды, происходят односторонний износ отверстия в седле и поломки регулирующих органов (игл, плунжеров). Используемые на большинстве ТЭС для управления клапанами электроприводы Чеховского завода «Энергомаш» не отвечают требованиям автоматического управления: имеют место люфты в узле преобразования вращательного движения электродвигателя в возвратно-поступательное перемещение штока, выбеги регулирующего органа и т.п.

Указанные выше недостатки игольчатых и плунжерных клапанов заставили проектные и наладочные организации решать проблему создания надежных исполнительных устройств регуляторов температуры перегретого пара.

В связи с этим возникла необходимость разработки клапана, лишенного указанных недостатков. По техническому заданию, представленному ВТИ, АО «Фирма ОРГРЭС» разработала двухступенчатый регулирующий клапан на базе установленных на котлах ТЭЦ-26 Мосэнерго клапанов ЧЗЭМ 870-50-Э. Предложенная АО «Фирма ОРГРЭС» конструкция клапана отличается сравнительной простотой, в ней максимально используются детали от клапана ЧЗЭМ. Опыт эксплуатации клапана на ТЭЦ-26 приведен в [4].

Опыт эксплуатации показал, что на отечественных ТЭС проблема регулирования температуры перегретого пара котлов может быть решена применением для этой цели поворотных-дисковых клапанов. Некоторые фирмы изготавливают поворотные-дисковые клапаны с ис-

пользованием корпусов и бугелей запорных клапанов (вентилей) DN 50 и 65 мм ЧЗЭМ. Однако, в настоящее время большинство находящихся в эксплуатации котлов оснащено клапанами впрыска ЧЗЭМ, имеющими угловую форму. Под эти клапаны спроектированы трубопроводы впрысков котлов. Применение регулирующих клапанов проходного типа, изготовленных на базе запорных клапанов, требует проведения реконструкции узлов впрыска. Поэтому на ТЭС находят широкое применение поворотные-дисковые клапаны углового типа, изготавливаемые НПО Флейм. В качестве привода в этих клапанах используются встроенные МЭО – МЭОФ 100/25-0,25 Чебоксарского завода электроники и механики. Такого типа клапаны изготавливаются Фирмой «Союз 01». Длительная эксплуатация таких клапанов показала их высокую надежность как при работе на собственном конденсате, так и на питательной воде. Применение в клапанах съемных регулирующих органов существенно снижает трудозатраты на ремонт, позволяет в случае необходимости легко корректировать расходные характеристики. Поворотные-дисковые клапаны различных модификаций длительное время успешно эксплуатируются на линиях впрыска котлов Сургутской ГРЭС-2, Киришской ГРЭС, Псковской ГРЭС, ТЭЦ-15 и ТЭЦ-21 Ленэнерго, и ряде других ТЭС. На Сургутской ГРЭС-2 на линиях впрысков находится в эксплуатации свыше 50 таких клапанов.

НПО Флейм поставляет клапаны такого типа для установки на трубопроводах непрерывной продувки. При этом расчет проходного сечения клапана проводится с учетом вскипания продувочной воды как при дросселировании в самом клапане, так и при перемещении ее по трубопроводу до расширителя непрерывной продувки.

(Продолжение следует)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паропроводов пара и горячей воды ПБ-10-573-03.
2. Общие технические требования к арматуре ТЭС (ОТТ ТЭС-2000). РД 153-34.1-39.504-00. СПО ОРГРЭС, 2000 г.
3. В.Б. Какузин. Организационные и технические аспекты обеспечения надежности трубопроводной арматуры энергетических систем // Арматуростроение, 2004 г., № 1.

4. А.А. Потапов, В.Б. Какузин и др. Автоматическое регулирование температуры промпрегрева котлоагрегата ТГМП-344А // Электрические станции, 2001 г., № 12.
5. В.Б. Какузин Опыт эксплуатации регулирующих клапанов впрыска на котлах ТЭС. // Теплоэнергетика, 2002 г., № 4.

*Не идите туда, куда ведет дорога.
Вместо этого идите туда, где нет дороги
и создайте собственную тропу.*

Ральф Уолдо Эмерсон