МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПО НАЛАДКЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ "СОЮЗТЕХЭНЕРГО"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПЫТАНИЯМ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЯМОТОЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ПО "СОЮЗТЕХЭНЕРГО"
Москва 1989

gost.e-ecolog.ru

Р А З Р А Б О Т А Н О Московским головным предприятием Производственного объединения по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И В.М.ЛЕВИНЗОН, И.М.ГИПШМАН

У Т В Е Р Ж Д Е Н О ПО "Союзтехэнерго" 05.04.88 г.

Главный инженер К.В.ШАХСУВАРОВ

© СПО Союзтехэнерго, 1989.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПЫТАНИЯМ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЯМОТОЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Срок действия установлен
с 01.01.89 г.
до 01.01.94 г.

Настоящие Методические указания распространяются на стационарные прямоточные паровые энергетические котлы и водогрейные котлы с абсолютным давлением от 1,0 до 25,0 МПа (от 10 до 255 кгс/см^2).

Методические указания не распространяются на котлы:

с естественной циркуляцией;

пароводогрейные;

локомобильных установок;

котлы-утилизаторы;

энерготехнологические,

а также другие котлы специального назначения.

На основании опыта, накопленного в Союзтехэнерго и смежных организациях, конкретизируются и детально описываются способы проведения испытаний котлов в стационарных и переходных режимах с целью проверки условий гидравлической устойчивости парогенерирующих поверхностей нагрева прямоточных паровых котлов или экранных и конвективных поверхностей нагрева водогрейных котлов.

Испытания гидравлической устойчивости проводятся как для вновь создаваемых (головных) котлов, так и для находящихся в эксплуатации. Испытания позволяют проверить соответствие гидравлических характеристик расчетным, оценить влияние эксплуатационных факторов и определить границы гидравлической устойчивости.

Методические указания предназначены для производственных подразделений ПО "Союзтехэнерго", проводящих испытания котельного оборудования по п.1.1.1.06 "Прейскуранта на эксперименталь-

но-наладочные работы и работы по совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей", утвержденного Приказом министра энергетики и электрификации СССР № 313 от 03.10.83 г. Методические указания могут быть использованы и другими наладочными организациями, выполняющими испытания гидравлической устойчивости прямоточных котлов.

I. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

I.I. Определение гидравлической устойчивости:

I.I.I. Определению подлежат следующие показатели гидравлической устойчивости:

теплогидравлическая разверка;

апериодическая устойчивость;

пульсационная устойчивость;

застой движения.

I.I.2. Теплогидравлическая разверка определяется по разности расходов среды в отдельных параллельных элементах контура и температур на выходе в тех же элементах по сравнению со средними значениями в контуре.

I.I.3. Нарушение апериодической устойчивости, связанной с многозначностью гидравлических характеристик, определяется: по скачкообразному снижению расхода среды в отдельных элементах контура (со скоростью 10%/мин и более) с одновременным повышением температуры на выходе в тех же элементах по сравнению со средними значениями в контуре; или же при опрокидывании движения по изменению знака расхода среды в отдельных элементах на обратный, с повышением температуры на входе в эти элементы. На котлах, работающих с докритическим давлением в тракте, повышение температуры на выходе элементов может не наблюдаться.

I.I.4. Нарушение пульсационной устойчивости определяется по пульсациям расхода среды (а также температур) в параллельных элементах контура с постоянным периодом (10 с и более) независимо от амплитуды пульсаций. Пульсациям расхода сопутствуют пульсации температуры металла труб в обогреваемой зоне и температуры на выходе элементов (при докритическом давлении последнее может не наблюдаться).

I.I.5. Застой движения определяется по снижению расхода среды (или перепада давления на измерительных устройствах расхода) в отдельных элементах контура до нуля или до значений, близких к нулю (менее 30% среднего значения расхода).

I.I.6. Допускается в случаях, предусмотренных нормативным методом гидравлического расчета [I], когда нарушения гидравлической устойчивости того или иного вида заведомо невозможны, не определять соответствующие показатели. Так, например, не требуется проверка апериодической устойчивости при чисто подъемном движении в контуре. Проверка пульсационной устойчивости не требуется при сверхкритическом давлении, при отсутствии на входе в контуре недогрева до кипения, а также для водогрейных котлов. При сверхкритическом давлении в большинстве контуров не требуется проверка на застой, за исключением некоторых случаев (сильно шлакующиеся подъемные топочные экраны, затененные угловые трубы и др.).

I.I.7. Определению подлежат также следующие показатели, требующиеся для оценки условий и границ гидравлической устойчивости:

расход и средняя массовая скорость среды в контуре, G кг/с и $\omega\rho$ кг/(м^2· с);

температура среды на входе и на выходе из контура, $t_{вх}$ и $t_{вых}$ ^{o}C;

максимальная температура на выходе из элементов контура, $t_{эл}^{макс}$ ^{o}C;

недогрев до кипения, $\Delta t_{недо}$ ^{o}C (для водогрейных котлов);

давление среды на выходе из контура (или на входе в контур, или в конце испарительной части парового котла), для водогрейных котлов - на входе и выходе котла, P МПа;

расход и массовая скорость среды в элементах контура, $G_{эл}$ кг/с и $(\omega\rho)_{эл}$ кг/(м^2 с);

тепловосприятие (приращение энтальпии) в контуре, Δi кДж/кг;

температура металла отдельных труб в обогреваемой зоне, $t_{мет}$ ^{o}C.

I.I.8. При определении отдельных (из числа указанных в п.I.I.I) показателей гидравлической устойчивости либо при испытаниях исследовательского характера дополнительными показателями могут также служить:

перепад давления в контуре (от входа до выхода), $\Delta p_к$ кПа;

температура на входе в элементы контура, $t_{эл}$ °С;

коэффициенты тепловой разверки, ρ_q ; гидравлической разверки, ρ_r ; неравномерности тепловосприятия, η_τ .

I.2. В необходимых случаях (для новых или реконструированных схем, при предварительной оценке устойчивости, для уточнения вида, характера и причин выявленных нарушений и др.) производится расчет гидравлических характеристик соответствующих контуров или же оценка запасов надежности по данным заводских расчетов. Расчет гидравлических характеристик выполняется на ЭЦВМ (по разработанным в Союзтехэнерго программам) либо вручную согласно [I].

На основании расчетных данных и предварительной оценки гидравлической устойчивости отдельных контуров наименее надежные из них более полно оснащаются средствами измерений, уточняются задачи и программа испытаний.

2. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

Показатели тепловой и гидравлической работы контура определяются по измерениям температуры, расхода и давления в контуре и его элементах. Погрешность этих показателей, полученных в результате обработки данных измерений, не должна превышать значений, указанных в табл.I.

Таблица I

Наименование	Погрешность	
	Паровые котлы	Водогрейные котлы
Расход и средняя массовая скорость среды в контуре, %	±5	±5
Температура на входе и выходе из контура, °С	±I0	±5
Температура на входе и выходе из элементов контура, °С	±I0	±5
Недогрев до кипения, °С	-	±5
Давление на входе и выходе из контура, %	±2	±2

Окончание таблицы I

Наименование	Погрешность	
	Паровые котлы	Водогрейные котлы
Перепад давлений в контуре (от входа до выхода), %	±5	±5

Примечание. Расход среды в элементах контура, приращение энтальпии, а также коэффициенты тепловой и гидравлической разверки и неравномерности тепловосприятия, определяются без нормирования точности. Температура металла в обогреваемой зоне определяется без нормирования точности согласно методическим указаниям на ведомственные натурные испытания температурного режима экранных поверхностей нагрева паровых и водогрейных котлов.

3. МЕТОД ИСПЫТАНИЙ

3.I. Имеющиеся нормативные материалы, в первую очередь [I], позволяют выполнить приближенную расчетную оценку основных показателей гидравлической устойчивости котла.

Расчеты включают, однако, целый ряд параметров и коэффициентов, которые могут быть установлены с необходимой точностью только опытным путем, в том числе: фактические температуры среды по тракту; приращение энтальпии в контуре, давление, перепад давлений (сопротивление контура); распределение температур по элементам; значения отклонений параметров в динамических режимах реальной эксплуатации; коэффициенты тепловой, гидравлической разверки и неравномерности тепловосприятия и др. С другой стороны, расчетные методики не могут охватить всего многообразия специфических конструктивных решений, применяемых в котлах, особенно во вновь создаваемых.

Ввиду этого проведение натурных промышленных испытаний служит основным методом определения гидравлической устойчивости паровых и водогрейных котлов.

3.2. В зависимости от цели работы и требуемого объема измерений испытания согласно Прейскуранту на экспериментально нала-

дочные работы и работы по совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей проводятся по двум категориям сложности:

I - проверка существующей или вновь разрабатываемой методики расчета и испытания; или выявление условий работы новых, еще не опробованных в практике гидравлических контуров; или проверка на головном образце поверхностей нагрева котла;

2 - испытания одной поверхности нагрева котла.

3.3. Испытания проводятся в стационарных и в переходных режимах; в эксплуатационном или расширенном диапазоне нагрузок котла; при необходимости - также в растопочных режимах. Помимо плановых опытов проводятся наблюдения в эксплуатационных режимах.

3.4. Определение показателей гидравлической устойчивости производится для следующих типов гидравлических контуров котла:

трубные пакеты и панели с параллельно включенными обогреваемыми трубами, входными и выходными коллекторами;

поверхности нагрева с параллельно включенными пакетами или панелями труб, подводящими и отводящими трубопроводами, входными и выходными общими коллекторами;

сложные контуры с параллельно включенными подпотоками, в которые входят поверхности нагрева, соединительные трубопроводы, поперечные перемычки и другие элементы.

3.5. В двухпоточных котлах при условии симметричной конструкции допускается выполнение испытаний только для одного регулируемого потока с контролем режимных параметров по обоим потокам и по котлу в целом.

4. СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ

4.I. Схема экспериментального контроля включает специальные экспериментальные измерения, обеспечивающие получение опытных значений температур, расходов, давлений, перепадов давлений в соответствии с задачами испытаний. Средства измерений экспериментального контроля устанавливаются на обоих или на одном регулируемом потоке котла (см.п.3.5). Используются также средства измерений штатного контроля.

4.2. В объем экспериментального контроля входят измерения ледующих основных параметров:

- температур среды по пароводяному тракту (по обоим пото-ам), на входе и выходе всех последовательно включенных поверх-остей нагрева в экономайзерно-испарительной части тракта (до строенной задвижки, сепаратора и др.), а также в пароперегрева-ельной части и в тракте промперегрева (перед и за впрысками и а выходе из котла). Для этой цели устанавливаются погружные тер-оэлектрические преобразователи (термопары) экспериментального онтроля, либо используются штатные средства измерений. В испы-уемой поверхности устанавливаются средства измерений экспери-ентального контроля. Средствами измерений по пароводяному тракт-котел в равной мере оснащается и в том случае, если испытания охватывают только одну или две поверхности нагрева. Без этого невозможно выяснить в должной мере влияние режимных факторов:

- температур среды на выходе (а в необходимых случаях - также на входе) подпотоков и отдельных панелей в исследуемом контуре (поверхности). Средства измерений устанавливаются в отводящих трубах (погружные термопары; допускается использование поверхностных термопар при тщательной изоляции мест их установки). Они охватывают все параллельные элементы. При большом числе параллельных панелей допускается оснащать часть из них, в том числе средние и наиболее нетождественные (по конструкции и обогреву);

- температур на выходе змеевиков (обогреваемых труб) испытуемых поверхностей; в необходимых случаях (при опасности опрокидывания, застоя движения) - также на входе. Это самый массовый по количеству вид измерений. Средства измерений устанавливаются в необогреваемой зоне змеевиков (поверхностные термопары); как правило, в тех же панелях, где предусмотрены измерения температур среды на выходе. В многотрубных панелях термопары устанавливаются в "средних" трубах равномерно по ширине (с шагом в несколько труб) и в трубах с тепловой и конструктивной нетождественностью (крайние и соседние с ними; огибающие горелки; отличающиеся по подключению к коллекторам и др.).

При отсутствии в змеевиках испытуемой поверхности необогреваемой зоны (как это имеет место, например, на водогрейных котлах, согласно их конструкции) для непосредственного измерения

температуры воды на выходе указанных змеевиков устанавливаются погружные термопары;

- расхода питательной воды по потокам пароводяного тракта (допускается по одному потоку, если экспериментальный контроль установлен на одном потоке). Измерительным средством обычно служит штатная стандартная диафрагма в питательной линии, к которой, в параллель к штатному водомеру, подсоединяется датчик экспериментального контроля;

- расхода и массовой скорости среды на входе в подпотоки контура (в каждый) и в панели (выборочно). Устанавливаются на подводящих трубах напорные трубки ЦКТИ либо ВТИ в панелях, по предварительной оценке наиболее опасных при нарушениях гидродинамики, и согласованно с установкой термопар;

- расхода и массовой скорости среды на входе в змеевики. Устанавливаются на входных участках труб в необогреваемой зоне напорные трубки ЦКТИ либо ВТИ. Количество и размещение средств измерений определяется конкретными условиями, включая "средние" и наиболее опасные змеевики, согласованно с установкой термопар на выходе змеевиков, а также температурных вставок (т.е. на тех же змеевиках). Средства измерений расходов в элементах контура должны быть размещены таким образом, чтобы они в совокупности при минимально возможном количестве отразили все предполагаемые по предварительной оценке нарушения устойчивости в контуре;

- давления в пароводяном тракте. Отборные устройства для измерения давления устанавливаются в характерных точках тракта, в том числе на выходе испытуемой поверхности, в конце испарительной части (перед встроенной задвижкой); для водогрейного котла - на выходе котла (а также на входе);

- перепада давлений (гидравлического сопротивления) подпотока, или поверхности нагрева, или отдельного участка испытуемого контура. Отборные устройства для измерения перепада давления устанавливаются в специальных случаях: при испытаниях исследовательского характера, при проверке соответствия расчетных данных фактическим, при затруднениях в классификации нарушений устойчивости и др.;

- температуры металла труб в обогреваемой зоне. Температурные или радиометрические вставки для измерения температуры металла устанавливаются в испытуемых поверхностях, большей частью в потоке, где имеется основная масса измерений, но также контрольные вставки по другим потокам. Вставки размещаются по периметру и по высоте топки в области максимальных теплонапряжений и предполагаемых наибольших температур металла. Выбор труб для установки вставок должен быть увязан с установкой измерений температур и расходов по змеевикам.

4.3. Средства измерений экспериментального контроля по п.4.2 относится к чисто прямоточным схемам котла. В сложных разветвленных гидравлических схемах, присущих современным котлам, устанавливаются и другие необходимые средства измерений в соответствии с конкретными особенностями конструкции. Например:

контур с параллельными подпотоками и поперечной гидродинамической перемычкой - измерение температуры до врезки перемычки и за ней на обоих подпотоках; измерение расхода через перемычку; измерение перепада давлений на концах перемычки;

котел с рециркуляцией среды через экранную систему (насосной или безнасосной) - измерение температуры среды в отборах контура рециркуляции до смесителя и за ним; измерение расхода среды в отборах контура рециркуляции и через экранную систему (за смесителем); измерение давлений (перепадов давлений) в узловых точках контура и др.

4.4. Показатели работы котла в целом, показатели топочного режима, а также общеблочные фиксируются по приборам штатного контроля.

4.5. Объем, так же как и особенности схемы измерений определяются целями и задачами испытаний, категорией сложности, паропроизводительностью и параметрами котла, конструкцией котла и испытуемого контура (радиационные или конвективные поверхности, цельносварные и гладкотрубные экраны, вид топлива и др.). Так например, при испытаниях НРЧ на газомазутном котле моноблока 300 МВт схема измерений может включать от 100 до 200 измерений температур в необогреваемой зоне, 10-20 температурных вставок, примерно 10 измерений расходов и давлений; при испытаниях водогрейного котла - от 50 до 75 измерений температур, 5-8 температурных вставок, примерно 5 измерений расходов и давлений.

4.6. Все измерения экспериментального контроля в обязательном порядке выносятся на регистрацию посредством самопишущих вторичных приборов. Вторичные приборы размещаются на щите экспериментального контроля.

4.7. Перечень измерений, места их размещения по котлу и разбивка по приборам даются в документации по схеме измерений. Документация включает также схему коммутации приборов, эскиз щита, схему размещения температурных вставок и др.

Примерные схемы измерений применительно к испытаниям НРЧ котла ТГМП-3I4 и к испытаниям водогрейного котла КВГМ-I00, приведены на рис.I, 2.

5. СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

5.I. При испытаниях должны применяться стандартизованные средства измерений, метрологически обеспеченные в соответствии с ГОСТ 8.002-86 и ГОСТ 8.5I3-84.

Типы и характеристики средств измерений выбираются в каждом конкретном случае в зависимости от испытуемого оборудования, требуемой точности, условий монтажа и установки, температуры окружающей среды и от других внешних влияющих факторов.

Средства измерений, используемые при испытаниях, должны иметь действующие поверительные клейма и техническую документацию, свидетельствующие об их годности, и обеспечивать требуемую точность.

5.2. Требования к точности измерений:

5.2.I. Допускаемая погрешность измерения исходных величин, обеспечивающая требуемую точность определяемых показателей (см. разд.2), не должна превышать для:

температуры воды, пара, металла в необогреваемой зоне:

парового котла	- I0°С;
водогрейного котла	- 5°С;
расхода воды и пара	- 5%;
давления воды и пара	- 2%.

5.2.2. Указанные в настоящем разделе требования относятся к типовым испытаниям котлов. При проведении испытаний на опытном, или модернизированном, или принципиально новом оборудова-

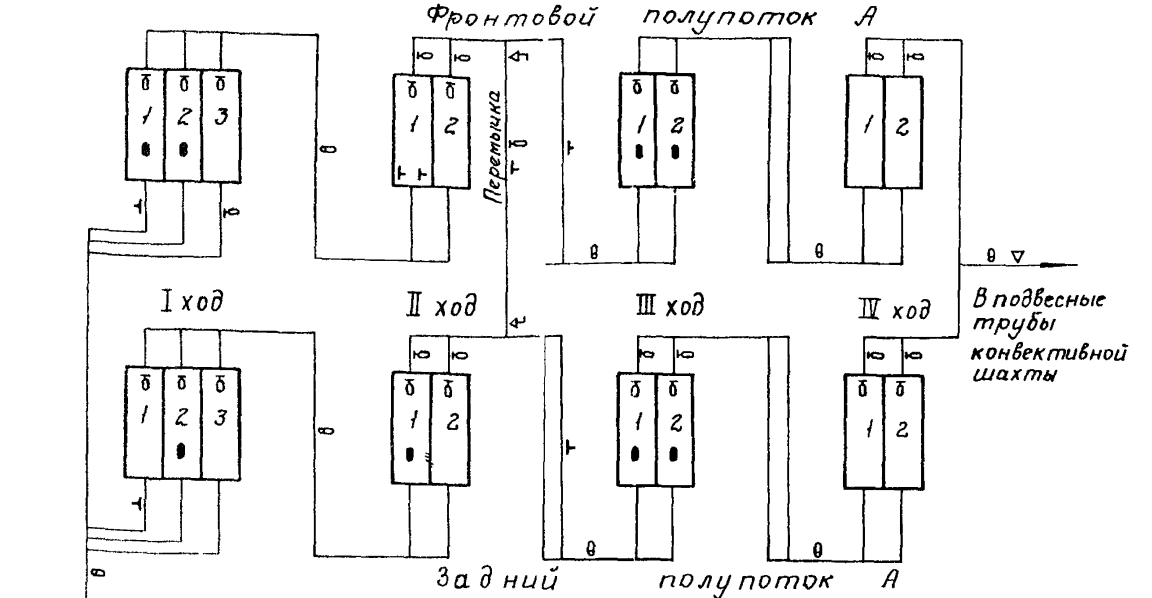

Рис.I. Схема экспериментального контроля НРЧ котла ТГМП-3I4:

I-3 - номера панелей; I-IУ - номера ходов; ⊂⊃ - погружная термопара; ⊢⊂⊃ - поверхностная термопара; ▬ - температурная вставка; ⊢ - напорная трубка ЦКТИ; Δ - отбор давления; ⊲⊢ - отбор перепада давлений.

Количество поверхностных термопар на входе змеевиков фронтового полупотока А:

I ход - I6; П ход - I2; Ш ход - I8, то же заднего полупотока А: I ход - I2; П ход - 8; Ш - ход - 8; IУ ход - 8 шт.; на перемычке А - 6 шт.; на перемычке Б - 4 шт.

Примечания: I. На схеме показаны измерения по потоку А. По потоку Б установлены погружные термопары аналогично потоку А.-2. Измерения по потоку Б аналогичны потоку А.-3. Нумерация панелей и змеевиков - от осей котла.-4. Измерения температур и расходов по пароводяному тракту выполняются в соответствии со схемой КИП и А котла.

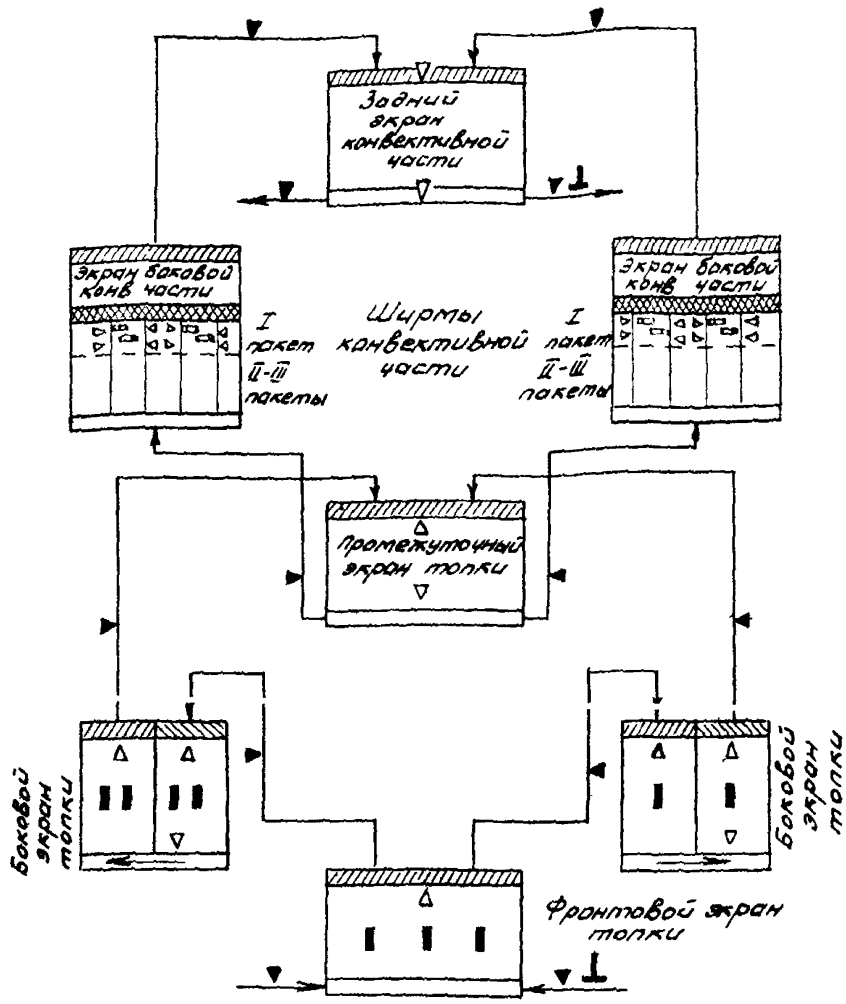

Рис.2. Схема экспериментального контроля водогрейного котла КВГМ-I00:

▨ - верхний коллектор; ▭ - нижний коллектор; ▼ - поверхностные термопары на трубопроводах; ▽ - то же на трубах и стояках; θ - погружные термопары в огибающих змеевиках; ▮ - температурные вставки на отметке верхнего яруса горелок; ⊥ - отбор перепада давлений;

I - задний экран конвективной части; 2 - боковой экран конвективной части; 3 - ширмы конвективной части; 4 - пакет I; 5 - пакеты П, Ш; 6 - промежуточный экран топки; 7 - боковой экран топки; 8 - фронтовой экран

нии, или при проверке новых методов испытаний в программе испытаний должны быть обусловлены дополнительные требования к средствам измерений и к точностным характеристикам.

5.3. Для измерения параметров, не требующих при испытаниях нормирования точности (см.разд.2), могут быть использованы индикаторы. Конкретные типы используемых индикаторов указываются в программе испытаний.

5.4. Измерение температуры:

5.4.I. Температура измеряется с помощью термоэлектрических преобразователей (термопар). При измерениях на относительно низком уровне температур, требующих высокой точности, могут использоваться также термоэлектрические термометры (термометры сопротивления) по ГОСТ 6651-84.

В зависимости от диапазона измеряемых температур применяются термопары ХА (при верхнем пределе измеряемых температур 600-800°С) или ХК (400-600°С) диаметром провода I,2 либо 0,7 мм. Изоляцию термоэлектродных проводов рекомендуется выполнять кремнеземистой или кварцевой нитью путем двойной обмотки. Подробные характеристики термопар содержатся в специальной литературе [2 и др.].

5.4.2. Для непосредственного измерения температуры воды и пара используются стандартные погружные термопары типа ТХА. Погружные термопары устанавливаются на прямом участке трубопровода в гильзе, вваренной в трубопровод. Длина элемента выбирается в зависимости от диаметра трубопровода из расчета расположения рабочего конца термопары элемента по оси потока. Минимальная длина стандартного элемента I20 мм. В трубопроводах малого диаметра могут устанавливаться погружные термопары нестандартного изготовления, но с соблюдением правил установки (например при испытаниях водогрейных котлов, см.п.4.2.3).

5.4.3. Поверхностные термопары устанавливаются вне зоны обогрева на выходных (или входных) участках змеевиков, вблизи коллектора, а также на отводящих (или подводящих) трубах панелей. Соединение с металлом трубы (рабочий конец термопары) рекомендуется выполнять путем зачеканки термоэлектродов в металлическую бобышку (раздельно в два отверстия), которая в свою очередь приваривается к трубе. Рабочий конец термопары может также выполняться зачеканкой термопары в тело трубы.

Начальный участок изолированной поверхностной термопары длиной не менее 50-I00 мм от ее рабочего конца должен быть плотно прижат к трубе. Место установки термопары и трубопровод в этой зоне должны быть тщательно закрыты тепловой изоляцией.

5.4.4. Измерение температур металла труб в обогреваемой зоне (посредством температурных вставок Союзтехэнерго с термопарным кабелем КТМС или термопарами ХА, либо радиометрических вставок ЦКТИ с термопарами ХА) следует выполнять согласно "Методических указаний на ведомственные натурные испытания температурного режима экранных поверхностей нагрева паровых и водогрейных котлов". Вставки не являются стандартизованными средствами измерений и при испытаниях гидравлической устойчивости служат индикаторами (см.п.5.3).

5.4.5. В качестве вторичных приборов при измерении температуры посредством термопар применяются самопишущие электронные многоточечные потенциометры с аналоговой, цифровой или иной формой записи (непрерывной или с периодичностью регистрации не более I20 с). В частности, употребительны приборы КСП-4 класса точности 0,5 на I2 точек (с циклом 4 с и рекомендуемой скоростью протяжки ленты 600 мм/ч).

Применяются также многоканальные измерительные устройства с выходом на цифропечатающие и перфорирующие устройства.

В качестве вторичных приборов для измерения температуры посредством термометров сопротивления применяются измерительные мосты постоянного тока.

5.5. Измерение расхода воды и пара:

5.5.I. Расход измеряется посредством расходомеров с сужающими устройствами (измерительными диафрагмами, соплами) согласно "Правилам измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами" РД 50-2I3-80. Расходомеры с сужающими устройствами устанавливаются на трубопроводах с однофазной средой внутренним диаметром не менее 50 мм. Расходомерное устройство, его установка и соединительные (импульсные) линии должны соответствовать указанным правилам.

5.5.2. В случаях, когда не допускаются дополнительные потери давления, а также на трубопроводах внутренним диаметром менее 50 мм, в качестве индикатора расхода устанавливаются расходомеры с напорными трубками (трубками Пито) конструкции ЦКТИ либо ВТИ [2]. Стержневые трубки ЦКТИ, как и круглые трубки ВТИ, имеют небольшую невосстанавливаемую потерю давления. Напорные трубки

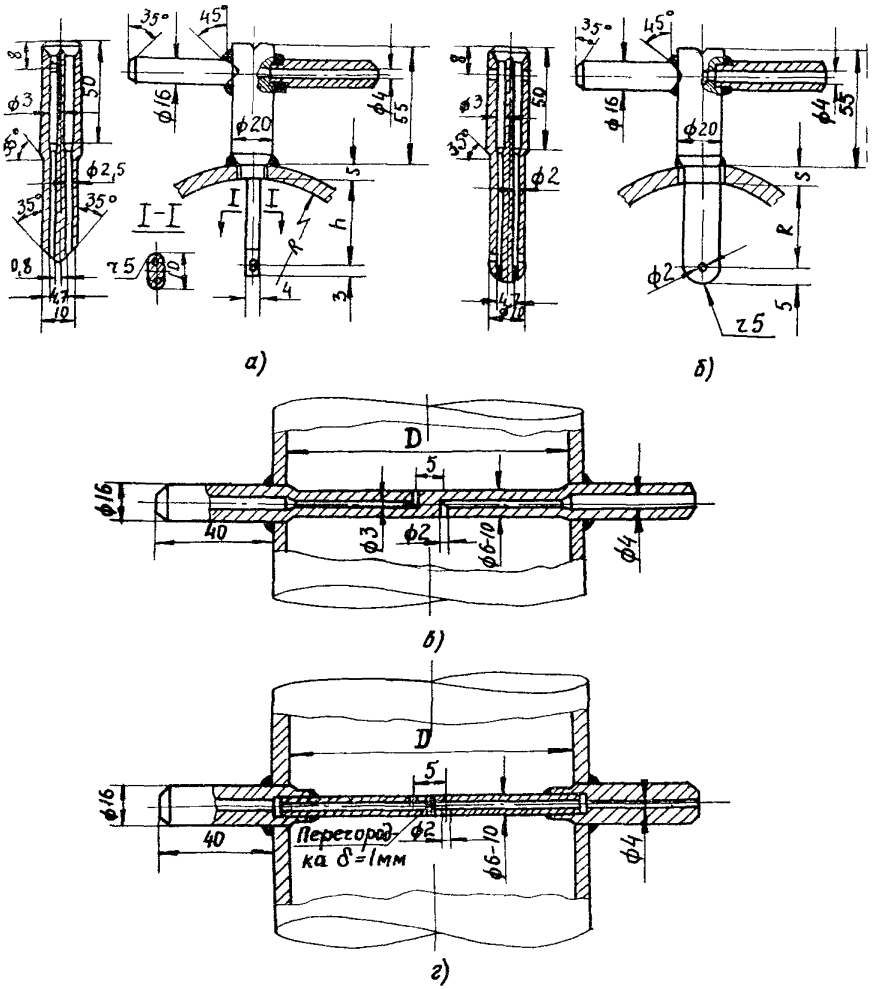

Рис.3. Конструкции напорных трубок для измерения скоростей циркуляции воды

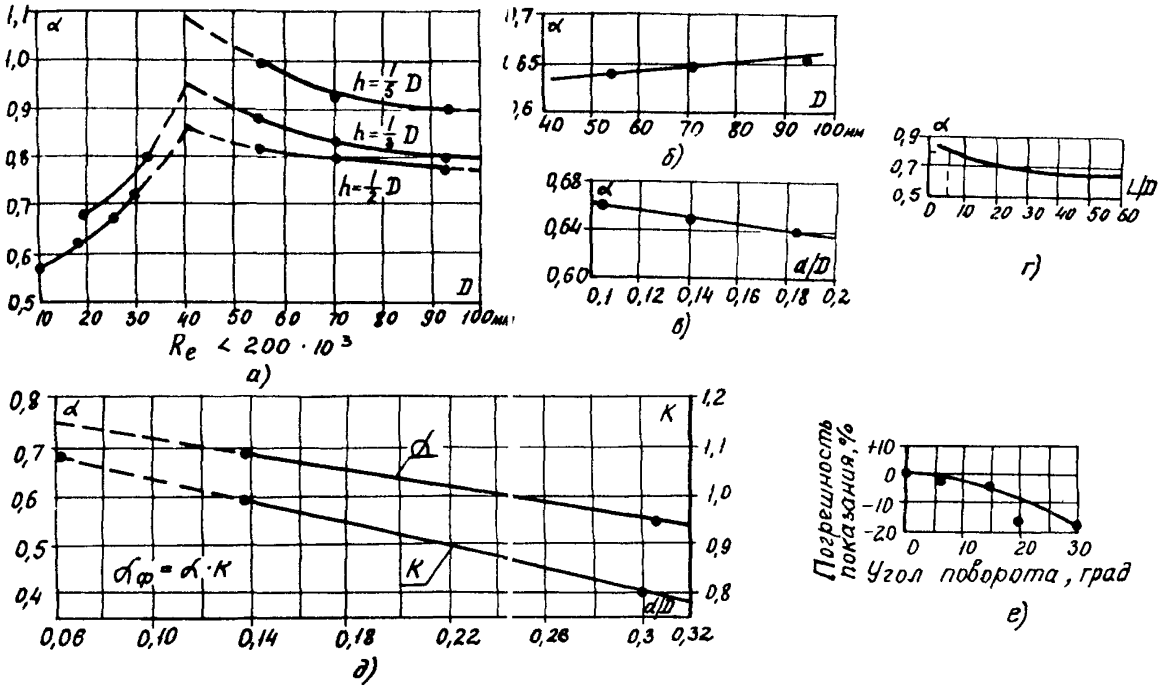

Рис.4. Значения коэффициентов расхода стержневых и цилиндрических трубок

пригодны только для потока однофазной среды.

Конструкция напорных трубок ЦКТИ и ВТИ с описанием и коэффициентами расхода приводится в приложении I и на рис.3,4.

5.5.3. В качестве первичных преобразователей (датчиков) при измерении расходов применяются дифманометры (ГОСТ 22520-85). От измерительного устройства к датчику прокладывают соединительные линии в соответствии с правилами РД 50-2I3-80.

5.6. Отбор сигналов по статическому давлению производится через отверстия (штуцеры) в трубопроводах или коллекторах поверхности нагрева вне зоны обогрева. Отборные устройства следует устанавливать в местах, защищенных от динамического воздействия рабочего потока. В качестве датчиков используются манометры с электрическим выходом (ГОСТ 22520-85).

5.7. Измерение перепада давлений производится с помощью отборов статического давления в начале и в конце измеряемого участка контура, которые выполняются по типу измерения давления. В качестве датчиков применяются дифманометры.

5.8. Тип и класс точности датчиков и вторичных приборов, применяемых при измерении расхода, перепада давлений и давления, приводятся в табл.2.

Таблица 2

Измеряемая величина	Датчик	Класс точности	Вторичный прибор	Класс точности
Расход, перепад давлений	ДМ	I,5	КСД-2	I,0
	ДМЭ	I,0; I,5	КСУ-2	I,0
	Сапфир 22-ДД	0,5	КСУ-4	0,5
Давление	МЭД	I,0	КСУ-2	I,0
	МПЭ	I,0; I,5	КСУ-2	I,0
	Сапфир 22-ДИ	0,5	КСУ-4	0,5

Примечание. Для измерения расхода вместо датчиков ДМЭ и Сапфир 22-ДД, дающих линейный сигнал перепада давления, могут применяться датчики ДМЭР и Сапфир 22-ДД с БИК (с блоком извлечения квадратного корня и переходом к расходной шкале). Так как при испытаниях шкалы обычно нестандартны и должны быть пригодны для различных условий, то чаще более удобными оказываются комплекты с линейной шкалой перепадов (с дальнейшим пересчетом при обработке).

5.9. Выбор датчиков по диапазону измерения перепада давлений производится из ряда значений по ГОСТ 22520-85. Ориентировочно употребляемые значения: расход питательной воды - 63; 100; 160 кПа (0,63; 1,0; 1,6 кгс/см^2); расход (скорость) воды в панелях и змеевиках - 1,6; 2,5; 4,0; 6,3 кПа (160; 250; 400; 630 кгс/м^2); для котлов СКД-40 МПа (400 кгс/см^2), для котлов ВД-16; 25 МПа (160; 250 кгс/см^2); для водогрейных котлов - 1,6; 2,5 МПа (16; 25 кгс/см^2).

5.10. Нижний гарантированный предел измерения для датчиков расхода (ДМЭР) составляет 30% верхнего предела.

В тех случаях, когда в ходе испытаний требуется охватить большой диапазон расходов (или давлений), включая малые и растопочные нагрузки котла, к измерительному устройству подсоединяются параллельно два датчика на разные пределы измерения, каждый со своим вторичным прибором.

5.11. Для фиксации основных значений расхода и давления применяются обычно одноточечные вторичные приборы с непрерывной записью (с рекомендуемой скоростью протяжки ленты 600 мм/ч). Непрерывная запись необходима ввиду большой скорости протекания гидродинамических процессов, особенно при нарушениях устойчивости.

При наличии в схеме большого числа однотипных гидравлических датчиков (например, для измерения скоростей в панелях и змеевиках) часть из них можно вынести на многоточечные вторичные приборы, указанные в табл.2 (на 6 или 12 точек с циклом не более 4 с).

5.12. Щит экспериментального контроля монтируется поблизости от БЩУ (предпочтительно), либо в помещении котельного цеха (на отметке обслуживания при наличии хорошей связи с БЩУ). Щит оборудуется электрическим питанием, освещением, запорами.

5.13. Материалы:

5.13.1. Количество и номенклатура материалов, необходимых для монтажа соединительных электрических и трубных проводок, а также электро- и теплоизоляционных материалов, определяется в ра-

очей программе испытаний либо в заказной спецификации в зависимости от паро- или теплопроизводительности котла, его конструкции и объема измерений.

5.I3.2. Первичная коммутация средств измерений температуры о сборных коробок (СК) производится: от погружных термопар и емпературных вставок компенсационным проводом (медь- константан для термопар ХА, хромель-копель для термопар ХК); от поверхностных термопар термопарным проводом.

Вторичная коммутация от СК до щита экспериментального контроля выполняется многожильным кабелем (желательно компенсационным, при отсутствии такового - медным или алюминиевым). В последнем случае для компенсации температуры свободного конца измерительных термопар от СК до прибора прокидывается так называемая компенсационная термопара.

5.I3.3. Коммутация сигналов по расходу и давлению от места отбора до датчика производится соединительными трубками (из стали 20 или I2XIMФ) с запорными вентилями d_y I0 мм на соответствующее давление. Электрическое соединение между датчиком и щитом выполняется четырехжильным кабелем (в случае опасности наводок - экранированным).

6. УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

6.I. Испытания проводятся в стационарных режимах котла, в переходных (при возмущениях режима, снижении и подъеме нагрузки), а также в случае необходимости в режимах растопки.

6.2. При проведении испытаний в стационарных режимах должны выдерживаться указанные в табл.3 предельные отклонения от средних эксплуатационных значений параметров работы котла, которые контролируются по поверенным штатным приборам.

Таблица 3

Наименование	Предельные отклонения,%		
	Паровые котлы паропроизводительностью, т/ч		Водогрейные котлы
	До 260	Свыше 260	
Паропроизводительность	±I0	±5	-
Расход питательной воды	±I0	±5	±5

Окончание таблицы 3

Наименование	Предельные отклонения, %		
	Паровые котлы паропроизводительностью, т/ч		Водогрейные котлы
	До 260	Свыше 260	
Давление	±10	±5	±5
Температура перегретого пара (первичного и промежуточного)	±2	±2	-
Температура воды (на входе и выходе из котла)	-	-	±4

Нагрузка котла не должна превышать установленной максимальной паропроизводительности (или теплопроизводительности). Конечная температура перегретого пара (или температура воды на выходе из котла) и давление среды не должны быть выше указанных в инструкции завода-изготовителя.

Длительность опыта в стационарном режиме должна составлять: для газомазутных котлов - не менее I ч, для пылеугольных котлов не менее 2 ч. Между опытами следует предусматривать достаточное время для перестройки и стабилизации режима (на газе и мазуте - не менее 30-40 мин , на твердом топливе - I ч). При нескольких видах сжигаемого топлива, а также в зависимости от наружного загрязнения поверхностей нагрева котла и других местных условий опыты разбиваются на серии, проводимые в разное время.

6.3. При проведении испытаний в переходных режимах проверяется влияние на гидравлическую устойчивость организованных возмущений режима. Параметры работы котла должны при этом выдерживаться в пределах, обусловленных программой испытаний.

6.4. Во время испытаний в котел должно подаваться топливо, качество которого предусмотрено программой испытаний.

7. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

7.I. В объем работ по подготовке к испытаниям входит:

ознакомление с технической документацией по котлу и энергоблоку, состоянием оборудования, режимами эксплуатации;

составление и согласование программы испытаний;

разработка схемы экспериментального контроля и технической документации к ней;

технический надзор за монтажом схемы экспериментального контроля;

наладка схемы экспериментального контроля и ввод ее в действие.

7.2. В состав технической документации, требующей ознакомления, входят прежде всего: чертежи котла и его элементов; схемы пароводяного и газовоздушного трактов, КИП и автоматики; расчеты котла: тепловой, гидравлический, тепломеханический, температуры стенок, гидравлических характеристик (если таковой имеется); инструкция по эксплуатации котла, режимная карта; документация по повреждениям труб и др. Производится ознакомление по месту с оборудованием котла и системы пылеприготовления, с энергоблоком в целом, со штатными КИП. Выявляются эксплуатационные особенности оборудования, подлежащего испытаниям.

7.3. Составляется программа испытаний, в которой должны быть указаны цель, условия и организация проведения опытов, требования к состоянию котла, необходимые параметры работы котла, количество и основные характеристики опытов, их продолжительность, календарные сроки. Указываются используемые нестандартизованные средства измерений. Программа согласовывается с руководителями соответствующих подразделений ТЭС (КТЦ, ЦНИИ, ЦТАИ) и утверждается главным инженером ТЭС или РЭУ.

Порядок разработки, согласования и утверждения программы испытаний должен соответствовать "Положению о порядке разработки, согласования и утверждения программ испытаний на тепловых, гидравлических и атомных электростанциях, в энергосистемах, тепловых и электрических сетях", утвержденному Минэнерго СССР 14.08.86 г.

7.4. Содержание схемы экспериментального контроля дано в разд.4. В ряде случаев при большом объеме испытаний составляется техническое задание на проект схемы экспериментального контроля, согласно которому специализированная организация или подразделение разрабатывают схему. При небольшом объеме схема составляется непосредственно бригадой, проводящей испытания.

7.5. На основании схемы экспериментального контроля составляется и передается заказчику документация по подготовительным работам к испытаниям:

перечень подготовительных работ (в котором целесообразно указать объем монтажных работ, выполняемых непосредственно на котле);

спецификация на необходимые приборы и материалы, поставляемые заказчиком;

эскизы приспособлений, требующих изготовления (температурные вставки, бобышки, панели щита и др.).

Составляется также спецификация на приборы и материалы, поставляемые Союзтехэнерго. В приложении 2 даются примерные образцы указанной документации.

7.6. Надзор за монтажом:

7.6.1. Перед началом монтажа производится разметка мест установки измерительных устройств, а также выбор мест для СК, щита, стендов датчиков. К разметке необходимо относиться с особым вниманием, как к операции, определяющей качество последующих измерений.

При выполнении монтажа средств испытаний надлежит проверить правильность установки измерительных устройств и соответствие чертежам.

7.6.2. Приварка бобышек поверхностных термопар производится под непосредственным наблюдением представителей бригады. Основное при этом - не допустить пережога провода (сварка электродами 2-3 мм, минимальным током), а в случае пережога - восстановить заново. Рекомендуется проверять наличие цепи непосредственно после приварки.

7.6.3. Прокладка термопарного и компенсационного провода до СК производится в защитных трубах. Открытая прокладка жгутом допускается в отдельных случаях на короткое время, но не рекомендуется. Прокладку следует выполнять цельным проводом, избегая промежуточных соединений. Особое внимание следует обращать на возможные места повреждения изоляции проводов (перегибы, повороты, крепления, вход в защитные трубы и др.), защищая их дополнительной усиленной изоляцией. Для исключения возможных наводок ЭДС компенсационные провода и кабели не должны пересекаться с трассами силовых кабелей.

$$\delta p = \pm \sqrt{\delta_{д}^{2} + \delta_{пр}^{2} + \sum_{i=1}^{n_д} \delta_{дi}^{2} + \sum_{i=1}^{n_{пр}} \delta_{прi}^{2}} ,$$

где $\delta_{су}$ – допускаемая относительная погрешность сужающего устройства;

$\delta_{д}$ – допускаемая относительная погрешность датчика;

$\delta_{пр}$ – основная относительная погрешность прибора;

$\delta_{дi}$, $\delta_{прi}$ – дополнительные относительные погрешности датчика и прибора от i-го внешнего влияющего фактора;

$n_д$ – число влияющих факторов на датчик.

9.3. Перед началом обработки уточняются временные интервалы опытов и делается разметка времени на диаграммных лентах самописцев (для стационарных режимов – с интервалом 5–10 мин, для режимов с возмущениями – через 1 мин или через каждый отбой). Проверяется совмещение по времени лент всех приборов. Снятие показаний с лент производится с помощью специальных шкал, которые градуируются по стандартным шкалам или по данным индивидуальных градуировок приборов и датчиков. Непредставительные результаты измерений исключаются из обработки.

9.4. Результаты измерений в стационарных режимах усредняются по времени за опыт: параметры котла по записям в журналах наблюдений, остальные показатели по лентам самописцев согласно разметке.

Особенного внимания требует обработка результатов измерений температур и давлений среды по пароводяному тракту, так как по ним определяется энтальпия и рассчитываются приращения энтальпии в поверхностях нагрева, что является основой большой части обработки. Следует учитывать возможность значительных погрешностей определения энтальпии при СКД в зоне больших теплоемкостей (при докритическом давлении – в испарительной части).

Давление в промежуточных точках тракта определяется интерполяцией с учетом прямых измерений и гидравлического расчета котла.

Усредненные результаты обработки заносятся в таблицы и представляются в виде графиков (распределения температур и энтальпий среды по тракту, температурных и гидравлических разверок, зависи-

нии, или при проверке новых методов испытаний в программе испытаний должны быть обусловлены дополнительные требования к средствам измерений и к точностным характеристикам.

5.3. Для измерения параметров, не требующих при испытаниях нормирования точности (см.разд.2), могут быть использованы индикаторы. Конкретные типы используемых индикаторов указываются в программе испытаний.

5.4. Измерение температуры:

5.4.I. Температура измеряется с помощью термоэлектрических преобразователей (термопар). При измерениях на относительно низком уровне температур, требующих высокой точности, могут использоваться также термоэлектрические термометры (термометры сопротивления) по ГОСТ 6651-84.

В зависимости от диапазона измеряемых температур применяются термопары ХА (при верхнем пределе измеряемых температур 600-800°С) или ХК (400-600°С) диаметром провода I,2 либо 0,7 мм. Изоляцию термоэлектродных проводов рекомендуется выполнять кремнеземистой или кварцевой нитью путем двойной обмотки. Подробные характеристики термопар содержатся в специальной литературе [ ].

5.4.2. Для непосредственного измерения температуры воды и пара используются стандартные погружные термопары типа ТХА. Погружные термопары устанавливаются на прямом участке трубопровода в гильзе, вваренной в трубопровод. Длина элемента выбирается в зависимости от диаметра трубопровода из расчета расположения рабочего конца термопары элемента по оси потока. Минимальная длина стандартного элемента I20 мм. В трубопроводах малого диаметра могут устанавливаться погружные термопары нестандартного изготовления, но с соблюдением правил установки (например при испытаниях водогрейных котлов, см.п.4.2.3).

5.4.3. Поверхностные термопары устанавливаются вне зоны обогрева на выходных (или входных) участках змеевиков, вблизи коллектора, а также на отводящих (или подводящих) трубах панелей. Соединение с металлом трубы (рабочий конец термопары) рекомендуется выполнять путем зачеканки термоэлектродов в металлическую бобышку (раздельно в два отверстия), которая в свою очередь приваривается к трубе. Рабочий конец термопары может также выполняться зачеканкой термопары в тело трубы.

7.6.4. Напорные трубки устанавливаются на прямых участках труб, в отдалении от гибов и коллекторов. Прямой участок стабилизации потока перед трубкой должен составлять $(20 \div 30)D$ (D - внутренний диаметр трубы), но не менее $5D$. Погружение напорной трубки составляет I/2 или I/3 D. Трубка должна быть вварена воспринимающими сигнал отверстиями строго вдоль осевой линии трубы; отборные штуцера располагаются горизонтально. Коренные вентили должны быть доступны для обслуживания.

7.6.5. Прокладка соединительных линий измерений расхода и давления должна отвечать требованиям РД-50-213-80. При прокладке соединительных труб надо строго соблюдать односторонний уклон или горизонтальность линий; не допускать прохода соединительных труб в местах с высокой температурой во избежание закипания или нагрева неподвижной воды в них.

7.6.6. Датчики для измерения расходов и перепадов давлений устанавливаются ниже (или на уровне) измерительных устройств, обычно на нулевой отметке и на отметке обслуживания. Датчики монтируются на групповые стенды. Для нормального обслуживания предусматриваются устройства для продувки датчиков (причем на каждой продувочной линии во избежание неплотностей ставится по два запорных вентиля). Полный комплект на один датчик составляет 9 запорных вентилей (коренные, перед датчиком, продувочные и один уравнительный).

7.6.7. Перед установкой датчиков на стенд следует тщательно проверить их в метрологической службе ТЭС и провести градуировку. После установки на стенды необходимо проверить положение "нулей" и максимальные значения перепадов.

У датчиков, предназначенных для измерения расходов воды в панелях и змеевиках, "ноль" на шкале вторичного прибора целесообразно сместить на I0-20% вправо (на случай появления нулевых или отрицательных значений в нестационарных режимах). В каких-либо особых случаях, когда возможно движение потока в обе стороны, "ноль" прибора выставляется на 50%, т.е. на середину шкалы (например, опрокидывание потока, сильная пульсация, испытания гидродинамической перемычки и др.). При смещении нуля прибор используется в качестве индикатора.

7.7. По окончании подготовительных монтажных работ проводится наладка схемы экспериментального контроля (прозвонка коммута-

ции, опрессовка и пробное включение датчиков, включение и отладка вторичных приборов, выявление и устранение дефектов).

7.8. Перед проведением испытаний должна быть проверена готовность котла и его элементов к испытаниям (газоплотность, внутренняя и наружная загрязненность поверхностей нагрева, плотность и исправность арматуры и др.). Особое внимание уделяется штатным КИП: исправности необходимых для испытаний средств измерений, правильности их показаний, наличию действующих поверительных клейм (для водомеров и других приборов), соответствию экспериментальных и штатных приборов.

Электростанции передается перечень работ по устранению недостатков оборудования и КИП, затрудняющих проведение испытаний. Состояние котла должно отвечать требованиям, указанным в программе испытаний.

8. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

8.I. Рабочая программа опытов:

8.I.I. Перед началом испытаний, на основании утвержденной программы испытаний, составляются и согласовываются с руководством ТЭС рабочие программы опытов. Рабочая программа составляется на отдельный опыт или на серию опытов. Она содержит указания по организации опыта, по состоянию участвующего в опыте оборудования, значения основных параметров и допускаемые пределы их отклонений, описание последовательности выполняемых операций.

8.I.2. Рабочая программа утверждается главным инженером ТЭС и является обязательной для персонала.

8.I.3. На время опыта должен выделяться ответственный представитель от ТЭС, который осуществляет оперативное руководство проведением опыта. Руководитель испытаний от Союзтехэнерго осуществляет техническое руководство. Вахтенный персонал все свои действия во время опыта производит по указаниям (или с ведома) руководителя испытаний, передаваемым через ответственного представителя ТЭС.

В приложении 3 приводится примерная рабочая программа опытов.

8.2. В течение всего времени опыта должно обеспечиваться соответствие рабочей программе следующих величин: избытка воздуха; доли рециркуляции дымовых газов; расхода топлива; расхода и температуры питательной воды; давления среды за котлом; расхода пара (только для парового котла); температуры свежего пара (или воды) за котлом; топочного режима; режима работы системы пылеприготовления.

8.3. В случае несоответствия параметров работы котла требованиям, установленным в разд.6 и в рабочей программе, опыт прекращается. Опыт прекращается также в случае аварийной ситуации на энергоблоке (или на электростанции). В случае достижения предельных значений температуры среды и металла, указанных в программе, либо прекращения (или резкого снижения) расхода среды в отдельных элементах котла, либо появления других нарушений гидродинамики согласно приборам экспериментального контроля - котел переводится в более легкий для оборудования режим (снимаются ранее внесенные возмущения или принимаются необходимые решения). Если нарушения не представляют непосредственной опасности, опыт может продолжаться без дальнейшего ужесточения проверяемого режима.

8.4. Испытания начинаются с предварительных опытов. В ходе предварительных опытов производится ознакомление с работой оборудования и особенностями эксплуатационных режимов, окончательная отладка схемы измерений, отработка организационного распорядка в бригаде и взаимоотношений с вахтенным персоналом.

8.5. Стационарные режимы:

8.5.1. Испытания в стационарных режимах включают опыты: на номинальной нагрузке котла; двух-трех промежуточных нагрузках (обычно на нагрузках 70 и 50% как соответствующих заводским расчетам, а также на нагрузке, преобладающей в условиях эксплуатации); минимальной нагрузке (установленной в эксплуатации либо согласованной для испытаний). Для паровых котлов проводятся также опыты с пониженной температурой питательной воды (с отключенными ПВД). Для водогрейных котлов проводятся также опыты: с различной температурой воды на входе; с минимальным давлением на выходе; с минимально допустимым расходом воды.

Определяются статические характеристики (зависимость от нагрузки котла) температур и давлений по тракту; показатели гидравлической устойчивости испытуемых контуров в стационарных режимах; допустимый диапазон нагрузок котла согласно этим показателям.

8.5.2. В стационарных опытах за основу принимается режим по эксплуатационной режимной карте. Проверяется также влияние основных режимных факторов (избытка воздуха, загрузки ДРГ, различных сочетаний работающих горелок или мельниц, мазутной подсветки, температуры питательной воды, зашлаковки котла и др.).

8.5.3. На котлах, работающих на двух видах топлива, опыты проводятся на обоих видах (на резервном топливе и на смеси топлив допускается в уменьшенном объеме). На пылегазовых котлах опыты на природном газе по условию загрязнения экранов должны проводиться после достаточно длительной непрерывной кампании на газе. На шлакующих топливах опыты при необходимости проводятся в начале и в конце кампаний, на "чистом" и на зашлакованном котле.

8.5.4. Для котлов СКД, работающих на скользящем давлении, испытания гидравлической устойчивости следует проводить с учетом методических указаний по испытаниям прямоточных котлов в режимах разгрузки на скользящем давлении среды.

8.5.5. На данной нагрузке котла для получения более достоверных экспериментальных материалов следует проводить по два дублирующих опыта, причем не в один день (желательно с разрывом во времени). При необходимости проводятся дополнительные контрольные опыты.

8.5.6. Испытания в стационарных режимах должны предшествовать опытам с возмущениями.

8.6. Переходные режимы:

8.6.1. Наиболее неблагоприятными по гидравлической устойчивости котельных контуров являются, как правило, нестационарные условия, связанные с возмущениями режима и теми или другими отклонениями параметров от нормальных (средних) условий.

В опытах в переходных режимах определяется гидравлическая устойчивость испытуемых контуров в экспериментальных условиях, близких к аварийным, при разбалансе соотношения "вода-топливо" и при тепловых перекосах. Контролируются максимальные снижения расходов и повышения температур в элементах контура, расхождение

между отдельными элементами, а также характер восстановления исходных значений после снятия возмущения.

8.6.2. Для паровых котлов проверяются следующие возмущения режима:

резкое увеличение расхода топлива;

резкое уменьшение расхода питательной воды;

отключение отдельных горелок при сохранении общего расхода топлива (влияние теплового перекоса по ширине и глубине топки);

отключение (или уменьшение загрузки) ДРГ;

снижение давления среды, а также другие действия по местным обстоятельствам (включение обдувочных аппаратов, переход на другое топливо и др.).

В зависимости от схемы контура иногда может потребоваться также проверка сочетания разбаланса с перекосом (например сброс воды при отключенных горелках).

Для водогрейных котлов проверяются возмущения режима резким уменьшением расхода питательной воды и снижением давления среды и др.

8.6.3. Значение и продолжительность возмущений не нормируются и устанавливаются на основе имеющегося опыта и реальных эксплуатационных режимов в зависимости от конструкции котла, его динамических характеристик, вида топлива и др.

Так, для газомазутного котла моноблока 300 МВт можно рекомендовать возмущения по воде и топливу значением примерно в 15% и продолжительностью 10 мин (т.е. по имеющемуся опыту почти до стабилизации параметров по тракту). При больших возмущениях (20-30%) по условию удержания температуры перегрева продолжительность обычно меньше 3-5 мин без стабилизации параметров, что не дает уверенности в выявлении всех особенностей гидродинамики контура. Возмущения менее 15% оказывают сравнительно слабое влияние на пароводяной тракт.

8.6.4. Возмущения могут производиться по обоим либо только по одному регулируемому потоку пароводяного тракта (или одной стороне котла), для которого выполняются испытания.

8.6.5. Перед нанесением возмущений котел должен проработать в стационарном режиме не менее 0,5-1,0 ч до стабилизации параметров.

8.6.6. Опыты с возмущениями режима проводятся на двух-трех нагрузках котла (включая минимальную). Обычно они совмещаются с опытами на требуемой нагрузке в стационарном режиме и проводятся по окончании такового.

8.7. В случае необходимости (например новая технология растопки, повреждения в пусковых режимах, вызывающие опасения результаты предварительных расчетов и др.) производится проверка показателей гидравлической устойчивости испытуемого контура в режимах растопки котла. Растопка ведется в соответствии с эксплуатационной инструкцией и рабочей программой.

8.8. Во время опыта осуществляется непрерывный контроль за работой котла и его элементов по приборам штатного и экспериментального контроля. Необходимо постоянно следить по измерениям экспериментального контроля и своевременно обнаруживать те или иные нарушения гидродинамики. Выявление нарушений гидродинамики является основной задачей испытаний.

8.9. Ведется оперативный журнал с фиксацией хода опыта, операций, выполняемых вахтенным персоналом, основных показателей режима и возмущений. Производятся регулярные записи в журналы наблюдений параметров котла по штатным приборам. Периодичность записи 10-15 мин в стационарных режимах, 2 мин при возмущениях. Контролируются избытки воздуха (по кислородомерам или приборам Орса). Необходимо следить за режимом горения, производя осмотр топки.

8.10. Осуществляется тщательный надзор за исправностью приборов экспериментального контроля, в том числе: за положением "нуля", положением и протяжкой ленты, четкостью отбоя показаний на ленте, правильностью показаний приборов и отдельных точек. Неисправности следует устранять немедленно. Сверяется соответствие показаний экспериментальных и штатных приборов по сходным параметрам[1]. Перед каждым опытом производится регистрация и установка "нулей" датчиков расхода и давления. По окончании опыта регистрация "нулей" повторяется.

8.11. Регулярно в начале, конце и на протяжении опыта для синхронизации показаний приборов производится одновременная от-

---

[1] Разница показаний не должна превышать $\sqrt{u_1^2+u_2^2}$, где u_1 и u_2 - классы точности приборов.

метка времени на всех лентах. Отметка производится вручную либо при большом числе приборов с помощью специальной электрической схемы отметки времени (одновременного закорачивания цепей приборов).

8.I2. Полученный экспериментальный материал рекомендуется, по возможности, подвергать экспресс-обработке сразу после опытов. Предварительный анализ результатов ранее проведенных опытов позволяет более целенаправленно проводить последующие опыты со своевременной корректировкой программы испытаний при необходимости.

8.I3. В период испытаний, помимо плановых опытов, проводятся наблюдения за эксплуатационными режимами котла по приборам штатного и экспериментального контроля. Цель наблюдений - получить подтверждение представительности и полноты опытных режимов, данные о стабильности или нестабильности параметров котла во времени (что особенно важно на пылеугольных котлах), а также получать текущую информацию о состоянии измерений штатного контроля для подготовки к следующим опытам.

Результаты наблюдений используются в качестве вспомогательного материала.

9. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

9.I. Обработка результатов испытаний производится по следующим формулам

$$w\rho = \frac{G}{F} \quad ;$$

$$\Delta t_{недо} = t_{нас} - t_{эл}^{макс} \quad ;$$

$$(w\rho)_{эл} = \alpha \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{изм}}{v}} \quad ;$$

$$G_{эл} = (w\rho)_{эл} \cdot F_{эл} \quad ;$$

$$\Delta i = i_{вых} - i_{вх} \ ;$$

$$\rho_q = \frac{i_{эл}^{вых.макс} - i_{вх}}{i_{вых} - i_{вх}} = \frac{\Delta i_{эл}^{макс}}{\Delta i} \ ;$$

$$\rho_г = \frac{(w\rho)_{эл}}{w\rho} \ ;$$

$$\eta_т = \rho_q \cdot \rho_г \cdot \eta_к \ ,$$

где F – внутреннее поперечное сечение трубопровода, $м^2$;

$t_{нас}$ – температура насыщения по давлению среды на выходе контура, ^oC;

α – коэффициент расхода измерительной трубки;

$\Delta\rho_{изм}$ – перепад давлений на измерительной трубке, $кгс/м^2$;

v – удельный объем среды, $м^3/кг$;

$F_{эл}$ – внутреннее поперечное сечение элемента, $м^2$;

$i_{вх}$, $i_{вых}$ – энтальпия среды на входе и на выходе из контура, кДж/кг (ккал/кг), берется по термодинамическим таблицам, $i = f(t,\rho)$, давление берется на входе и на выходе контура;

$\eta_к$ – коэффициент конструктивной нетождественности элемента (отдельной трубы), берется по проектным данным согласно [I] .

Пояснения к остальным буквенным обозначениям см. пп.I.I.7 и I.I.8.

9.2. Погрешности определения показателей по результатам измерений определяются следующим образом:

$$\delta(w\rho) = \delta(G) \ ;$$

$$\Delta(t_{вх}) = \Delta(t) \ ;$$

$$\Delta(t_{вых}) = \Delta(t) \ ;$$

$$\Delta(t_{эл}) = \Delta(t) \ ,$$

$$\Delta(\Delta t_{недо}) = \sqrt{\Delta^2(t_{нас}) + \Delta^2(t_{эл}^{макс})} = \sqrt{\Delta^2(t_{нас}) + \Delta^2(t)} \ ;$$

$$\delta(\Delta P_к) = \delta(\Delta P) \ .$$

Абсолютная погрешность $\Delta(t_{нас})$ находится по термодинамическим таблицам и равна половине единицы разряда последней значащей цифры.

Допускаемая абсолютная погрешность измерения температуры определяется по формуле

$$\Delta t = \pm \sqrt{\Delta_{тп}^2 + \Delta_{л.с}^2 + \Delta_{пр}^2 + \sum_{i=1}^{n_{пр}} \Delta_{\partial i}^2} \ ,$$

где $\Delta_{тп}$ – допускаемая погрешность термопар;

$\Delta_{л.с}$ – погрешность линии связи, вызванная отклонением термо-ЭДС удлиняющих проводов;

$\Delta_{пр}$ – основная погрешность прибора;

$\pm\Delta_{\partial i}$ – дополнительная погрешность прибора от i-го влияющего фактора окружающей среды;

$n_{пр}$ – число влияющих на прибор факторов.

Допускаемая относительная погрешность измерения расхода, перепада давлений и давления определяется по формулам:

$$\delta G = \pm \sqrt{\delta_{су}^2 + \delta_{\partial}^2 + \delta_{пр}^2 + \sum_{i=1}^{n_{\partial}} \delta_{\partial i}^2 + \sum_{i=1}^{n_{пр}} \delta_{пр i}^2} \ ;$$

$$\delta \Delta P = \pm \sqrt{\delta_{\partial}^2 + \delta_{пр}^2 + \sum_{i=1}^{n_{\partial}} \delta_{\partial i}^2 + \sum_{i=1}^{n_{пр}} \delta_{пр i}^2} \ ;$$

$$\delta p = \pm \sqrt{\delta_{д}^{2} + \delta_{пр}^{2} + \sum_{i=1}^{n_д} \delta_{дi}^{2} + \sum_{i=1}^{n_{пр}} \delta_{прi}^{2}} ,$$

где $\delta_{су}$ - допускаемая относительная погрешность сужающего устройства;

$\delta_{д}$ - допускаемая относительная погрешность датчика;

$\delta_{пр}$ - основная относительная погрешность прибора;

$\delta_{дi}$, $\delta_{прi}$ - дополнительные относительные погрешности датчика и прибора от i-го внешнего влияющего фактора;

$n_д$ - число влияющих факторов на датчик.

9.3. Перед началом обработки уточняются временные интервалы опытов и делается разметка времени на диаграммных лентах самописцев (для стационарных режимов - с интервалом 5-10 мин, для режимов с возмущениями - через 1 мин или через каждый отбой). Проверяется совмещение по времени лент всех приборов. Снятие показаний с лент производится с помощью специальных шкал, которые градуируются по стандартным шкалам или по данным индивидуальных градуировок приборов и датчиков. Непредставительные результаты измерений исключаются из обработки.

9.4. Результаты измерений в стационарных режимах усредняются по времени за опыт: параметры котла по записям в журналах наблюдений, остальные показатели по лентам самописцев согласно разметке.

Особенного внимания требует обработка результатов измерений температур и давлений среды по пароводяному тракту, так как по ним определяется энтальпия и рассчитываются приращения энтальпии в поверхностях нагрева, что является основой большой части обработки. Следует учитывать возможность значительных погрешностей определения энтальпии при СКД в зоне больших теплоемкостей (при докритическом давлении - в испарительной части).

Давление в промежуточных точках тракта определяется интерполяцией с учетом прямых измерений и гидравлического расчета котла.

Усредненные результаты обработки заносятся в таблицы и представляются в виде графиков (распределения температур и энтальпий среды по тракту, температурных и гидравлических разверок, зависи-

мости показателей тепловой и гидравлической работы контура от нагрузки котла и от режимных факторов и др.).

9.5. Задачей испытаний в переходных режимах является определение отклонений расходов и температур в элементах контура от исходных стационарных значений (по величине и скорости изменения). Ввиду этого результаты обработки не усредняются и представляются в виде графиков зависимости от времени. Участки с нарушениями устойчивости целесообразно выносить на отдельные графики с увеличенным масштабом времени или давать фотокопии лент.

Растопочные режимы обрабатываются также в форме графиков по времени.

9.6. При обработке гидравлических измерений применяются индивидуальные шкалы, отвечающие градуировке датчика. Отсчет производится от "нулей", отмеченных на ленте во время проведения опытов.

Для стационарных режимов при измерении расхода производится пересчет показаний перепада давлений на измерительном устройстве, снятых с ленты, в значения расхода или массовой скорости. Пересчет производится по формулам, приведенным в п.9.1, либо по вспомогательным зависимостям ($w\rho$), G от $\Delta P_{изм}$, построенным на основе указанных формул (для рабочего диапазона температур и давлений среды).

Для переходных режимов при построении графика по времени пересчет измерения расхода в элементах контура допускается не производить и строить результирующий график в значениях $\Delta P_{изм}$ (показывая приближенные значения расхода с помощью второй шкалы на графике).

9.7. На значения измеренного давления вносится поправка на высоту столба воды в соединительной линии (от точки отбора до датчика); на измеренного перепада давлений - поправка на разность высот столба воды между точками отбора.

9.8. Важнейшей частью обработки результатов испытаний является сопоставление, анализ и истолкование полученных материалов, оценка их достоверности и достаточности. Предварительный анализ производится на промежуточных этапах обработки, что позволяет вносить необходимые коррективы по ходу работы. В некоторых более сложных случаях (например, когда получены результаты, отличные

от ожидавшихся, для оценки границ устойчивости за пределами опытных данных и др.) целесообразно выполнить дополнительные расчеты гидравлической устойчивости с учетом экспериментального материала.

IO. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА

IO.I. По результатам испытаний составляется технический отчет, который утверждается главным инженером предприятия или его заместителем. Отчет должен содержать материалы испытаний, анализ материалов и выводы по работе с оценкой гидравлической устойчивости котла, условий и границ устойчивости, а также, при необходимости, с рекомендациями по повышению устойчивости. Отчет должен быть оформлен в соответствии с СТП 70I0000302-82 (или с ГОСТ 7.32-8I).

IO.2. Отчет состоит из следующих разделов: "Реферат", "Введение", "Краткое описание котла и испытуемого контура", "Методика испытаний", "Результаты испытаний и их анализ", "Выводы и рекомендации".

Во введении формулируются цели и задачи испытаний, определяется принципиальный подход к их проведению и объем работы.

Описание котла должно включать конструктивные характеристики оборудования, необходимые данные из заводских расчетов.

В разделе "Методика испытаний" даются сведения по схеме экспериментального контроля, методике измерений и методике проведения испытаний.

В разделе "Результаты испытаний и их анализ" освещаются условия работы котла в период испытаний, даются подробные результаты измерений и их обработки, а также оценка погрешности измерений; дается анализ результатов, рассматриваются полученные показатели гидравлической устойчивости, сопоставляются с имеющимися расчетами, сравниваются результаты с известными результатами по другим испытаниям сходного оборудования, обосновываются оценки устойчивости и предлагаемых рекомендаций.

Выводы должны содержать оценку гидравлической устойчивости (по отдельным показателям и в целом) в зависимости от нагрузки котла, других режимных факторов и от влияния нестационарных процессов.

В случае выявления недостаточной устойчивости даются рекомендации по повышению надежности работы (режимные и реконструктивные).

10.3. Графический материал включает: чертежи (или эскизы) котла и его узлов, гидравлическую схему испытуемого контура, схему измерений (с необходимыми узлами), чертежи нестандартных измерительных устройств, графики результатов проведенных расчетов, графики результатов измерений (первичный материал и обобщающие зависимости), эскизы предложений по реконструкции (если таковые имеются).

Графический материал должен быть достаточно полон и убедителен, чтобы читатель (заказчик) мог получить ясное представление обо всех существующих аспектах проведенных испытаний и об обоснованности сделанных выводов и рекомендаций.

10.4. В отчете приводится также список используемой литературы и список иллюстраций. В приложение к отчету включаются сводные таблицы данных испытаний и расчетов и копии необходимых документов (актов, протоколов).

11. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Лица, участвующие в проведении испытаний, должны знать и выполнять требования, изложенные в [3], и иметь запись в удостоверении о проверке знаний.

Приложение I

КОНСТРУКЦИИ НАПОРНЫХ ТРУБОК

При выборе той или иной конструкции измерительных напорных трубок (трубок Пито) следует руководствоваться требуемым перепадом давлений, проходным сечением труб, учитывать сложность изготовления той или иной конструкции трубки, а также удобство их монтажа.

Конструкции напорных трубок для измерения скоростей циркуляции и воды приведены на рис.3. Стержневая трубка ЦКТИ (см.

рис.3,*а*) обычно устанавливается на глубине I/3*D*, что имеет существенное значение для труб небольшого диаметра.

На рис.3,*б* приведена конструкция цилиндрической трубки ВТИ. Для экранных труб с внутренним диаметром 50-70 мм диаметр измерительной трубки принимается равным 8-I0 мм, их устанавливают на глубину I/2 внутреннего диаметра трубы. К недостаткам цилиндрических трубок перед стержневыми следует отнести бо́льшую загромождаемость ими внутреннего сечения, а к преимуществам - их более простое изготовление и меньший коэффициент расхода, что приводит к увеличению перепада давлений датчика при одном и том же расходе воды.

Наряду с приведенными конструкциями напорных трубок для измерения скоростей воды в контурах находят применение и цилиндрические сквозные трубки (см.рис.3,*в*), которые отличаются простотой изготовления - только токарная работа и сверловка каналов. Коэффициент расхода у этих трубок тот же, что и у цилиндрических трубок ВТИ.

Указанную измерительную трубку можно изготовить упрощенной конструкции - из двух кусков труб небольшого диаметра (см.рис.3,*г*), части трубок свариваются посредине с установкой между ними поперегородки, так чтобы не было сообщения между левой и правой полостями трубки. Отверстия отбора сигнала по давлению просверливаются вблизи перегородки как можно ближе друг к другу. После сварки трубок место сварки следует тщательно зачистить. Для вварки трубки в экранную или перепускную трубу она приваривается к штуцерам.

Для правильной установки измерительных трубок любой конструкции по потоку воды на наружной части торца цилиндра или штуцеров следует сделать риски.

На рис.4,*а* приведены результаты градуировок стержневых трубок с длиной измерительной части, равной I/2, I/3, I/6*D* (*D* - внутренний диаметр трубы). С уменьшением длины измерительной части значение коэффициента расхода трубки увеличивается. Для трубы с $h = I/6D$ коэффициент расхода приближается к единице. С увеличением внутреннего диаметра трубы коэффициент расхода падает при всех длинах активной части измерителя. Из рис.4,*а* видно, что наименьший коэффициент расхода, а следовательно и наибольший перепад давлений, имеют трубки с длиной измерительной части, равной I/2*D*. При применении их существенно снижается влияние внутреннего диаметра трубопровода.

На рис.4, *б* приведены результаты градуировок трубок ВТИ диаметром 10 мм с установкой измерительной части на $1/2D$. Зависимость коэффициента расхода α от отношения диаметра измерительной трубки к внутреннему диаметру трубы, в которой она устанавливается, дана на рис.4, *б*.

Приведенные коэффициенты расхода справедливы при установке измерительных трубок в экранных трубах, т.е. для чисел Re, находящихся на уровне 10^3, и приобретают постоянные значения для трубок ЦКТИ при числах $Re \geqslant (35 \div 40) \cdot 10^3$, а для трубок ВТИ при $Re \geqslant 20 \cdot 10^3$.

На рис.4, *г* приведен коэффициент расхода для сквозной цилиндрической трубки диаметром 20 мм в зависимости от длины стабилизирующего участка L трубы с внутренним диаметром 145 мм.

На рис.4, *д* показана зависимость коэффициента расхода и поправочного коэффициента от отношения диаметров измерительной трубки и трубы, в которой она устанавливается.

Фактический коэффициент расхода в этом случае составит:

$$\alpha_{ф} = \alpha \cdot K,$$

где K – коэффициент, учитывающий другие факторы.

Правильность установки напорных трубок повышает точность определения скоростей. Отверстия в трубке, воспринимающие сигнал по давлению, должны располагаться строго по оси трубы, в которой она устанавливается.

Возможные искажения показаний трубки при неточной ее установке, полученные на стенде, показаны на рис.4, *е*.

Сравнение напорных трубок конструкции ЦКТИ и ВТИ с активной длиной измерительной части, равной $1/2D$ показывает, что перепад давлений, создаваемый при одинаковом расходе у трубок ВТИ для экранных труб с внутренним диаметром 50 и 76 мм соответственно в 1,3 и 1,2 раза больше, чем у трубок ЦКТИ. Это обеспечивает бо́льшую точность измерений, особенно при малых скоростях воды. Поэтому, когда загромождаемость внутреннего сечения трубы измерительной трубкой не имеет решающего значения (для трубопроводов относительно большого диаметра), то для измерения скоростей воды следует применять трубки ВТИ. Трубки ЦКТИ чаще применяются на змеевиках малого внутреннего диаметра (вплоть до 20 мм).

Измерение скоростей воды, меньших 0,3 м/с, даже трубками ВТИ не рекомендуется, так как в этом случае перепад давлений составляет менее 70-90 Па (7-9 кгс/м^2), что меньше нижнего гарантированного предела измерений для датчиков, применяемых при измерении расхода.

Приложение 2

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭКРАНОВ КОТЛА ТГМП-314 КОСТРОМСКОЙ ГРЭС

Наименование	Количество, шт.
Изготовление температурных вставок	12
Врезка температурных вставок в НРЧ и СРЧ	12
Вскрытие изоляции на коллекторах и трубопроводах (НРЧ, СРЧ, ВРЧ)	25 участков
Установка и приварка поверхностных термопар	120
Коммутация термопар и вставок до соединительных коробок (СК)	144
Установка СК-21	12
Прокладка компенсационного кабеля КМТВ-14	1200 м
Установка напорных трубок (со сверлением в подводящих трубах и змеевиках НРЧ)	4
Установка для отбора сигнала по давлению	2
Установка для отбора сигналов по расходу питательной воды (от штатной диафрагмы)	2
Прокладка соединительных (импульсных) труб	300 м
Установка датчиков расхода	6
Изготовление и установка щита на 20 приборов	1
Установка вторичных приборов (КСП, КСУ, КСД)	20
Подготовка рабочего помещения	
Технический осмотр (ревизия) штатных систем измерений по пароводяному тракту	
Монтаж освещения щита.	

Подпись: _____

(руководитель испытаний от Союзтехэнерго)

ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ, ПОСТАВЛЯЕМЫЕ ЗАКАЗЧИКОМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭКРАНОВ КОТЛА

Наименование	Количество, шт.
Компенсационный кабель КМТВ-I4	I200 м
Трубы для соединительных линий d_y I0 мм из стали I2XIМФ (стали 20)	300 м
Вентили d_y I0 мм, p_y 300 кгс/см^2	60
Температурные вставки диаметром 32х6 мм из стали I2XIМФ	I2
Щит на 20 приборов	I
Кабель четырехжильный экранированный для коммутации датчиков	I00 м

Подпись: _____

(руководитель испытаний от Союзтехэнерго)

ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ, ПОСТАВЛЯЕМЫЕ СОЮЗТЕХЭНЕРГО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭКРАНОВ КОТЛА

Наименование	Количество, шт.
Датчик перепада давлений ДМ, 0,4 кгс/см^2 (на 400 кг/см^2)	2
Датчик давления МЭД 0-400 кгс/см^2	2
Датчик перепада давлений ДМЭ, 0-250 кгс/м^2 (на 400 кгс/см^2)	4
Прибор КСД одноточечный	4
Прибор КСУ одноточечный	4
Прибор КСП-4, 0-600^0, ХА, I2-точечный	I2
Компенсационный провод МК	700 м
Термоэлектродный провод ХА	2400 м
Стеклочулок	2400 м
Лента кремнеземистая (стеклянная)	5 бобин
Изоляционная лента	I,3 кг
Диаграммная лента для КСП, 0-600^0, ХА	60

Наименование	Количество, шт.
Диаграммная лента для КСУ (КСД), 0-100%	80
Батарейки плоские	2
Батарейки круглые	8

Подпись: _____

(руководитель испытаний от Союзтехэнерго)

Приложение 3

Утверждаю:
Главный инженер ГРЭС

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ИСПЫТАНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НРЧ И СРЧ-I КОТЛА № I (С ПВД)

Настоящая рабочая программа составлена на основании "Программы испытаний гидравлической устойчивости НРЧ и СРЧ-I пылеугольного котла ТПП-312 ст. № I", утвержденной главным инженером ГРЭС

I. Опыт I. Установить следующий режим:
нагрузка энергоблока - 290-300 МВт,
топливо - пыль (без подсветки мазутом),
избыток воздуха - I,2 (3-3,5% по кислороду),
температура питательной воды - 260°С,
в работе 2-й и 3-й впрыски (30-40 т/ч на поток).

Остальные параметры выдерживаются согласно режимной карте и действующей инструкции. Во время опыта, по возможности, не производить никаких изменений в режиме. В работе вся действующая автоматика.

Длительность опыта - 2 ч.

О п ы т Iа. Проверяется влияние на устойчивость гидродинамики небаланса "Вода-топливо".

Установить такой же режим, как в опыте I. Отключить регулятор топлива.

Резко снизить расход питательной воды по потоку "А" на 80 т/ч без изменения расхода топлива. Через I0 мин по согласованию с представителем Союзтехэнерго восстановить первоначальный расход воды.

Во время опыта регулирование температур по тракту котла производить впрысками. Допустимые пределы кратковременного отклонения температуры свежего пара - 525-560°С (не более 3 мин), температур среды по тракту котла ±50°С от расчетных (не более 5 мин, см.п.4 настоящего приложения).

Длительность опыта - I ч.

2. О п ы т 2. Установить следующий режим:

нагрузка энергоблока - 250-260 МВт,

топливо - пыль (без подсветки мазутом),

избыток воздуха - I,2-I,25 (3,5-4% по кислороду),

температура питательной воды - 240-245°С,

в работе 2-й и 3-й впрыски (25-30 т/ч на поток).

Остальные параметры выдерживаются согласно режимной карте и действующей инструкции. Во время опыта, по возможности, не производить никаких изменений в режиме. В работе вся действующая автоматика.

Длительность опыта - 2 ч.

О п ы т 2а. Проверяется влияние перекоса по горелкам.

Установить такой же режим, как в опыте 2, но на I3 пылепитателях (отключены пылепитатели № 9,I0,II).

Длительность опыта - I,5 ч.

О п ы т 2б. Проверяется влияние небаланса "Вода-топливо".

Установить такой же режим, как в опыте 2а. Отключить регулятор топлива.

Резко снизить расход питательной воды по потоку "А" на 70 т/ч без изменения расхода топлива. Через I0 мин по согласованию с представителем Союзтехэнерго восстановить первоначальный расход воды.

Во время опыта регулирование температур по тракту котла производить впрыском. Допустимые пределы кратковременного отклонения температуры свежего пара 525-560°С (не более 3 мин), температур среды по тракту котла ±50°С от расчетного (не более 5 мин, см.п.4 настоящего приложения).

Длительность опыта - I ч.

3. О п ы т 3. Установить следующий режим:

нагрузка энергоблока 225-230 МВт,

топливо - пыль (в работе не менее I3 пылепитателей, без подсветки мазутом),

избыток воздуха - I,25 (4-4,5% по кислороду),

температура питательной воды - 235-240°С,

в работе 2-й и 3-й впрыски (20-25 т/ч на поток).

Остальные параметры выдерживаются согласно режимной карте и действующей инструкции. Во время опыта, по возможности, не производить никаких изменений в режиме. В работе вся действующая автоматика.

Длительность опыта - 2 ч.

О п ы т 3а. Проверяется влияние небаланса "Вода-топливо" и включения горелок. Установить такой же режим, как в опыте 3. Увеличить избыток воздуха до I,4 (6-6,5% по кислороду). Отключить регулятор топлива.

Резко увеличить расход топлива повышением частоты вращения пылепитателей на 200-250 об/мин без изменения расхода воды по потокам. Через I0 мин по согласованию с представителем Союзтехэнерго восстановить первоначальную частоту вращения. Стабилизировать режим.

Резко увеличить расход топлива одновременным включением двух пылепитателей в левой полутопке без изменения расхода воды по потокам. Через I0 мин по согласованию с представителем Союзтехэнерго восстановить первоначальный расход топлива.

Во время опыта регулирование температур по тракту котла производить впрысками. Допустимые пределы кратковременного отклонения температуры перегрева - 525-560°С (не более 3 мин), температур среды по тракту котла ±50°С от расчетных (не более 5 мин, см.п.4 настоящего приложения).

Длительность опыта - 2 ч.

Примечания: I. КТЦ выставляет на каждый опыт ответственного представителя.-2. Все оперативные действия во время опыта вахтенный персонал производит по указанию (или с ведома и по согласованию) ответственного представителя Союзтехэнерго.-3. В случае возникновения аварийных ситуаций опыт прекращается, и вахтенный персонал действует согласно соответствующим инструкциям.-4. Предельные кратковременные температуры среды по тракту котла, °С:

за СРЧ-П	470
до ВЗ	500
за ширмами-I	530
за ширмами-П	570

Подпись: _____

(руководитель испытаний от Союзтехэнерго)

Согласовано: _____

(руководители цехов ГРЭС)

Список использованной литературы

1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ расчет котельных агрегатов (нормативный метод). М.: "Энергия", 1978. 255 с.
2. КЕМЕЛЬМАН Д.Н., Эскин Н.Б., Давидов А.А. Наладка котлоагрегатов (справочник). М.: "Энергия", 1976. 342 с.
3. ПРАВИЛА техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей. М.: Энергоатомиздат, 1985. 232 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Основные показатели	4
2. Показатели точности определяемых параметров	6
3. Метод испытаний	7
4. Схема измерений	8
5. Средства испытаний	I2
6. Условия испытаний	2I
7. Подготовка к испытаниям	22
8. Проведение испытаний	26
9. Обработка результатов испытаний	3I
I0. Составление технического отчета	36
II. Требования безопасности	37
Приложение I. Конструкция напорных трубок	37
Приложение 2. Подготовительные работы для проведения испытаний экранов котла ТГМП-3I4 Костромской ГРЭС	40
Приложение 3. Рабочая программа проведения опытов испытаний гидравлической устойчивости НРЧ и СРЧ-I котла № I (с ПВД)	42
Список использованной литературы	46

Подписано к печати 16.01.89 Формат 60x84 1/16
Печать офсетная Усл.печ.л.2,79Уч.-изд.л.2,6 Тираж 900 экз.
Заказ №221/89 Издат. № 128/84

Производственная служба передового опыта эксплуатации энергопредприятий Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
109432, Москва. 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

gost.e-ecolog.ru