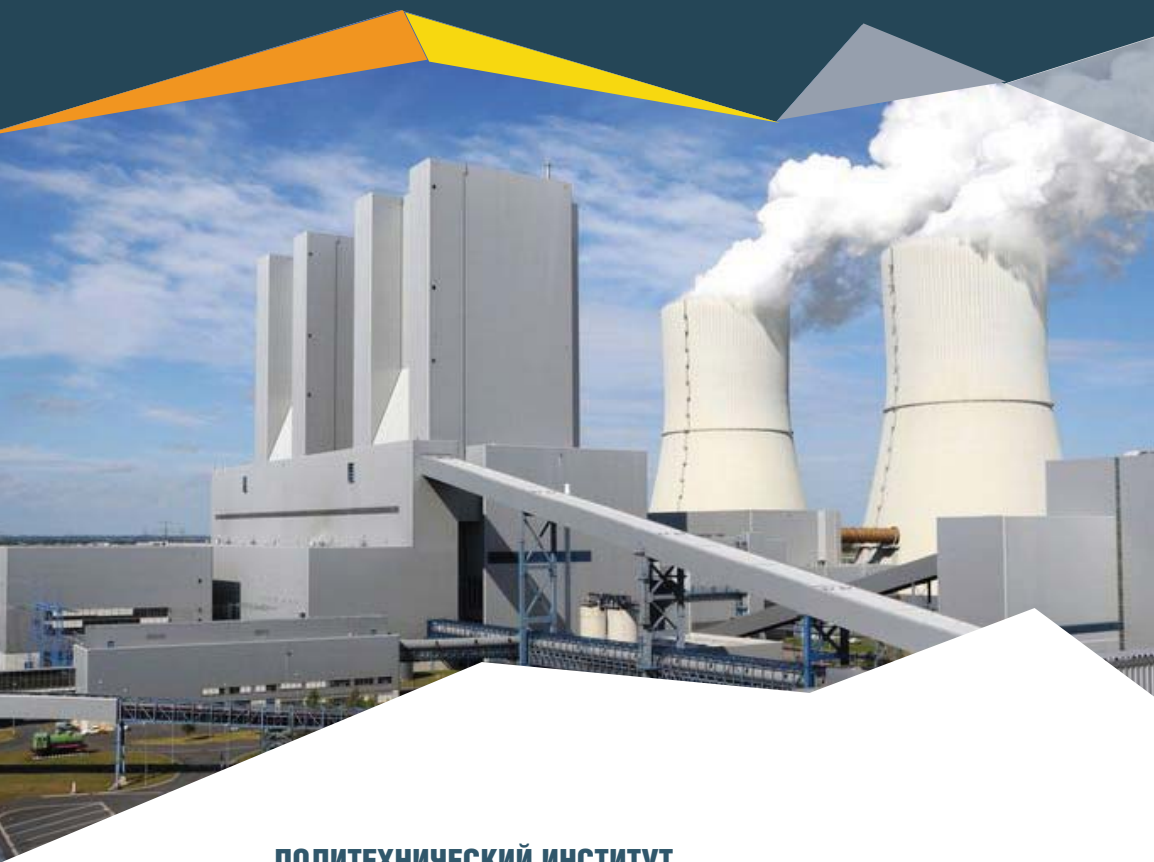




СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

ТЕПЛОВЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ.
ЭКСПРЕСС-ИСПЫТАНИЯ
ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УДК 621.311.22.001.41(07)

ББК 31.37-07я73

Т343

К о л л е к т и в а в т о р о в :

Е. А. Бойко, С. В. Пачковский, П. В. Шишмарев,

Л. Н. Подборский, А. П. Цыганок, А. В. Бобров

Р е ц е н з е н т ы :

Н. С. Полошков, кандидат технических наук, начальник службы охраны труда и производственного контроля филиала «Красноярская ТЭЦ-2» ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»;

Т. М. Руденко, кандидат технических наук, заместитель главного инженера АО «Сибирский инженерно-аналитический центр»

Т343 **Тепловые и промышленные электрические станции. Экспресс-испытания тепломеханического оборудования тепловых электростанций** : учеб. пособие / Е. А. Бойко, С. В. Пачковский, П. В. Шишмарев [и др.]. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. – 160 с.
ISBN 978-5-7638-4219-7

Рассмотрены методики и порядок проведения экспресс-испытаний основного и вспомогательного тепломеханического оборудования, в частности паровых котлов, паротурбинных установок и их сетевых подогревателей, с целью определения базовых технико-экономических показателей работы оборудования тепловой электростанции и сравнения их с нормативными энергетическими характеристиками.

Предназначено студентам энергетических и технических вузов, обучающимся по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Электронный вариант издания см.:
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 621.311.22.001.41(07)
ББК 31.37-07я73

ISBN 978-5-7638-4219-7

© Сибирский федеральный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ: ТЕПЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ.....	6
1.1. Теплотехнические испытания паровых котлов	6
1.1.1. Классификация и общая характеристика испытаний котлов при стационарных режимах	6
1.1.2. Программы испытаний.....	9
1.1.3. Организация и проведение подготовительных работ	14
1.1.4. Испытания котлов при нестационарных режимах	21
1.2. Порядок выполнения испытаний котельного агрегата.....	28
1.3. Порядок обработки результатов экспресс-испытаний	40
1.4. Методика испытания котельных агрегатов	43
1.4.1. Испытание котла ПК-10Ш	43
1.4.2. Испытание котла БКЗ-320-140	48
Контрольные вопросы и задания	55
2. ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ: ТЕПЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН	57
2.1. Теплотехнические испытания паровых турбин	57
2.1.1. Классификация и общая характеристика испытаний паровых турбин	57
2.1.2. Программы испытаний.....	58
2.1.3. Подготовка к испытанию	67
2.1.4. Экспресс-испытания по сокращенной программе с уменьшенным объемом измерений.....	72
2.2. Порядок выполнения испытаний паровой турбины	75
2.3. Порядок обработки результатов экспресс-испытаний	77
2.4. Реализация методики испытания паровых турбин	86
2.4.1. Характеристики турбины.....	86
2.4.2. Тепловая схема турбины.....	87
2.4.3. Конструкция турбины	89
2.4.4. Система маслоснабжения турбины.....	94
2.4.5. Системы регулирования, парораспределения и защиты турбины.....	96
2.4.6. Комплектующее оборудование	105
Контрольные вопросы и задания	106

3. ТЕПЛОВЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ТОПЛИВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ТиПЭС	109
3.1. Тепловые испытания паротурбинных установок. Показатели экономичности ТиПЭС	109
3.2. Составление описания объекта испытаний	114
3.2.1. Тепловая схема	116
3.2.2. Электрическая схема	118
3.2.3. Топливоснабжение	119
3.2.4. Водоснабжение	120
3.2.5. Химическая водоочистка	121
3.3. Порядок проведения испытаний и определение техничко-экономических показателей турбоустановки	121
3.4. Тепловые испытания подогревателей сетевой воды (бойлеров)....	123
3.4.1. Описание теплофикационной установки	123
3.4.2. Типовая конструкция и технические характеристики сетевого подогревателя	127
3.4.3. Порядок проведения испытаний сетевого подогревателя и обработки результатов.....	129
Контрольные вопросы и задания	131
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	 133
 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	 135
 ПРИЛОЖЕНИЯ	 137

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основная часть электроэнергии вырабатывается на тепловых электрических станциях. Тенденция развития теплоэнергетики связана с увеличением единичной мощности котельных агрегатов, совершенствованием основного и вспомогательного оборудования, усложнением тепловой схемы котла и турбины, появлением новых конструктивных решений по тем или иным элементам оборудования. В этих условиях большое народнохозяйственное значение приобретают вопросы экономического использования топлива на электростанциях, где наряду с эффектом от внедрения новой техники значительная экономия топлива может быть достигнута за счет повышения качества использования существующего оборудования, в достижении чего важную роль играют теплотехнические испытания котельных и турбинных агрегатов.

Учебное пособие включает описание, принципы и подходы к реализации методик:

- по испытанию котельных установок для определения основных технико-экономических показателей работы котла и сравнения их с нормативными энергетическими характеристиками; отбора и приготовления средних проб топлива и очаговых остатков; исследования состава и газового анализа продуктов сгорания, применяющихся в химических и топливных лабораториях на современных тепловых электрических станциях. В качестве примера приведены краткие технические и нормативные энергетические характеристики котлов ПК-10Ш(-2) ст. №№ 4–16 и БКЗ-270(320)-140 ПТ-2(5) ст. №№ 17–20 Красноярской ТЭЦ-1, описана последовательность выполнения испытаний и расчётов технико-экономических показателей котла;

- по испытанию паротурбинных установок для определения основных технико-экономических показателей работы турбины и сравнения их с нормативными энергетическими характеристиками. В качестве примера приведены краткие технические и энергетические характеристики турбины ПТ-60-90/13 ст. № 7(8) Красноярской ТЭЦ-1, а также последовательность выполнения испытаний и расчетов технико-экономических показателей турбины;

- по расчету удельных расходов топлива на отпущенные электрическую и тепловую энергии;

- по тепловым испытаниям подогревателя сетевой воды (бойлера).

Рассмотренные методики являются обобщенными для проведения тепловых испытаний действующего основного и вспомогательного оборудования любых тепловых электростанций.

1. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ: ТЕПЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

1.1. Теплотехнические испытания паровых котлов

1.1.1. Классификация и общая характеристика испытаний котлов при стационарных режимах

В зависимости от поставленных задач теплотехнические испытания могут быть разделены на две группы – *промышленно-эксплуатационные*, проводимые с целью определения энергетических характеристик, выявления эксплуатационных особенностей и недостатков котлов; *исследовательские*, имеющие целью отработку или проверку новых конструкций, элементов, закономерностей [1; 2].

Исследовательские испытания проводят по трем категориям сложности, а в зависимости от целей они отличаются в основном объемом и точностью измерений.

К первой категории относятся приемосдаточные (гарантийно-сдаточные) испытания для проверки гарантий завода-изготовителя котла по основным показателям: паропроизводительности, коэффициенту полезного действия (КПД), параметрам и количеству пара, характеристикам вспомогательного оборудования. При этом определяются все потери теплоты, воздушный баланс топки, тепловосприятие поверхностей и др. Эти испытания проводят в начальный период работы котла после монтажа.

Вторая категория включает эксплуатационные (балансовые) испытания с целью установления нормативных характеристик и режимных карт после освоения новых котлов, реконструкции, перевода на другое топливо; при этом определяются условия работы топки, максимальная и минимальная нагрузка котла, фактическая экономичность и отдельные тепловые потери, аэродинамические характеристики вспомогательного оборудования.

Третья категория – режимно-наладочные и доводочные испытания с целью наладки режима работы котла, определения оптимальных значений его отдельных показателей: коэффициента избытка воздуха, тонкости пыли, распределения воздуха по горелкам, нахождения максимальной нагрузки при разном составе работающего вспомогательного оборудования. Кроме того, определяются допустимые по условиям надежности пределы измене-

ний режима работы элементов котла, их влияние на показатели и устраняются обнаруженные дефекты и отклонения.

По третьей категории сложности проводят и эксплуатационные экспресс-испытания до и после типовых капитальных ремонтов котла с целью определения качества ремонта и уточнения характеристик котла и его элементов. При этом учитывают:

- потери тепла с уходящими газами и от химической неполноты сгорания (для котлов, сжигающих жидкое топливо и газ) и механической неполноты сгорания (для котлов, сжигающих твердое топливо);
- присосы воздуха в топочную камеру и в отдельные элементы газодоводов;
- аэродинамическое сопротивление газового и воздушного трактов; температуру газов и воздуха в контролируемых сечениях газового и теплового воздушного трактов;
- температуру среды по пароводяному тракту.

Объем испытаний по категориям сложности определяется в каждом конкретном случае в зависимости от стоящих задач. Этими задачами могут быть частные вопросы, связанные с исследованием работы отдельных элементов котла: топочной камеры, пароперегревателя, экономайзера, воздухоподогревателя, золоуловителя. Иногда возникает вопрос об изменении температуры перегретого пара в зависимости от изменения нагрузки котла, а также необходимость получить зависимость изменения температуры перегретого пара от коэффициента избытка воздуха.

К наиболее часто проводимым теплотехническим испытаниям стационарных паровых водотрубных котлов относятся балансовые, режимно-наладочные и экспресс-испытания [3].

Балансовые испытания имеют целью установление типовых энергетических характеристик для вновь введенных в эксплуатацию котлов после окончания периода освоения проектной мощности, при изменении вида топлива или значительном изменении его качества, для получения характеристик относительного прироста расхода топлива. Балансовые испытания соответствуют «периодическим» и «инспекционным» видам испытаний.

Режимно-наладочные (доводочные) испытания (без определения КПД нетто и воздушного баланса) с выдачей временной режимной карты проводят для наладки режима работы котла, определения оптимальных значений коэффициента избытка воздуха и тонкости топливной пыли, оптимального распределения воздуха по горелкам и их загрузки, выявления минимальной и максимальной нагрузок котла при различном составе вспомогательного оборудования, определения аэродинамических характеристик газозвудушного тракта.

Режимно-наладочные испытания необходимы также для выявления недостатков оборудования и изыскания способов устранения, оценки результатов внедрения мероприятий по совершенствованию отдельных узлов и горелочных устройств, проверки характеристик отдельных элементов котла, уточнения режимных карт в ходе эксплуатации и др. Эти виды работ соответствуют «периодическим», «типовым» и «нормальным» видам испытаний.

Экспресс-испытания проводят для оценки качества проведенных ремонтов. Этот вид соответствует «сокращенным» испытаниям. В целях проверки гарантий поставщиков котельных установок иногда проводят «приемочные» испытания.

В соответствии с поставленными задачами испытания котельных установок по точности измерений и обработки материалов разделяются на испытания I и II классов. По I классу точности проводят испытания, в результате которых достигается определение КПД с точностью $\pm 1,5\%$. Метод определения КПД может быть прямым (если это возможно) – с определением количества теплоты, подведенной с топливом и воздухом, и теплоты, отведенной с водой и паром, или обратным – с определением всех потерь теплового баланса и КПД. Оба метода принципиально равноценны, однако точность по обратному методу может быть более высокой при условии определения всех потерь теплоты от отдельных элементов котла: балок, деталей ограждений газоходов и т. п. Испытания по I классу точности предусматривают использование средств измерений повышенных классов точности (0,5 и 1,0) и обеспечение установившегося теплового состояния котла. По II классу точность сведения теплового баланса определяют в пределах $\pm 5\%$. Технический состав топлива (зольность, влажность и выход летучих) должен соответствовать расчетному или среднему эксплуатационному, если только сжиганию не подлежит партия нового по характеристике топлива.

В связи с тем, что испытания паровых котлов не предусматривают упрощенных методов без отбора и анализа проб топлива, отбор должен осуществляться при испытаниях с определением КПД прямым или обратным методом при сжигании всех видов топлива. Метод профессора М. Б. Равича [2] допускается использовать при сжигании газообразного или жидкого топлива лишь при настроенных опытах (не балансовых) в целях ускорения установления требуемых режимов.

Поскольку проведение испытаний современных котельных установок по I классу точности требует больших материальных и трудовых затрат, то во избежание обесценивания результатов испытаний из-за неправильной работы отдельных средств измерений необходимо дублировать основные измерения – паропроизводительности (тепловой мощности),

температуры перегрева пара, температуры уходящих газов, газового анализа продуктов горения. Параллельно эксплуатационному паромеру устанавливают жидкостные трубные дифференциальные манометры; в паропроводе свежего пара и в балансовом сечении уходящих газов устанавливают дублирующие датчики и дублируют вторичные приборы для измерения температуры; применяют контрольные газоотборные трубки с отдельными линиями транспорта продуктов горения к газоанализаторам. Кроме того, должны дублироваться опыты; если результаты двух одноименных опытов разнятся незначительно, то для подсчетов принимают их средние значения.

При значительных расхождениях дублируемых опытов (более 5 %) должен проводиться третий, контрольный, опыт.

1.1.2. Программы испытаний

В зависимости от целей и задач испытаний их проводят по типовым или специально разрабатываемым программам [4; 5]. Но первым из них осуществляют, например, испытания для снятия типовой энергетической характеристики и экспресс-испытания котельных установок. Вторые необходимы при испытаниях головных, модернизированных или реконструированных котлов, при замене или совершенствовании их вспомогательного оборудования и др.

Программа должна устанавливать объект и цели работы, виды, последовательность и объем, порядок, условия, место и сроки работ, обеспечение и отчетность по проводимым экспериментам, ответственность за их обеспечение и проведение. В общие положения программы вносят данные по обоснованию проведения работ, целям и задачам испытаний, краткую характеристику подлежащего испытаниям оборудования – сведения, необходимые для проведения и сравнения результатов. В части программы, определяющей этапы, содержание и объемы испытаний, указывают количество и наименование этапов, перечень и продолжительность опытов на каждом из них (в технологической последовательности выполнения), продолжительность и ориентировочные сроки работ, требования к состоянию оборудования ко времени начала испытаний, средства измерений, приспособления, материалы и документы, подлежащие подготовке к началу испытаний, сведения о распределении обязанностей, ответственности и сроках выполнения отдельными соисполнителями предусматриваемых для них этапов работы.

В раздел программы о методических основах испытаний включают сведения о НТД¹, которые надлежит использовать при проведении работы.

¹Список сокращений приведен в прил. 1.

Метрологическое обеспечение в программе должно быть отражено в таблице основных контролируемых параметров с диапазоном их колебаний, данными о точности и средствах измерений, их метрологических характеристиках, условиях проведения измерений (состояние окружающей среды, внешние влияния и др.). В программе содержатся сведения о мерах безопасности: обеспечение безопасной работы персонала, испытываемого оборудования и окружающей среды, надежность и пожаробезопасность, противошумовые мероприятия.

В программе указывают необходимость предоставления специальных режимов и некоторые другие условия, требующиеся для проведения испытаний. Также приводят форму представления результатов испытаний (протокол, отчет, режимная карта и пр.), требования к обработке данных испытаний. К программе прилагают следующие документы: методики испытаний, схемы и рисунки, краткие описания, расчеты, копии сопроводительных писем и пр.

Методикой испытаний называется организационно-методический документ, обязательный к выполнению и включающий метод испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта (в данном случае котла), формы представления данных и оценки точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды.

Программу утверждают главные инженеры подрядчика и заказчика работ. В отдельных случаях может потребоваться согласование программы с вышестоящими организациями, заводами-изготовителями, проектными и диспетчерскими организациями. Подписывают программу руководитель, ответственный исполнитель и другие представители подразделения-разработчика программы, а также метрологического подразделения-подрядчика. Со стороны заказчика программу подписывают лица, назначаемые его руководством.

Программу приемочных испытаний в каждом конкретном случае определяют особо.

Объем программы для снятия типовой энергетической характеристики, являющейся представительной для данного типа котла, отражает его технически достижимую экономичность и позволяет проверять гарантийные данные завода-изготовителя по экономичности котла. Объем определяют соответствующие руководящие указания.

Наличие типовой энергетической характеристики [6–9] позволяет эксплуатационному персоналу обеспечивать контроль состояния и работы котла, выдерживать все параметры технологического процесса, осуществлять нормирование, планирование и анализ экономичности работы обо-

дования. В этой связи в объем испытаний входит определение следующих основных зависимостей от паропроизводительности (тепловой мощности) брутто $Q_k^{бр}$ для всего рабочего диапазона: всех отдельных потерь теплоты (с уходящими газами q_2 , от химической q_3 и механической q_4 неполноты сгорания, в окружающую среду q_5 , с физической теплотой шлака q_6); КПД брутто котельной установки $\eta_{к.у}^{бр}$; расхода теплоты на собственные нужды, отнесенной к располагаемой теплоте топлива $q_{топ}^{сн}$; расхода теплоты на выработку электроэнергии, затраченной механизмами собственных нужд и отнесенной к располагаемой теплоте топлива $q_{топ}^э$; расхода теплоты на турбопривод питательных насосов, отнесенной к располагаемой теплоте топлива $q_{т.пн}$.

Программа предусматривает также промежуточные зависимости от паропроизводительности (тепловой мощности), оптимального избытка воздуха за пароперегревателем (переходной зоной), температуры уходящих газов, содержания горючих в шлаке и золе уноса, удельных расходов электроэнергии на тягу и дутье, питательные насосы и пылеприготовление. Кроме того, должны быть получены зависимости от паропроизводительности энтальпии пара до и после промежуточного перегревателя и температуры питательной воды.

В программе предусмотрено снятие характеристик для котлов энергоблоков при изменяющейся температуре питательной воды, а для котлов ТЭС с поперечными связями – при постоянной заданной температуре. Для пиковых водогрейных котлов программа снятия типовой энергетической характеристики не отличается от программы для энергетических котельных установок, но должна еще предусматривать получение зависимости КПД брутто от нагрузки при разных температурах сетевой воды на выходе из котла, поскольку она значительно определяет значения q_2 .

Испытания для составления типовой энергетической характеристики проводит специализированная экспериментально-наладочная организация, а для получения энергетической характеристики – энергопредприятие, эксплуатирующее котел, или по его заказу специализированная организация.

Примерная программа *балансовых эксплуатационных испытаний* по I и II классам точности для пылеугольной котельной установки обычно предусматривает:

- предварительные измерения и наладочные опыты по пп. 1 и 2 режимно-наладочных испытаний;
- определение наибольшей бесшлаковочной нагрузки в течение трехсуточного испытания (2–3 опыта);
- определение минимальной длительной нагрузки (нижнего предела регулировочного диапазона) без изменения состава вспомогательного оборудования и без подсветки факела (2–3 опыта);

- определение минимальной нагрузки с изменением состава вспомогательного оборудования и подсветкой факела (технического минимума) и допустимой длительности поддержания этой нагрузки (2–3 опыта);

- выявление экономичности при номинальной, минимальной и двух-трех промежуточных нагрузках (5–6 опытов).

Программа испытаний для получения энергетической характеристики, отражающей предельную, технически достижимую тепловую экономичность данной котельной установки и учитывающей оптимальные режимы совместной работы основного и вспомогательного оборудования, должна предусматривать снятие следующих зависимостей от паропроизводительности (тепловой мощности) нетто и брутто: КПД нетто и брутто; q_2 , q_3 , q_4 , q_5 , q_6 , расходов теплоты топлива на электрические и тепловые собственные нужды котельной установки; удельных расходов условного топлива и электроэнергии на теплоту, отпущенную котельной установкой; удельных расходов электроэнергии на привод питательных насосов, тягодутьевых и пылеприготовительных установок; коэффициентов избытка воздуха (присосов в газовый тракт); температуры уходящих газов.

Для учета влияния на экономичность котла причин, не зависящих от персонала (зольности и влажности топлива, доли совместно сжигаемого топлива и др.), может понадобиться проведение нескольких серий дополнительных опытов в целях получения соответствующих поправок.

Примерная программа *режимно-наладочных испытаний* в зависимости от их задач и местных условий может включать:

1) предварительные измерения (12–20 опытов), в том числе:

- определение частоты вращения питателей топлива (пыли), тарировка мазутных форсунок по производительности и характеру распыливания на стенде и т. д.;

- тарировка сечений газоходов, пылевоздуховодов и воздуховодов (нахождение поправочных тарировочных коэффициентов для обеспечения представительности измерений температур, скоростей, проведения анализа газообразных продуктов горения и др.);

- измерение скоростей потоков воздуха в горелках и воздуховодах;

- определение присосов воздуха по котельной и пылеприготовительной установкам;

2) наладочные опыты:

- определение оптимального положения факела при различных скоростях воздуха в горелках, оптимальной толщины слоя топлива на механической решетке слоевой топки и т. д. с измерением концентраций в газообразных продуктах горения оксидов азота и других вредных выбросов (4 опыта);

- определение оптимального избытка воздуха при трех-четыре нагрузках котла (при постоянной тонкости помола пыли, включении всех

предусмотренных проектом мазутных форсунок, горелок или мельниц прямого вдувания, постоянной толщине слоя топлива на механической решетке и т. п.) с измерением в продуктах горения концентраций оксидов азота и других вредных выбросов (12–16 опытов);

- определение оптимальной тонкости помола пыли (скорости в шахте молотковой мельницы) при одной–трех нагрузках в пределах регулировочного диапазона котельной установки (6–8 опытов);

- определение оптимального сочетания работающих горелок на техническом минимуме нагрузки (4–6 опытов);

- определение влияния рециркуляции газообразных продуктов горения и распределения их потоков по зонам ввода в топку на температуру перегрева пара и на характер шлакования (9–11 опытов);

3) основные опыты:

- определение экономичности и всех отдельных потерь теплоты на номинальной паровой нагрузке $D_{\text{ном}}$ и трех промежуточных (4 опыта);

- определение максимальной нагрузки $D_{\text{макс}}$ при различном составе работающего вспомогательного оборудования и различных частотах вращения электродвигателей их приводов (3–4 опыта);

- определение минимальной длительной нагрузки $D_{\text{мин}}$ без изменения состава вспомогательного оборудования и количества включенных горелок (форсунок, мельниц) (2–3 опыта);

- определение $D_{\text{мин}}$ с отключением части горелок (форсунок, мельниц) и вспомогательного оборудования, с подсветкой факела, определение допустимой длительности работы в данном режиме по условиям накопления золы, шлака, низкотемпературной коррозии, температурного режима и гидродинамики поверхностей нагрева котла (3–4 опыта).

Учитывая, что проверка регулировочного диапазона котлов в режиме скользящего давления проводится в соответствии со специальной типовой программой, эта работа может быть составной частью эксплуатационных, балансовых или режимно-наладочных испытаний либо самостоятельной.

Программа работ при эксплуатационных экспресс-испытаниях после типовых плановых ремонтов предусматривает обычно проверку возможности длительной работы котла на $D_{\text{ном}}$ или $(0,85–0,90) \cdot D_{\text{ном}}$ с определением:

- присосов воздуха в топочную камеру, в отдельные элементы газопроводов и пылесистему;

- аэродинамического сопротивления газового и воздушного трактов;

- температуры газообразных продуктов горения и воздуха в контролируемых сечениях соответствующих трактов;

- температуры рабочего тела и температурных разверок по водопаровому тракту;

- достаточности пределов регулирования температуры перегретого пара;
- q_2 и q_3 при сжигании жидкого или газообразного топлива и q_4 при сжигании твердого и жидкого топлива;
- удельных расходов электроэнергии на тягу, дутье, размол топлива и транспорт пыли; для котлов блочных установок – также на привод питательных насосов.

Эта программа работ ограничивается проведением шести опытов (четыре для определения присосов и два для снятия экономических показателей).

В программах работ должны быть предусмотрены предварительные (прикидочные) опыты, проводимые перед основными испытаниями для опробования всех приборов, изучения особенностей котельной установки и обучения персонала, занятого на испытаниях.

Когда необходимо определение зависимостей, например отдельных потерь теплоты и КПД котла от его паропроизводительности или тонкости помола топливной пыли и т. п., в программе должно быть предусмотрено не менее четырех опытов для получения каждой зависимости, не считая предварительных (прикидочных), повторных и дублирующих.

Типовых программ испытаний применительно к котлам с кипящим слоем пока нет, для их составления целесообразно воспользоваться и рекомендациями ВТИ или НПО ЦКТИ.

1.1.3. Организация и проведение подготовительных работ

В общем случае при привлечении в качестве подрядчика аттестованной испытательной организации ее организационные работы охватывают:

- ознакомление с технической документацией (проектной, заводской, ремонтной, отчетной, с материалами по ранее проводившимся наладочным работам и испытаниям) по котельной установке и снятие эксплуатационной характеристики. При этом должно быть обращено внимание на особенности ведения и перестройки машинистами режимов работы котла для уверенной организации совместных работ с вахтенным персоналом;
- проверку обеспеченности пылеугольного котла на номинальной или близкой к ней нагрузках пылью требуемой тонкости помола и при любом топливе тягой и дутьем. Эти данные обязательно проверяют на предварительных испытаниях (до начала балансовых);
- полный осмотр котельной установки для оценки ее состояния, оснащенности средствами регулирования, КИПиА. До начала осмотра поверхностей нагрева и трубопроводов следует ознакомиться с результатами последнего контроля за металлом и после осмотра принять решение о воз-

возможности проведения испытаний с учетом наработки времени элементами котла, с тем, чтобы избежать опасных режимов при испытаниях;

- ознакомление с документацией по топливу – постоянство (изменение) состава, динамика последних лет; наличие запаса топлива, при сжигании которого намечено проведение испытаний; соответствие расхода мазута нормам на технологические и прочие нужды при сжигании твердого топлива, причины отступлений и др.;

- составление и передачу заказчику перечня работ по устранению выявленных недостатков оборудования, устройств регулирования, КИПиА;

- составление и согласование с руководством цеха и ТЭС (предприятия) технической программы и методики испытаний, объема, методов и точности измерений, способов обработки данных испытаний, объема анализов и вида отчетной документации по испытаниям (режимная карта, отчет и пр.);

- составление и передачу заказчику задания-заявки на подготовительные работы – изготовление и установку приспособлений, устройств, аппаратуры; составление и согласование календарного плана этих работ с тем, чтобы обеспечить надлежащий технический надзор за монтажом приспособлений, СИ и т. д.;

- комплектование испытательной бригады из числа специалистов подрядной организации (службы, цеха наладки и испытаний ТЭС), согласование с заказчиком потребности в лаборантах-наблюдателях;

- составление перечня СИ, дополнительно устанавливаемых на период испытаний, материалов, необходимых для проведения работ; отбор СИ на ТЭС, в депо приборов подрядчика, поставка их на объект. До выдачи задания на подготовительные работы должна быть проверена возможность применения эксплуатационных и специально устанавливаемых СИ (особенно расходомеров пара и сетевой воды) во всем намечаемом диапазоне нагрузок котла с необходимым классом точности;

- технический надзор за монтажом приспособлений при строгом соблюдении правил техники безопасности; наладку переносных СИ; обучение лаборантов-наблюдателей;

- подбор в фонде алгоритмов и программ документации для машинной обработки материалов испытаний; проверку правильности работы микрокалькуляторов, применение которых с использованием несложных программ позволит ускорить подсчет данных для установки режимов работы котла и проведение первичной обработки материалов измерений.

Если испытания проводятся силами испытательного подразделения самой ТЭС (предприятия), то объем организационных работ соответственно корректируют.