

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор



Для внутреннего пользования.

МЕТОДИКА

проведения пуско-наладочных и режимно-наладочных испытаний
технологических газоиспользующих установок

г. Москва, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
1.1. Назначение испытаний	3
1.2. Классификация и общая характеристика испытаний	3
1.3. Основные этапы работ	4
2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
2.1. Измерение расходов	5
2.2. Измерение температур	5
2.3. Измерение давления и разряжения	6
2.4. Определение состава дымовых газов	7
2.5. Анализ топлива	7
2.6. Измерение расходов электроэнергии на собственные нужды	8
2.7. Измерение количества обрабатываемого материала	8
3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ	8
3.1. Организационно-подготовительные мероприятия	8
3.2. Подготовительные работы	9
3.3. Подготовка средств измерения и персонала	9
4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ	10
4.1. Условия проведения испытаний	10
4.2. Предварительные опыты	11
4.2.1. Тарировка газозаправщиков	12
4.2.2. Проверка распределения топлива по горелкам	12
4.2.3. Проверка распределения воздуха по горелкам	12
4.2.4. Определение оптимального расхода первичного воздуха на горелки	12
4.3. Основные опыты	13
5. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ	13
5.1. Подготовка материалов испытаний к обработке	13
5.2. Обработка опытных данных	14
5.3. Тепловой баланс печи	16
5.3.1. Общие положения	16
5.3.2. Составление теплового баланса по упрощенной методике М. Б. Равича	20
5.3.3. Отчет по испытаниям	21
ПРИЛОЖЕНИЯ	23

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Назначение испытаний

1.1.1. Теплотехнические балансовые и режимно-наладочные испытания промышленных печей и сушил проводятся с целью:

- выявления наиболее экономичных режимов их работы;
- определения основных (теплотехнических) характеристик работы (к.п.д. брутто, потерь тепла, расхода топлива, удельного расхода условного и натурального топлива на единицу продукции) и составления теплового баланса;
- определения экологических характеристик работы (абсолютные и удельные величины выбросов в атмосферу окислов азота, серы, продуктов неполного сгорания топлива);
- выявления эксплуатационных особенностей, недостатков в работе и разработки организационно-технических мероприятий по их устранению.

1.1.2. Настоящая методика распространяется на испытания промышленных печей и сушильных агрегатов.

1.2. Классификация и общая характеристика испытаний

1.2.1. В зависимости от целей, испытания подразделяются на две категории сложности:

- I - балансовые (полные);
- II - режимно-наладочные.

1.2.2. Балансовые (полные) теплотехнические испытания проводятся:

- на печах и сушилах, вновь вводимых в эксплуатацию;
- после реконструкции (например, замены горелочных или форсуночных устройств);
- в связи с переходом на новый вид или марку топлива;
- при систематических отклонениях параметров от нормативных.

В процессе испытаний печей и сушил производится:

- выявление оптимальных условий работы в регулировочном диапазоне нагрузок;
- определение фактической экономичности работы, статей прихода и расхода тепла, к.п.д. и расхода топлива;
- определение максимальной и минимальной нагрузки печи без изменения и при различном составе работающего вспомогательного оборудования, а также качественном и количественном методах регулирования нагрузки;
- определение аэродинамических характеристик газоздушного тракта и тягодутьевых устройств;
- выявление обеспечения необходимого теплового режима работы и атмосферы в печи;
- выявление пределов устойчивости работы горелок;
- выявление причин превышения потерь тепла над расчетными (нормативными) значениями, разработка мероприятий по их снижению и достижению расчетного к.п.д.;

- составление регулировочной характеристики горелок «топливо-воздух» для настройки автоматики горения.

Для измерений используется аппаратура повышенной точности (классов 0,5 и 1,0), позволяющая определить к.п.д. котла по обратному балансу с погрешностью не выше $\pm 1,5\%$. Объем измерений и количество опытов определяется необходимостью получения зависимостей от производительности по продукту (сырью) основных параметров:

- к.п.д. брутто, основных статей прихода и расхода тепла;
- удельных расходов условного и натурального топлива на единицу продукции (сырья)

и составление теплового баланса установки.

1.2.3. Режимно-наладочные испытания проводятся на действующем оборудовании после текущего или капитального ремонта, а также через 3 года после проведения предыдущих испытаний.

В процессе испытаний промышленных печей и сушил проводятся:

- наладка режима работы и определение оптимального значения коэффициента расхода воздуха в эксплуатационном диапазоне нагрузок;
- определение максимальной и минимальной нагрузок при различном составе вспомогательного оборудования;
- определение к.п.д. брутто, основных составляющих теплового баланса и удельного расхода условного и натурального топлива на обработку единицы продукции (сырья)
- составление режимной карты работы печи;
- составление регулировочной характеристики горелок «топливо-воздух» для настройки автоматики горения.

Независимо от характера и сложности испытаний все измерения должны проводиться с максимально возможной точностью, меняется лишь объем измерений и требования к допустимым отклонениям основных параметров работы печи в период проведения опытов.

При испытаниях по всем категориям сложности к.п.д. печей определяется по обратному балансу, т.к. не во всех случаях выполнимо требование прямого измерения расхода топлива (или измерения его с достаточной точностью). При этом применяется методика теплотехнических расчетов М.Б. Равича /6/.

1.3. Основные этапы работ

При организации, подготовке и проведении теплотехнических испытаний промышленных печей и сушил выполняются следующие этапы работ:

- подготовительные работы;
- предварительные опыты;
- основные опыты;
- обработка результатов испытания;
- составление технического отчета.

2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Измерение расходов

2.1.1. Измерение расходов производится с помощью:

- расходомеров с сужающими устройствами;
- мерными баками;
- объемными счетчиками;
- напорными трубками.

Возможно применение иных средств измерения расхода (ультразвуковые расходомеры и т.п.), сертифицированных в РФ.

2.1.2. Расходомеры с сужающими устройствами устанавливаются на трубопроводах с однофазной средой. Расходомерные устройства должны соответствовать правилам 28-64 «Измерение расхода жидкостей, газов и паров стационарными диафрагмами и соплами».

При измерении расходов воды и жидкого топлива применяются дифманометры (ГОСТ-18140).

2.1.3. Для измерения расходов используются эксплуатационные приборы, при испытаниях I категории сложности они проверяются до и после опытов переносными дифманометрами.

2.1.4. При определении расходов дымовых газов и воздуха сужающими устройствами и напорными трубками вторичными приборами являются дифференциальные тягонапорометры и микроманометры.

При отклонении температуры окружающего вторичный прибор воздуха от расчетной (+20 °С) в его показания вводится поправка на отклонение величины плотности жидкости, заполняющей прибор, по формуле:

$$h_d = h_v * \rho_f / \rho_{20}, \quad (1)$$

где:

- h_d и h_v – действительное и видимое значения считываемой величины, Па (кгс/см²);
- ρ_f и ρ_{20} – плотность жидкости (дистиллированная вода, спирт) при фактической и расчетной температуре воздуха, окружающего прибор, кг/м³.

2.2. Измерение температур

2.2.1. Измерение температур производится с помощью жидкостных термометров, термопреобразователей сопротивления, термоэлектрических преобразователей.

2.2.2. Жидкостные термометры применяются для измерения температур в пределах от –30 до +650 °С (ГОСТ 2832). Термопреобразователи сопротивления применяются в комплекте со вторичными приборами для измерения температур от –200 до + 650 °С (ГОСТ 6651). Термоэлектрические преобразователи в комплекте со вторичными приборами

применяются для измерения температур от -200 до $+2200$ °С (ГОСТ 6616). Градуированные характеристики последних должны соответствовать ГОСТ 3044.

2.2.3. Места измерения температур выбираются таким образом, чтобы распределение скорости и температуры потока в поперечном сечении трубопровода, газохода или воздуховода в месте измерения было в достаточной степени равномерным.

2.2.4. При измерении температуры воды желательно, чтобы термометрический элемент был направлен навстречу потоку и расположен в центре трубопровода.

При измерении температуры от 0 до $+200$ °С жидкостным термометром термометрическая гильза заполняется термостойкой жидкостью (компрессорное масло), при температурах более 200 °С – бронзовыми или чугунными опилками.

Измерение температуры воды при испытаниях по I категории сложности производится приборами класса 1,0 – 1,5; по II категории – эксплуатационными приборами класса 1,5 – 2,0.

2.2.5. При измерении температуры дымовых газов и воздуха в каждом измерительном сечении должно быть установлено не менее двух измерительных устройств.

Измерение температуры дымовых газов целесообразно производить за дымососом печи.

При испытаниях по I категории сложности измерение температур дымовых газов и воздуха производится с помощью специально устанавливаемых термопар и термометров сопротивления, по II категории – эксплуатационными приборами.

2.2.6. Для измерения температуры в топках печей используются переносные радиационные или оптические пирометры класса 1,5.

2.3. Измерение давления и разряжения

2.3.1. Для измерения давления и разряжения по тракту печей используются пружинные манометры, жидкостные тягонапорометры, микроманометры.

2.3.2. Для определения давления воды и жидкого топлива используются пружинные манометры (ГОСТ 2405). Манометры подбираются так, чтобы верхний предел шкалы превышал среднее плавно изменяющееся давление в 1,5, а колеблющееся в 2 раза. Наименьшее измеряемое давление должно превышать значение, соответствующее началу шкалы манометра.

При испытаниях по I категории сложности используются эксплуатационные технические манометры класса 1,0 – 1,5, по II категории – класса 1,5 – 2,0.

2.3.4. Для измерения барометрического давления атмосферного воздуха в помещении котельной или котельного цеха применяется барометр класса 1,0 – 1,5 с точностью определения давления не ниже ± 250 Па.

2.4. Определение состава дымовых газов

2.4.1. Для определения содержания в дымовых газах O_2 , CO , NO , NO_2 , SO_2 переносной газоанализатор Testo-350 с характеристиками приведенными в таблице 1:

Т а б л и ц а 1 - Основные характеристики газоанализатора «Testo-350»

Измеряемый компонент	Диапазон измерений	Чувствительность	Погрешность измерения, % отн.
O_2	0 – 21 % об.	0,1 % об.	0,2
CO	0-10000 ppm	1 ppm	5
NO , SO_2	0-5000 ppm	1 ppm	5
NO_2	0-500 ppm	1 ppm	10
t	от -40 до +1200 °C	0,1 °C	0,5
S,H	± 500 гПа	0,01 гПа	0,5

2.4.2. Определение горючих составляющих в дымовых газах (CO , H_2 , CH_4 , C_mH_n) производится с помощью газового хроматографа, например, ЛХМ-8М.

2.4.3. Отбор проб дымовых газов для анализа производится при постоянном топочном режиме и не менее, чем в двух точках каждого сечения газоходов (с левой и правой сторон).

Отбор проб уходящих газов для анализа производится за дымососом, где обеспечивается их полное перемешивание.

2.4.4. В зоне установки газозаборных трубок не должно быть присосов воздуха. Сечения газоходов должны быть протарированы и входной конец трубок должен помещаться в точку, соответствующей среднему положению для данного сечения.

Трубки для отбора изготавливаются из жаростойкой нержавеющей стали. При температурах дымовых газов свыше +600 °C применяются охлаждаемые газозаборные трубки.

2.5. Анализ топлива

2.5.1. Газообразное топливо

При испытаниях по I категории сложности определяется низшая рабочая теплота сгорания и химический состав по отбираемым в основных опытах пробам.

Теплота сгорания определяется на автоматическом газовом калориметре.

Химический состав определяется на газовом хроматографе типа ЛХМ-8М.

При испытаниях по II категории сложности отбор проб не производится. Теплота сгорания газа и его химический состав определяется по данным поставщика газа.

2.5.2. Жидкое топливо

При испытаниях по I категории сложности определяется низшая рабочая теплота сгорания (Q_p''), влажность (W^p), содержание серы (S^p), зольность (A^p), плотность по отбираемым в основных опытах пробам.

Теплота сгорания жидкого топлива определяется по ГОСТ 21261, влажность – по ГОСТ 2477, содержание серы – по ГОСТ 1431 и зольность – по ГОСТ 1461.

При испытаниях по II второй категории сложности отбор проб не производится. Теплота сгорания, состав, вязкость и плотность определяются по сертификатам поставщика.

2.6. Измерение расхода электроэнергии на собственные нужды

Расход электроэнергии на собственные нужды определяется по эксплуатационным электрическим счетчикам. В испытаниях по I категории сложности счетчики проверяются по схеме «двух ваттметров».

2.7. Измерение количества обрабатываемого материала

Количество обрабатываемого материала (до и после печи) определяется непосредственным взвешиванием или обмером заготовок.

Для взвешивания используются:

- платформенные передвижные рычажные весы (ГОСТ 11219) с пределами взвешивания 50 – 3000 кг и максимальной допустимой погрешностью $\pm 0,1\%$;
- крановые весы КЦ-5 и КЦ-10 с пределами взвешивания 250-10000 кг и допустимой погрешностью $\pm 0,5\%$;
- технические весы типа Т1 и Т2 и аналитические весы типа АДВ (для отбора проб образцов металла, окислы, шлака и т.п.)

3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Подготовительные работы проводятся в три этапа:

3.1. Организационно-подготовительные мероприятия

На первом этапе подготовки печи к проведению испытаний производится:

- ознакомление с технической документацией печи (проектной, заводской, ремонтной и отчетной);
- полный осмотр печи, её вспомогательного оборудования, средств КИП и А для оценки их состояния;
- снятие эксплуатационной характеристики печи («фотография» режима);
- определение обеспеченности печи тягой и дутьем на номинальной нагрузке;
- составление перечня дополнительных средств измерений и приспособлений;
- составление сводной спецификации средств измерений;

- составление программы испытаний и согласование ее с Заказчиком. В программе испытаний указываются объем и методы измерений, методика обработки результатов, вид отчетной документации (отчет, режимная карта, инструкция). Примерная программа испытаний приведена в Приложении 1.

3.2. Подготовительные работы

После выполнения первого этапа выполняются основные подготовительные работы на печи. В их процессе производятся:

- устранение выявленных недостатков;
- проверка готовности печи и ее элементов (тягодутьевые машины, горелки, средства управления – шиберы, заслонки, направляющие аппараты, привода – состояние поверхностей нагрева и т.п.) к испытаниям;
- проверка газоплотности топки и газоходов;
- проверка состояния трубопроводов, запорной арматуры, предохранительных и взрывных клапанов.

Плотность топки и газоходов печей проверяется по подсосу пламени переносного факела при включенной тяге. Выявленные неплотности должны быть устранены до начала испытаний.

3.3. Подготовка специальных средств измерения и персонала

На завершающем этапе подготовительных работ производятся:

- разработка схемы установки средств измерений;
- размещение и подготовка специальных средств измерений и приспособлений;
- распределение участков измерений между наблюдателями;
- составление журналов наблюдений, подготовка наблюдателей с уточнением последовательности записей в журнал наблюдений.

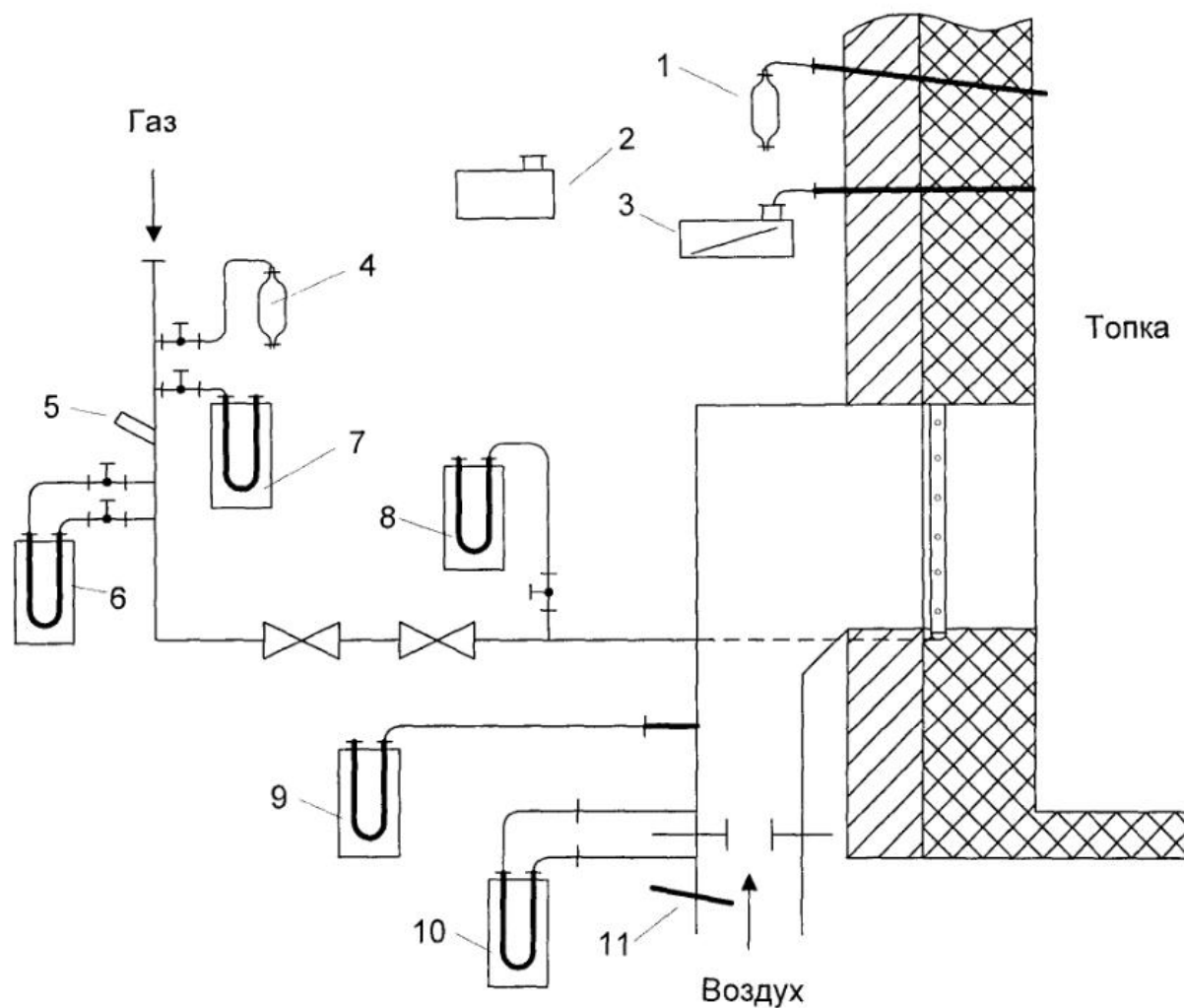
При разработке схемы установки средств измерений для испытаний печей на газе следует предусмотреть измерения, необходимые для снятия регулировочной характеристики горелок. Она показывает соотношение между давлением газа и воздуха, при котором поддерживается оптимальный коэффициент избытка воздуха на выходе из топки (определяется в ходе предварительных опытов). Принципиальная схема расстановки средств измерения, необходимых для снятия регулировочной характеристики горелки, показана на рисунке 1.

Регулировочная характеристика горелки используется для наладки системы автоматики горения.

При испытании печей на мазуте регулировочная характеристика горелок не снимается. Производится предварительный подбор форсунок по результатам их стендовой тарировки. Перед испытанием находится оптимальное положение распыливающей головки форсунки в амбразуре горелки, при котором факел распыленного топлива:

- не задевает амбразуру;
- не касается топочной камеры;

- зона максимальных расходов воздуха в амбразуре совпадает с зоной максимальной плотности орошения.



1- отбор дымовых газов на анализ, 2 – барометр, 3- разрежение вверху топки, 4- пробоотборник, 5-температура газа, 6-расход газа, 7-давление перед расходомером, 8-давление газа перед горелкой, 9-давление воздуха перед горелкой, 10-расход воздуха, 11-температура воздуха.

Р и с у н о к 1 – Схема измерений при испытании горелок с индивидуальной подачей воздуха.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

4.1. Условия проведения испытаний

4.1.1. Испытания проводятся при установившемся тепловом режиме печи с обязательным сведением ее теплового баланса.

4.1.2. В период испытаний в печь должно подаваться топливо, качество которого предусмотрено программой испытаний.

4.1.3. В начале и в конце испытания (опыта) должно обеспечиваться соответствие программе испытаний: производительности, режима горения, расходов воздуха, топлива, воды, технологических условий, качества обрабатываемых материалов.

4.1.4. Продолжительность работы печи от растопки до начала испытаний должна составлять не менее 72 часов для печей старых типов с толстой кирпичной обмуровкой и 48 часов – для сушил.

4.1.5. Длительность выдерживания испытательной нагрузки непосредственно перед опытом составляет не менее 2 часов.

4.1.6. Длительность испытаний (опыта) при определении к.п.д. печи и тепловых потерь по обратному балансу составляет:

- одну смену для обжиговых, барабанных, методических и т.п. печей;
- один цикл для муфельных, колпачковых, полумуфельных, плавильных и т. п. печей;
- в течение тройного схода загрузки (но не менее суток) для шахтных, отражательных, вращающихся с кипящим слоем и т.п. печей;
- время прохода вагонетки через печь для туннельных печей и т.д.

4.1.7. При проведении испытаний допустимые колебания основных параметров работы печи во время опыта не должны превышать допустимых пределов.

4.1.8. Отсчеты показаний приборов должны проводиться через 10-15 минут при условии, что за опыт должно быть получено не менее 10-15 равномерно расположенных отсчетов.

4.1.9. Влияние на характеристики работы печи одного из показателей режима должно определяться при постоянстве (в установленных пределах) остальных показателей.

4.1.10. При сжигании жидкого топлива его вязкость перед форсунками не должна превышать 2-3 ⁰ВУ при использовании механических, 4-6 ⁰ВУ – паромеханических и 8-10 ⁰ВУ – ротационных форсунок. Требуемая для создания такой вязкости температура подогрева топлива в зависимости от его сорта находится по номограмме ВТИ, приведенной в приложении 3.

4.2. Предварительные опыты

Предварительные опыты производятся с целью выявления общей картины работы печи и проверки предварительных выводов, составленных по данным отчетной и другой технической документации. В процессе предварительных опытов производится ряд следующих мероприятий:

4.2.1. Тарировка газовоздуховодов

Тарировка производится в сечениях, выбранных для производства измерений, при номинальной или близкой к ней нагрузке. Методика тарировки газовоздуховодов подробно изложена в специальных руководствах /1, 3, 5/ и в данной методике не приводится.

4.2.2. Проверка распределения топлива по горелкам

Равномерность распределения топлива по горелкам контролируется в случае газообразного топлива установкой индивидуальных или групповых расходомеров. При невозможности их установки контроль осуществляется по давлению газа перед горелками с предварительной ревизией газовыдающих насадков и обмеров газовыпускных отверстий. Должно быть соблюдено равенство суммарных площадей газовыпускных отверстий для всех горелок котла.

В случае сжигания мазута для равномерного распределения топлива по горелкам производится тарировка форсунок на водяном стенде по производительности, углу раскрытия факела и качеству распыливания. Для установки на печь подбирается два комплекта форсунок (I – основной и I – резервный) с разбежкой по производительности не более $\pm 2\%$, по углу раскрытия факела $\pm 5\%$ (РТМ 24.030.37). тарировка производится при давлении воды, соответствующем давлению топлива при номинальной нагрузке котла.

4.2.3. Проверка распределения воздуха по горелкам

Контроль расхода воздуха на горелки осуществляется с помощью пневмометрических трубок. Разбежка по расходу воздуха на горелки не должна превышать $\pm 2\%$ при полностью открытых шиберх первичного и вторичного воздуха.

При невозможности прямого измерения расхода воздуха равномерность распределения расходов воздуха контролируется по давлению воздуха перед горелками с предварительной ревизией их проточной части, состояния завихрителей и шиберов. Относительное отклонение давления воздуха перед горелками не должно превышать $\pm 5\%$.

4.2.4. Определение оптимального расхода воздуха, подаваемого в горелки

Определение оптимального расхода первичного воздуха производится при 3-х нагрузках печи (номинальной, минимальной и промежуточной). Опыты проводятся при четырех значениях расхода воздуха: минимальном, максимальном и двух промежуточных, - в два этапа.

На первом этапе снимается зависимость $q_3 = f(\alpha''_T)$ и определяется критический избыток воздуха $\alpha_{кр}$, ниже значения которого в уходящих газах обнаруживаются продукты неполного сгорания (CO и H_2). Тем самым определяется диапазон рабочих избытков воздуха. Рабочими считаются избытки, на 1-2% превышающие $\alpha_{кр}$. Опыты проводятся в диапазоне коэффициента избытка воздуха 1,15-1,05 при сжигании мазута и 1,10-1,00 – при сжигании газа.

При сжигании газа или мазута $\alpha_{\text{опт}}$ обычно совпадает с $\alpha_{\text{кр}}$. Но для учета чувствительности схем автоматического регулирования процесса горения значение $\alpha_{\text{опт}}$ принимается на 3-4% выше, чем $\alpha_{\text{кр}}$.

4.3. Основные опыты

4.3.1. Основные опыты проводятся только после устранения недостатков, выявленных при анализе предварительных опытов.

4.3.2. Основные опыты проводятся на номинальной, минимальной и нескольких промежуточных нагрузках печи в соответствии с программой испытаний.

При проведении балансовых испытаний по I категории сложности проводится 2-4 опыта на промежуточных нагрузках.

При проведении режимно-наладочных испытаний по II категории сложности проводится 1-2 опыта на промежуточных нагрузках.

В соответствии с задачами испытания возможно проведение опыта на максимальной нагрузке печи.

4.3.3. Основные опыты производятся при оптимальных избытках воздуха, определенных в результате предварительных опытов. Содержание СО в уходящих газах не должно превышать 0,005% об. При сжигании природного газа и 0,01% об. При сжигании мазута (в пересчете на $\alpha_{\text{yx}}=1,4$).

4.3.4. Основные опыты проводятся при поддержании технологических параметров работы печи, сохранении требуемой продолжительности опытов и отклонении основных параметров работы печи в допустимых пределах.

4.3.5. Результаты основных опытов используются для определения условий максимально экономичной работы котла в эксплуатационном диапазоне нагрузок и составления режимной карты.

5. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

5.1. Подготовка материалов испытаний к обработке

При подготовке материалов испытаний к обработке производится:

- отбор материалов, в достаточной мере характеризующий работу печи, режимы испытаний с приведением их в порядок, отвечающий задачам испытаний;
- обработка отобранных материалов (предварительные расчеты, учет масштабов, внесение поправок, расшифровка диаграмм, расчет средних величин параметров за опыт и т. п.).

Не подлежат обработке материалы опытов с нарушением режима, упущениями в записях ответственных величин и т. п. Перед подсчетом средних величин составляются

характеристики опытов, определяющие размеры колебаний в каждом опыте отдельных наиболее существенных и ответственных параметров:

- производительность печи (по обрабатываемому материалу);
- температурного режима в печи;
- расхода топлива;
- давление топлива после регулирующего клапана;
- давления воздуха после воздухоподогревателя и перед горелками;
- разрежение и температуры дымовых газов по газоходам;
- содержание O_2 в дымовых газах.

Пределы колебаний параметров режима от среднего за опыт определяются по формулам:

$$Y_{\max} = (a^{\max} - \hat{a}) / \hat{a} * 100, \% \quad (2)$$

$$Y_{\min} = (a^{\min} - \bar{a}) / \bar{a} * 100, \% \quad (3)$$

где $a^{\max}$ и $a^{\min}$ - максимальное и минимальное значения величины параметра в течении опыта;

$\hat{a}$ - его среднеарифметическое значение.

Если колебания указанных параметров превышают допустимые по таблице 1, то опыт разбивается на периоды длительностью не менее 2-х часов, в течение которых эти отклонения находятся в допустимых пределах.

5.2. Обработка опытных данных

5.2.1. Вычисление средних величин и исключение промахов

Результаты прямых наблюдений обрабатываются по ГОСТ 8.207, косвенных, - ГОСТ 8.381 с учетом указаний /1/. Для исключения ошибочных наблюдений (промахов) по измеренным в опытах величинам вычисляются:

- среднеарифметическое значение:

$$a = \sum a_i / n \quad (4)$$

где n – количество измерений величины в опыте;

- среднеквадратичная погрешность измерения:

$$\sigma = \sqrt{\sum [(\hat{a} - a_i)^2] / (n-1)} \quad (5)$$

- критерий Стьюдента для измерений, резко отличающихся от других:

$$t_s = (a_{\max} - \hat{a}) / \sqrt{[(n-1)/n] * \sigma^2} \quad (6)$$

Полученное значение коэффициента Стьюдента t_s сравнивается с табличным для заданного числа измерений n и степени надежности P . Если оно окажется больше табличного, то данное измерение считается промахом и исключается из подсчета $\hat{a}$. Результат измерения в записывается в следующем виде:

$$a = \bar{a} \pm \sigma \quad (7)$$

После отброса всех недостоверных значений единичных наблюдений производится окончательный расчет средних величин параметров за опыт. При этом средние значения рассчитываются с точностью, на знак большей точности отсчетов. Результаты расчета средних величин измерений заносятся в сводные таблицы испытаний.

5.2.2. Приведение опытных величин расходов к расчетным параметрам сужающих устройств.

Измеренные опытные величины расходов охлаждающей воды, воздуха, газообразного и жидкого топлива приводятся к расчетным параметрам сужающих устройств (давление, температура) по формуле:

$$Q_{пр} = Q_{оп} \sqrt{\rho_{оп} / \rho_{расч}}, \text{ кг/ч (м}^3\text{/ч)} \quad (8)$$

где $\rho_{оп}$ и $\rho_{расч}$ – плотность среды при опытных и расчетных параметрах, кг/м^3 ;

$Q_{пр}$ и $Q_{оп}$ – опытное и приведенное значения расхода. В последующих расчетах используется приведенный расход среды.

5.2.3. Приведение опытного расхода газообразного топлива к нормальным условиям.

При измерении расхода газа с помощью сужающего устройства приведение производится по формуле (10), где $\rho_{расч}$ – плотность газа при нормальных условиях по ГОСТ 2939, кг/м^3 .

При измерении расхода газа с помощью объемного счетчика (например, типа СГ) пересчет к нормальным условиям из рабочих (по давлению и температуре) производится по формуле /11/:

$$V_{пр} = V_{оп} * [293,16 * (P_{оп} + P_6) / P_n (273,16 + t_{оп}) * z], \text{ м}^3\text{/ч} \quad (9)$$

где $V_{пр}$ – расход газа, приведенный к условиям по ГОСТ 2939, $\text{м}^3\text{/ч}$;

$V_{оп}$ – расход газа при рабочих условиях, $\text{м}^3\text{/ч}$;

$P_{оп}$ – рабочее давление в зоне рабочего органа счетчика, МПа;

$t_{оп}$ – рабочая температура в зоне рабочего органа счетчика, $^{\circ}\text{C}$;

P_6 – барометрическое давление, МПа;

P_n – 0,1013 МПа – нормальное давление;

z – коэффициент сжимаемости, равный:

$$z = (z_{max} - z_{min}) / z, \quad (10)$$

где $z_{\max}$ и $z_{\min}$ – максимальное и минимальное значения коэффициента сжимаемости (берутся по таблицам).

Для природного газа с содержанием метана 98-99%, воздуха и подобных газов $z = 1$.

5.2.4. Приведение опытных значений температуры уходящих газов к нормативным условиям.

5.2.5. Приведение к нормативной величине температуры холодного воздуха.

Приведение выполняется по формуле:

$$t_{yx}^{np} = t_{yx}^{op} + (t_{xв}^{норм} - t_{xв}^{op})/2, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (11)$$

где $t_{xв}^{норм}$ и $t_{xв}^{op}$ – нормативная и опытная величина температуры холодного воздуха.

5.2.6. Определение затрат мощности на привод механизмов собственных нужд.

Затраты мощности на привод дымососов и вентиляторов определяются по формуле:

$$N = n * k_i * K_v * 3600 / (A * \tau), \text{ кВт} \quad (12)$$

где n - количество оборотов якоря счетчика за время τ ;

k_i и K_v – коэффициенты трансформации тока и напряжения, определяемые по техническим характеристикам счетчиков.

5.2.7. Определение коэффициента избытка воздуха

Коэффициент избытка воздуха в дымовых газах рассчитывается по формуле /4/:

$$\alpha = (21 - \rho * O_2) / [21 - (O_2 - 0,5CO - 0,5H_2 - 2CH_4)] \quad (13)$$

где ρ - поправочный коэффициент, представляющий собой отношение разности теоретических объемов продуктов сгорания и воздуха к теоретическому объему воздуха. Для газа $\rho=0,1$ для мазута $\rho=0,05$.

5.3. Тепловой баланс печи

5.3.1. Общие положения

Тепловой баланс печи составляется для определения и анализа экономических показателей ее работы и получения представления о совершенстве процесса горения. Сведение теплового баланса позволяет контролировать правильность проведения испытаний.

Тепловой баланс печи рассчитывают по отдельным статьям прихода и расхода тепла. Затем составляют уравнение теплового баланса, из которого определяют неизвестную величину, например, расход топлива. После этого составляют таблицу теплового баланса по отдельным зонам и на печь в целом, с указанием количества тепла по статьям.

В топливных печах источником тепла служит топливо, воздух подогретый вне печи, материал, загружаемый в печь, тепло пара при паровом дутье и т. п.

В тепловом балансе рассчитывают следующие основные статьи прихода тепла:

- *химическое тепло топлива:*

$$Q_{т.х.} = B * Q^p_n \quad (14)$$

где B – расход топлива;

Q^p_n – низшая теплота сгорания топлива.

- *физическое тепло топлива:*

$$Q_{т.ф.} = B * C_o^t * t_t \quad (15)$$

где C_o^t – средняя теплоемкость топлива при t_t .

- *физическое тепло воздуха, подаваемого на горение:*

$$Q_{т.ф.} = V_v * t_v * C_v * B, \quad (16)$$

где $V_v = \alpha * V^0 * B$ – действительное количество воздуха, подаваемого на горение с коэффициентом его расхода α ;

V^0 – теоретическое количество воздуха;

C_v – средняя теплоемкость воздуха при температуре t_v .

Физическое тепло топлива и воздуха учитывается только при его подогреве вне печи за счет постороннего источника тепла.

- *тепло, вносимое с паровым дутьем:*

$$Q_{пар} = G_n * i_n * B, \quad (17)$$

где G_n – удельный расход пара на 1 кг топлива;

i_n – энтальпия пара.

Расходная часть теплового баланса состоит из следующих статей:

- *расход топлива на нагрев материалов:*

$$Q_M = P(C_o^t * t_k - C_o^t * t_n) \quad (18)$$

где P – производительность печи по материалам;

$C_o^t * t_k$ и $C_o^t * t_n$ – конечное и начальное теплосодержание материала.

- *расход тепла на испарение влаги:*

$$Q_{исп} = P * [600 + 0,47(t_{yx} - t_n)] * W_m / (100 - W_m) \quad (19)$$

где t_{yx} – температура уходящих газов;
 t_n – начальная температура материала;
 W_m – относительная влажность материала.

- *расход тепла на химические процессы:*

$$Q_{x.m.} = q_x * (C_{x.m.}/100) * P \quad (20)$$

где q_x – удельный расход тепла на эндотермические реакции;
 $C_{x.m.}$ – количество химически разлагающихся элементов в материале, %.

- *потери тепла с уходящими газами:*

$$Q_{yx} = V_{yx} * i_{yx}, \quad (21)$$

где V_{yx} – объем уходящих газов;
 i_{yx} – энтальпия уходящих газов при температуре t_{yx} .

- *потери тепла от неполной теплоты горения:*

$$Q_{хим} = (30,2CO + 25,7H_2 + 85,55CH_4) * V_{с.г.} * B, \quad (22)$$

где $V_{с.г.}$ – объем сухих газов.

- *потери тепла в окружающую среду* через кладку печи $Q_{окр}$ рассчитывают по участкам. Рабочее пространство печей с различными по толщине стенками и с разными температурами в отдельных зонах условно делят на отдельные участки. Потери тепла подсчитывают по известной формуле теплопередачи для каждого участка, а затем их суммируют.

- *потери тепла излучением через отверстия* (определяются только при наличии постоянно открытых больших смотровых отверстиях) $Q_{изл.отв.}$

- *расход тепла на нагрев транспортирующих устройств:*

$$Q_{тр} = G_{тр}(C_o^t * t_k - C_o^t * t_n) \quad (23)$$

где $G_{тр}$ – масса материала транспортирующих устройств;
 $C_o^t * t_k$ и $C_o^t * t_n$ – конечное и начальное теплосодержание транспортирующих устройств;

- *тепло, отводимое на сторону:*

$$Q_{отв} = V_{в.отв} * i_v \quad (24)$$

где $V_{в.отв}$ – количество нагретого воздуха отводимого на сторону (к сушилам);
 i_v – энтальпия нагретого воздуха.

- *тепло уноса материала из печи:*

$$Q_{\text{ун}} = G_{\text{ун}} * C_{\text{ун}} * t_{\text{ух}} \quad (25)$$

где $G_{\text{ун}} = a_{\text{ун}} * P$ – количество материала, уносимого с уходящими газами; (26)
 $C_{\text{ун}}$ – теплоемкость уносимого материала при температуре $t_{\text{ух}}$.

- *неучтенные потери тепла* (принимаются от 5 до 10% тепла всех потерь):

$$\Delta Q = (0,05 - 0,10) \sum Q_{\text{расх}} \quad (27)$$

Расходные статьи теплового баланса рассчитываются в соответствии с конструкцией печи и условиями ее работы. Затем суммируются величины статей расхода и прихода тепла и составляется уравнение теплового баланса печи:

$$\sum Q_{\text{прих}} = \sum Q_{\text{расх}}, \quad (28)$$

Из этого уравнения находится расход топлива B , удельный расход тепла или условного топлива и к.п.д. печи по зонам и в целом.

На основании результатов расчета статей прихода и расхода тепла составляются таблицы теплового баланса по зонам и на всю печь по форме, приведенной в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Тепловой баланс печи

Наименование статьи баланса	Обозначение	Размерность	Величина		Прим.
			абс.	%	
ПРИХОД ТЕПЛА					
1. Химическое тепло топлива	$Q_{\text{т.х.}}$	ккал/ч			
2. Физическое тепло топлива	$Q_{\text{т.ф.}}$	ккал/ч			
и т. д.					
ИТОГО:			100		
РАСХОД ТЕПЛА					
1. Нагрев материала	$Q_{\text{м.}}$	ккал/ч			
2. Потери с ух. газами	$Q_{\text{ух.}}$	ккал/ч			
и т. д.					
Невязка теплового баланса	$\Delta Q_{\text{н.}}$	ккал/ч			
ИТОГО:			100		

Затем рассчитывается к.п.д. печи и коэффициент использования топлива.

К.п.д. печи показывает, какая часть от вводимого в печь тепла расходуется на тепловую обработку материала.

Коэффициентом использования топлива (к.и.т.) называется отношение количества тепла, переданного рабочему пространству печи и обрабатываемому материалу, к располагаемому теплу топлива. К.и.п. больше к.п.д. печи на величину относительных потерь тепла рабочим пространством.

При проведении испытаний печей по I и II категориям сложности на газообразном и жидком топливе применяется обратный метод определения к.п.д. печи по тепловому балансу. Этот метод заключается в определении величин всех тепловых потерь, входящих в тепловой баланс печи. При этом используется методика М. Б. Равича /6/.

5.3.2. Составление теплового баланса по упрощенной методике М. Б. Равича

Упрощенный метод теплотехнических расчетов основан на обобщенных характеристиках топлива:

- $t_{\max}$ - жаропороизводительность топлива, т.е. максимальная температура, развиваемая при полном сгорании топлива в теоретически необходимом для горения количестве воздуха без подогрева воздуха и топлива $^{\circ}\text{C}$;
- P - количество тепла, выделяемое при полном сгорании топлива в теоретически необходимом для полного сгорания объеме воздуха, отнесенное к 1 м^3 сухих продуктов горения, (кДж/м^3);
- B - соотношение объемов влажных и сухих продуктов горения;
- h - коэффициент изменения объема сухих продуктов горения по сравнению с теоретическим;
- C' - отношение средней теплоемкости неразбавленного воздухом продуктов горения в температурном интервале от 0°C до $t_{\max}$;
- K - отношение средней теплоемкости 1 м^3 воздуха в температурном интервале от 0°C до t_{yx} к теплоемкости 1 м^3 неразбавленного воздухом продуктов горения в температурном интервале от 0°C до $t_{\max}$.

Эти теплотехнические характеристики для различных видов газообразного и жидкого топлива приведены в таблице 3. В таблице 4 даны поправочные коэффициенты C' и K в зависимости от температуры уходящих газов для газообразного и жидкого топлива.

Коэффициент h рассчитывается по формуле:

$$h = RO_2^{\max} / (RO_2 + CO + CH_4), \quad (28)$$

где - $RO_2 = CO_2 + SO_2$, CO и CH_4 - содержание этих газов в продуктах горения, %об.

$RO_2^{\max}$ - максимально возможное содержание трехатомных газов в сухих продуктах горения, %об.

Зависимость содержания O_2 , h и α от содержания RO_2 для случаев сжигания газа и мазута приведена в приложении 3.

Т а б л и ц а 3 - Теплотехнические характеристики топлива

Топливо	$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ кДж/м ³ (кДж/кг)	$t'_{\max}$, $^{\circ}\text{C}$	$RO_2^{\max}$ %об	P кДж/м ³	B
Природный газ	35700	2010	11,8	4190	0,80
Нефтепромысловый газ	59640	2050	13,2	4190	0,83
Коксовый газ	17640	2090	10,4	4578	0,77
Доменный газ	4116	1470	24,0	2604	0,98
Генераторный газ	5028	1640	20,0	2940	0,91
Малосернистый мазут	39354	2100	16,5	4053	0,88
Сернистый мазут	39805	2100	16,0	4074	0,87
Соляровое масло	42462	2090	15,6	4095	0,87

Примечание: $t'_{\max} = t_{\max} - 30^{\circ}\text{C}$ - жаропроизводительность топлива с учетом влаги воздуха (1% макс.)

Тепловые потери через стенки печи можно определить по рис. 2 в зависимости от температуры внутренней поверхности стенки и суммы тепловых сопротивлений:

$$Q_{\text{кл}} = q_{\text{ст}} * 3600 * F \quad (34)$$

Остальные виды тепловых потерь и статей теплового баланса определяется в соответствии с п. 5.3.1.

К.п.д. печи определяется по формуле:

$$\eta_{\text{печи}} = Q_{\text{полезн}} / Q_{\text{р.р.}}, \% \quad (35)$$

$$\begin{aligned} \text{где - } Q_{\text{полезн}} &= Q_{\text{м}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{х.м.}} \\ Q_{\text{р.р.}} &= Q_{\text{т.х.}} + Q_{\text{т.ф.}} + Q_{\text{в.}} + Q_{\text{пар.}} \end{aligned}$$

Удельный расход условного топлива на обработку материала определяется по формуле:

$$B_y = B * Q_{\text{нр}} / P / 7000, \text{ кг у.т./т} \quad (36)$$

5.3.3. Отчет по испытаниям

Содержание технического отчета по испытаниям печи определяется характером и объемом проведенных работ. В отчете должны содержаться следующие основные положения:

1. Реферат - краткое содержание работы и ее назначение.
2. Введение - мотивировка организации работ и цели испытания.
3. Краткая характеристика оборудования:

Дается краткое описание печи, ее вспомогательного оборудования и их основные технические параметры. Описание иллюстрируется общим видом печи. Здесь же приводится краткая характеристика работы печи до наладки и испытаний по эксплуатационным данным. Основные конструктивные и расчетные параметры котла сводятся в таблицу.

4. Методика измерений:

Дается краткое описание средств и способов измерений с указанием точек отбора проб, методов определения состава газа, проб топлива и т.п. Приводится схема печи с указанием основных точек измерений, данные тарировки сечений. Дается сводная характеристика средств измерений, программа проведения испытаний.

5. Характеристика выполненных работ

Подробно рассматриваются выполненные на печи работы по устранению выявленных недостатков. Описываются условия проведения испытаний. Дается общий обзор опытов и приводится общая их характеристика с рассмотрением особенностей

режима горения, стабильности поддержания основных параметров работы печи, работы автоматики.

6. Результаты испытаний

Выполняется анализ фактически полученных в опытах потерь тепла и оптимальных условий работы печи. Производится сравнение фактических потерь и сопротивления газозвдушного тракта печи с расчетными (нормативными, проектными) и делается анализ их несоответствия. В разделе приводятся графики изменения основных параметров работы печи от тех или иных факторов (производительность печ, избыток воздуха и т.п.). К ним относятся зависимости от производительности печи:

- к.п.д. печи брутто и нетто;
- тепловых потерь q_2 , q_3 , q_5 ;
- удельных расходов натурального топлива на обработку материалов;
- расхода и давления натурального топлива;
- давление и температура воздуха, сопротивления воздушного тракта;
- разрежение, сопротивления и температуры дымовых газов по газовому тракту;
- состава газов, избытков и присосов воздуха по газовому тракту;
- расходов электроэнергии на тягу, дутье и на собственные нужды и т.п.

Приводится таблица теплового баланса печи.

7. Выводы и рекомендации

Рассматриваются основные итоги наладки и испытаний, достигнутый к.п.д. и значение тепловых потерь, оптимальные избытки воздуха, удельные расходы электроэнергии на собственные нужды, оптимальная по экономичности нагрузка печи. Проводится оценка надежности работы печи, удобства управления и обслуживания, отмечаются недостатки конструкции и даются предложения по улучшению работы печи.

К отчету прилагаются сводная таблица результатов испытаний и режимная карта.

Оформление отчета производится в соответствии с ГОСТ 7.32 (ИСО 5966)

ООО «Комбинова Теплотехника»

РЕЖИМНАЯ КАРТА
Показателей работы
Нагревательной печи

Проект № _____

(наименование проектной организации)

в цехе _____ завода

№ п/п	Наименование показателей	Един. измере- ния	Величина	
			По проекту	Фактически
1	2	3	4	5
1	Тип			
2	Назначение			
3	Размеры обрабатываемых изделий, их масса	мм, кг		
4	Марка металла			
5	Единовременная загрузка	т		
6	Производительность печи	кг/ч		
7	Удельная производительность печи	кг/м ² ч		
8	Температура в рабочем пространстве	°С		
9	Температура нагрева металла	°С		
10	Количество работающих горелок	шт		
11	Вид топлива			
12	Теплота сгорания	ккал/кг		
13	Давление топлива: перед печью перед горелками	кгс/м ² - " -		

1	2	3	4	5
14	Давление воздуха: перед печью перед горелками	кгс/м ² - " -		
15	Температура продуктов сгорания: перед рекуператором после рекуператора	⁰ С ⁰ С		
16	Температура подогрева воздуха	⁰ С		
17	Давление продуктов сгорания на поду печи	кгс/см ²		
18	Химический состав сухих продуктов сгорания в печной камере:			
	CO ₂	%		
	O ₂	%		
	CO	%		
	N ₂	%		
	Коэффициент расхода воздуха			
19	Химический состав сухих отходящих газов за рекуператором			
	CO ₂	%		
	O ₂	%		
	CO	ппм		
	NO ₂	ppm		
20	Коэффициент полезного действия (кпд)	%		
21	Коэффициент использования топлива (кит)	%		

1	2	3	4	5
22	Удельный расход теплоты на нагрев металла	ккал/кг		
23	Удельный расход условного топлива	кг у.т./кг		

Руководитель работы

ООО «Комбинова Теплотехника»

РЕЖИМНАЯ КАРТА

Показателей работы

_____ сушила

Проект № _____

(наименование проектной организации)

в цехе _____ завода

№ п/п	Наименование показателей	Един. измере- ния	Величина	
			По проекту	Фактически
1	2	3	4	5
1	Назначение			
2	Объем топочного пространства	м ³		
3	Тип горелок Количество работающих горелок	шт		
4	Вид изделий или материала, подвергаемых сушке			
5	Масса садки	т		
6	Начальная относительная влажность	%		
7	Конечная относительная влажность	%		
8	Продолжительность сушки	ч		
9	Вид топлива Теплота сгорания	ккал/кгм ³		
10	Давление топлива перед горелками: максимальное минимальное	кгс/м ² - " -		
11	Давление воздуха перед горелками: максимальное минимальное	кгс/м ² - " -		

1	2	3	4	5
12	Температура в камере смешения	$^{\circ}\text{C}$		
13	Параметры теплоносителя на входе в сушило: температура давление	$^{\circ}\text{C}$ кгс/м^2		
14	Температура в рабочем пространстве сушила: 1 зона 2 зона 3 зона	$^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$		
15	Параметры рециркулята: температура давление	$^{\circ}\text{C}$ кгс/см^2		
16	Параметры отработанного теплоносителя: температура давление	$^{\circ}\text{C}$ кгс/см^2		
17	Разряжение перед дымососом	кгс/см^2		
18	Разрежение перед рециркуляционным вентилятором	кгс/см^2		
19	Давление в камере смешения	кгс/см^2		
20	Удельный расход теплоты на испарение влаги	ккал/кг и.вл.		
21	Коэффициент полезного действия (кпд)	%		

Руководитель работы

УТВЕРЖДАЮ

(должность, ф.и.о.)

(подпись)

(дата)

ПРОГРАММА

режимно-наладочных испытаний _____

(наименование агрегата, тип и номер)

в (на) _____
(наименование цеха и предприятия)

1. Цель

Целью испытаний является установление оптимальных тепловых режимов работы при заданных величинах производительности агрегата (ов) для получения минимального удельного расхода сжигаемого топлива.

2. В объем выполняемых работ входит:

2.1. Предварительные измерения для определения технико-экономических характеристик агрегата (ов) до наладки

2.2. Проведение прикидочных опытов для определения оптимального соотношения «топливо-воздух» и оптимального положения факела в рабочем пространстве агрегата при различных величинах расхода топлива, а также для выявления особенностей работы агрегата (ов) на разных режимах.

2.3. Проведение основных (балансовых) опытов на выбранных оптимальных режимах работы агрегата (ов) при заданных величинах его (их) производительности.

2.4. Определение максимальной производительности агрегата (ов).

2.5. Определение коэффициента полезного действия и удельных расходов топлива агрегата (ов).

2.6. Анализ работы агрегата (ов) по результатам испытаний.

2.7. Составление рекомендаций по повышению экономичности и надежности работы агрегата (ов).

2.8. Составление режимной карты работы агрегата (ов).

2.9. Составление отчета по выполненной работе.

3. Условия проведения испытаний

3.1. Испытания проводятся в нормальных эксплуатационных условиях. Режимы работы агрегата (ов) и оборудования поддерживается обслуживающим персоналом, изменения режима работы производятся по указанию и под наблюдением работников проводящих испытания, если это не нарушает нормальную и безопасную работу агрегата (ов).

3.2. Отклонения производительности агрегата от средней величины в период опытов не должно превышать $\pm 5\%$.

4. Количество и продолжительность опытов

4.1. Для каждой производительности агрегата проводятся 3 – 4 прикидочных опыта и 1-2 основных (балансовых) опыта.

4.2. Продолжительность опыта устанавливается равной продолжительности обработки изделия в агрегате. Для печей непрерывного действия продолжительность проведения опыта на одном режиме должна быть не менее 2 часов.

4.3. При переходе с одного режима работы на другой перерыв между опытами должен обеспечить установившийся процесс.

5. Методика составления теплового баланса.

КПД агрегата определяется по методу прямого баланса.

Потери тепла с уходящими газами определяются по методике проф. М. Б. Равича.

6. Организационные указания.

6.1. До проведения испытаний должны быть выполнены работы по установке на агрегате всех необходимых приборов, прошедших поверку.

6.2. После проведения опытов заказчику передается для исполнения ведомость работ по устранению недостатков, выявленных на агрегате.

6.3. Для работы бригады выделяется рабочее место, оборудованное в соответствии с указаниями руководителя работ.

Составил: руководитель работ

Согласовано: _____
представитель предприятия Заказчика

(должность, ф.и.о.)

« ____ » _____ 200__ г.