Министерство образования и науки Российской Федерации

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России

Б.Н. Ельцина»

Нижнетагильский технологический институт (филиал)

**Нижнетагильский машиностроительный техникум**

УТВЕРЖДАЮ

Директортехникума

\_\_\_\_\_\_\_\_С.А. Федореев

« \_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 г.

Методические рекомендации

по выполнению домашней контрольной работы

для студентов заочной формы обучения

по дисциплине «Теплотехника»

по специальности

22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов

Нижний Тагил,

2017

Методические рекомендации разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. № 357 укрупненной группы подготовки 22.00.00 Технологии материалов

|  |  |
| --- | --- |
| Организация разработчик: | ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  Нижнетагильский технологический и институт  Нижнетагильский машиностроительный техникум |

|  |  |
| --- | --- |
| Разработчик: | преподаватель НТМТ Н.А. Погорелова  (ФИО) |

Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании цикловой комиссии

|  |  |
| --- | --- |
| Протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г. | Председатель ЦК И.В. Семухина\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

## **Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение------------------------------------------------------------------------------------------3 |  |
| 1. Пояснительная записка----------------------------------------------------------------4 |  |
| 1.1 Результаты освоения профессионального модуля-------------------------------4 |  |
| 1.2 Основные понятия, необходимые для выполнения ДКР-----------------------5 |  |
| 1.3 Примеры выполнения заданий**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**16 |  |
| 2. Задания для домашней контрольной работы-----------------------------------26 |  |
| 1. Перечень рекомендуемых учебных изданий, -----------------------------------31   Интернет-ресурсов, дополнительной литературы. |  |

**Введение**

Цель методических рекомендаций помочь студентам освоить курс дисциплины «Теплотехника» и приобрести практический опыт в установлении рациональных режимов.

В методических указаниях кратко излагаются теоретические вопросы по данной дисциплине.

Приведен список учебно-методической и нормативно-правовой литературы, необходимой для успешного выполнения ДКР и освоения учебной программы

Студентам предлагается для выполнения ДКР. Кроме того, для самостоятельного изучения выдаются темы, включенные в *дифференцированный зачет.*

**1. Пояснительная записка**

**1.1 Результаты освоения дисциплины.**

Тематический план и содержание учебной дисциплины соответствует рабочей программе дисциплины « Теплотехника» В результате освоения дисциплины « Теплотехника» формируются элементы следующих **общих и профессиональных компетенций** обучающегося:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития..

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности

ПК 1.1. Выбирать исходные материалы для производства отливок.

ПК 1.2. Анализировать свойства и структуры металлов и сплавов для изготовления отливок.

ПК 2.1. Осуществлять входной контроль исходных материалов литейного производства в соответствии с технологическим процессом (в том числе с использованием микропроцессорной техники).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь:**

- производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах (нагревательных и плавильных);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать:**

-основные положения теплотехники и теплоэнергетики;

-назначение и свойства огнеупорных материалов;

-устройства и принципы действия металлургических печей;

-топливо металлургических печей и методику расчетов горения;

-закономерности процессов тепло-массо-обмена в металлургических печах

**1.2 Основные понятия, необходимые для выполнения ДКР**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Топливом называются существующие в природе или получаемые искусственно горючие вещества, используемые для выработки тепловой энергии. Как источник тепловой энергии топливо является основой экономики народного хозяйства.  Теплота, выделяемая при сгорании топлива, применяется в производственных процессах, для отопления, приготовления пищи и т. д.; значительная часть теплоты расходуется на получение механической и электрической энергии. Топливо содержит также большое количество попутных веществ, использование которых дает большой экономический эффект. Более 90% потребляемого топлива органического происхождения, главной составной частью которого является углерод.  Промышленное топливо по происхождению подразделяется на естественное и искусственное, а по агрегатному состоянию на твердое, жидкое и газообразное. Естественным называется топливо, используемое в том виде, в каком оно находится в природе: твердое.— ископаемые угли (бурые, каменные и антрациты), горючие сланцы, торф, дрова, отходы сельского хозяйства; жидкое — нефть; газообразное — газы природные и сопутствующие при добыче нефти и других полезных ископаемых. Топливо получают главным образом в результате переработки естественного топлива: твердое — каменноугольный кокс, древесный уголь, полукокс, торфяной кокс, брикеты и др.; жидкое— бензин, керосин, дизельное топливо, мазут и др.; газообразное— газы коксовый, светильный, крекинговый, доменный, генераторный (воздушный, водяной или смешанный) и др.   |  |  |  | | --- | --- | --- | | Агрегатное состояние | Топливо естественное | Топливо искусственное | | Газообразное | Природный и нефте-промысловый газы | Газы (генераторный, водяной, светильный, коксовый, нефте перерабатывающих заводов) | | Жидкое | Нефть | Бензин, керосин, дизельное топливо, смазочное масло, спирт, различные смолы | | Твердое | Ископаемые угли, горючие сланцы, торф, дрова | Каменноугольный кокс, брикетированное и пылевидное топливо, древесный уголь |   Органическое топливо в основном содержит углерод (С), водород (Н), кислород (О), азот (N) и серу (S). При сгорании тепло выделяют углерод и водород. Кислород и азот при сгорании не выделяют тепло и представляют собой внутренний балласт топлива. Сера является вредной примесью; она дает мало тепла и образует токсичные кислотные оксиды — S02 и S03. Кроме того, в каждом топливе, помимо органической части, содержится еще определенное количество минеральных примесей (при сгорании они образуют золу и воду, представляющих собой внешний балласт топлива). Балластом газообразного топлива являются кислород, азот, пары воды, диоксид углерода и другие негорючие газы. Содержание внутреннего и внешнего балласта в различных видах топлива колеблется от доли процента до десятков процентов.  По элементному составу все существующие виды топлива подразделяются на три основных класса:  I — состоящие из углерода (все виды кокса и древесный уголь);  II—состоящие из углерода и водорода (нефть, продукты нефтепереработки, газообразные углеводороды и др.);  III— состоящие из углерода, водорода и кисло­рода (ископаемый уголь, торф, дрова, брикеты, гене­раторный, смешанный и другие газы.  Количество выделяемого тепла при сгорании топлива зависит от его химического состава: чем выше содержание углерода и водорода в топливе и ниже содержание балласта, тем больше теплота сгорания. Поэтому при расчетах теплоты сгорания рассматривают рабочую, сухую и горючую массы топлива. Рабочая масса топлива состоит из органической части, а также золы и воды, сухая же масса не содержит воды и состоит из органической части и золы. Сухая масса отличается от рабочей количеством воды, содержащейся в топливе. Горючая масса топлива не содержит ни воды, ни золы и состоит только из органической части. При необходимости производят пересчет одною вида топлива в другой с помощью расчетных коэффициентов.  Одной из наиболее важных характеристик топлива, определяющих его тепловую ценность, является удельная теплота сгорания (Q), представляющая собой количество теплоты, выделяемой при полном сгорании I кг (твердого и жидкого) или 1 м3 (газообразного) топлива. Количество теплоты измеряют в калориях или джоулях (1 кал = = 4,1867 Дж, 1 ккал = 4,1867 кДж). При поставках топлива в сопроводительном документе теплоту сгорания подставляют либо к рабочей массе (QР), либо к горючей (QГ). Различают высшую и низшую теплоту сгорания топлива. Высшая теплота сгорания (Qв) получается при наличии в продуктах сгорания топлива воды (содержащейся з топливе и образующейся в результате окисления водорода) в капельно-жидком состоянии, т.е. с учетом теплоты конденсации водяного пара. Низшая (полезная) теплота сгорания (Qн) определяется при наличии в продуктах сгорания топлива водяного пара, т.е. без учета теплоты его конденсации. Таким образом, он является разностью Qв — Qн2о, где Qн2о — теплота конденсации водяного пара, входящего в продукты сгорания. Чем выше содержание в топливе воды и водорода, тем больше разница между выс­шей и низшей теплотой сгорания топлива. Все основные теплотехнические расчеты ведутся по показателям низшей теплоты сгорания топлива на рабочую массе. Однако в ряде случаев в стандартах или в другой документации встречаются значения высшей теплоты сгорания топлива на горючую массу (Qвг ) и показатели теплоты сгорания топлива на горючую массу по «бомбе» (Qбг ).  Qбг характеризует суммарную теплоту сгорания:  -горючей части топлива;  - теплоты парообразования при сгорании во­дорода;  -теплоты при кислотообразовании.  Qбг определяют экспериментально — сжиганием определенного количества топлива в колориметрическом сосуде (бомбе) в атмосфере кислорода.  Кроме экспериментальных способов оценку теплоты сгорания производят расчетным путем по формулам на основании данных элементного состава топлива. Чаще всего для расчета низшей теплоты сгорания топлива на рабочую массу пользуются формулой Д. И. Менделеева:  Qнр = 81С + 244 Н—26 (О—S) — 6W ккал/кг  где, коэффициенты при элементах показывают количество тепла, выделяемого ими при сгорании;  6 — количество тепла, затрачиваемого на превращение в пар 1 г воды.  Теплоту сгорания газообразного топлива определяют как сумму теплоты, получаемых от сгорания отдельных составляющих фракций топлива.  Условное топливо и тепловой эквивалент  Каждый вид топлива имеет различную теплоту сгорания, так как обладает разным элементным составом, физическими и химическими свойствами. Для удобства сопоставления различных видов топлива, замены одного вида топлива другим и т. д. установлено понятие «условное топливо». Теплота сгорания такого эталона условно принята для твердого и жидкого топлива равной 29307 кДж/кг и для газообразного —29,307 кДж/м3(соответственно 7000 ккал/кг и 7000 ккал/м3).  В настоящее время составление заявок на топливо, учет его расходов и запасов ведутся в единицах условного топлива. Для пересчета массы условного топлива в натуральное и наоборот применяют тепловой эквивалент, представляющий собой отношение низшей теплоты сгорания данного натурального топлива к теплоте сгорания условного топлива.  Различают калорийный (Экал) и технический (Этех) топливные эквиваленты.  Калорийный эквивалент определяют по формуле:  Экал=QH P/29307  Экал=QH P/7000  где Qнр и Qнр — теплота сгорания топлива соответственно в кДж/кг и ккал/кг.  Значительно реже при расчетах различных видов топлива, применяемых в котельных установках, пользуются техническим эквивалентом:  Этех= Экал=QH P/29307 hУ  Где hу — к.п.д. котельной установки при сжигании данного топлива.  Пересчет массы натурального топлива (Мн) в условное (Му) производится умножением его массы на тепловой эквивалент: Му***=***Мн Экал.  Важнейшими теплотехническими характеристиками топлива являются: теплота сгорания, влажность, зольность, наличие летучих веществ и серы, степень его крупности, спекаемости, механической прочности, температура размягчения золы.  Основной, как бы интегрирующей, технологической характеристикой топлива является теплота сгорания, которая показывает, какое количество тепла выделяется при сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива или 1м3 газообразного топлива.  Теплота сгорания твердых и жидких топлив определяется с помощью прибора, носящего название калориметрической бомбы, а газообразного топлива - с помощью прибора Юнкерса. Бомба представляет собой стальной герметический сосуд, заполненный кислородом под давлением 3,0 МПа. В сосуде (бомбе) сжигают навеску топлива в 1 гр. Бомбу помещают в сосуд с водой и по приращению температуры воды вследствие выделяемого при сжигании навески топлива тепла определяют теплоту его сгорания.  Теплоту сгорания газообразного топлива определяют в приборе Юнкерса, который представляет собой по существу небольшой водяной котел, в котором сжигают исследуемый газ. Измеряют расход газа, расход воды, разность температур воды на входе и выходе из прибора и определяют теплоту сгорания:  http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image126.gif кДж/кг  С помощью калориметрической бомбы определяется так называемая высшая теплота сгорания топлива http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image128.gif . Высшей теплотой сгорания называется все количество выделившейся теплоты при сгорании 1 кг или 1м3 топлива при превращении водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, в жидкость. Высшая теплота сгорания не дает правильного представления о его практической ценности. Действительной мерой качества топлива служит низшая теплота сгорания http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image130.gif . Она получается путем вычитания из http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image128.gif количества тепла пошедшего на испарение влаги, как имеющейся в топливе (*Wp*), так и образующейся в процессе горении топлива:  http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image132.gif  Теплота сгорания топлив, при известном элементарном составе может быть также рассчитана по формуле Д.И. Менделеева:  http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image134.gif  Числовые коэффициенты в расчетном уравнении подобраны экспериментально и выражают 0,01 теплоты сгорания отдельных составляющих топлива.  Как видно из уравнения, теплота сгорания топлива зависит от его элементарного состава и для каждого вида топлива имеет свое определенное значение.  На практике для сопоставления между собой различных топлив пользуются понятием «условное топливо», под которым подразумевается топливо с теплотой сгорания  http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image136.gif  Пересчет любого топлива в условное производится умножением количества данного топлива на тепловой эквивалент «Э» условного топлива.  http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image138.gif кг/сек. усл. Т  Тепловой эквивалент определяется из выражения:  http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image140.gif (10)  где http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image130.gif - низшая теплота сгорания, http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image060.gif http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image143.gif .  Для тепловых процессов характеризующими являются приведенная влажность и приведенная зольность.  Приведенная влажность определяется по уравнению  http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image145.gif (11)  При http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image147.gif топливо считается маловлажным, т.е. ценным, качественным.  Приведенная зольность вычисляется:  http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image149.gif (12)  При http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image151.gif топливо считается малозольным. Влага и зола являются балластом. Они понижают теплоту сжигания топлив.  При сжигании высоковлажных и высокозольных топлив резко возрастает расход топлива.  Сера содержится в топливе в виде органических соединений http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image153.gif и http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image155.gif , объединенных в летучую серу: http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image157.gif  Сера является нежелательным элементом в топливе, т.к. ее присутствие снижает качество топлива. Сернистые газы ( http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image159.gif и http://poznayka.org/baza1/1089404192598.files/image161.gif ), образующиеся при ее сгорании, разрушающе воздействуют на металл котельного оборудования и отравляют окружающий животный и растительный миры.  Кислород и азот являются внутренним балластом топлива, т.е. не горят и не выделяют теплоты. Кислород связывает часть водорода в топливе, вследствие чего качество топлива обесценивается.  **Горение топлива.** Горение топлива – химическая реакция соединения горючих элементов топлива с окислителем при высокой температуре, сопровождающийся интенсивным выделением теплоты. В качестве окислителя используют кислород воздуха. Процессы горения разделяют на 2 группы: 1). гомогенное горение – горение газообразных горючих (характеризуется системой "газ+газ"); 2). гетерогенное горение – горение твердых и жидких горючих (характеризуется системой "твердое тело+газ" или "жидкость+газ").  Процесс горения может протекать с разной скоростью – от медленного до мгновенного. Медленное горение – самовозгорание твердого топлива при его хранении на складах. Мгновенное горение представляет собой взрыв. В теплоэнергетических установках практическое значение имеет такая скорость реакции, при которой происходит устойчивое горение, т.е. при постоянной подаче в зону горения топлива и окислителя. При этом соотношение концентрации топлива и окислителя должен быть определенным. При нарушении этого соотношения (богатая смесь, бедная смесь) скорость реакции снижается и уменьшается тепловыделение на единицу объема. Горение – это в основном химический процесс, т.к. в результате его протекания происходит качественные изменения состава реагирующих масс. Но в то же время химическая реакция горения сопровождается различными физическими явлениями: перенос теплоты, диффузионный перенос реагирующих масс и др.  Время горения топлива складывается из времени протекания физических (ιфиз) и химических процессов (ιхим): ιгор = ιфиз + ιхим . Время протекания физических процессов состоит из времени, необходимого для смешивания топлива с окислителем (ιсм) и времени, в течении которого топливо – воздушная смесь подогревается до температуры воспламенения (tн): ιфиз = ιсм + ιн . Время горения (ιгор) определяется скоростью наиболее медленнего процесса.  Горение газообразного топлива. Минимальная температура при которой происходит воспламенение смеси, называется температурой воспламенения. Значение этой температуры для различных газов неодинаково и зависит от теплофизических свойств горючих газов, содержания горючего в смеси, условий зажигания, условий отвода теплоты в каждом конкретном устройстве и т.д. Горючий газ в смеси с окислителем сгорает в факеле. Различают два метода сжигания газа в факеле – кинетический и диффузионный. При кинетическом сжигании до начала горения газ предварительно смешивается с окислителем. Газ и окислитель подаются сначала в смешивающее устройство горелки. Горение смеси осуществляется вне пределов смесителя. При этом скорость горения не должна превышать скорости химических реакций горения ιгор = ιхим. Диффузионное горение происходит в процессе смешивания горючего газа с воздухом. Газ поступает в рабочий объем отдельно от воздуха. Скорость процесса будет ограничена скоростью смешивания газа с воздухом ιгор = ιфиз. Кроме этого существует смешанное (диффузионно-кинетическое) горение. При этом газ предварительно смешивается с некоторым количеством воздуха, затем полученная смесь поступает в рабочий объем, где отдельно подается остальная часть воздуха. В топках котельных агрегатов в основном используют кинетический и смешанный способы сжигания топлива.  Горение твердого топлива. Процесс горения состоит из следующих стадий: 1) подсушка топлива и нагревание до температуры начала выхода летучих веществ; 2) воспламенение летучих веществ и их выгорание; 3) нагревание кокса до воспламенения; 4) выгорание горючих веществ из кокса.  Процесс горения жидкого топлива можно разделить на следующие стадии: 1) нагревание и испарение топлива; 2) образование горючей смеси; 3) воспламенение горючей смеси от постороннего источника (искры, раскаленной спирали и т.п.); 4) собственно горение смеси. Определение теоретического и действительного расхода воздуха на горение топлива. Горючие вещества топлива взаимодействуют с кислородом воздуха в определенном количественном соотношении.  Расход кислорода и количество получающихся продуктов сгорания рассчитывают по стехиометрическим уравнениям горения, которые записывают для 1 кмоля каждой горючей составляющей. Стехиометрические уравнения горения горючих составляющих твердого и жидкого топлива имеют вид: углерода  С + О2 = СО2: 12кг С + 32кг О2 = 44кг СО2 ;  1кг С + (32/12)кг О2 = (44/12)кг СО2 ; (16.3)  водорода 2Н2 + О2 = 2Н2О : 4кг Н2 + 32кг О2 = 36кг Н2О ; 1кг Н2 + 8кг О2 = 9кг Н2О  серы S + O2 = SO2 : 32кг S + 32кг O2 = 64кг SO2 ; 1кг S + 1кг O2 = 2кг SO2 ;  Для горения 1 кг углерода, водорода и серы необходимо соответственно 8/3, 8 и 1 кг кислорода. В топливе находится Ср /100 кг углерода, Нр /100 кг водорода, Sл р /100 кг летучей серы и Ор /100 кг кислорода. Тогда для горения 1 кг топлива суммарный расход кислорода будет равен: Мо О2 = (8/3Ср + 8Нр + Sл р - Ор ) / 100 .  Так как массовая доля кислорода в воздухе равна 0,232, то массовое количество воздуха определяется по формуле: Мо = (8/3Ср + 8Нр + Sл р - Ор ) / 100 · 100/23,2 . Мо = 0,115 Ср + 0,345 Нр + 0,043(Sл р - Ор ) .  При нормальных условиях плотность воздуха ρо= 1,293кг/м 3 . Тогда объемное количество воздуха, необходимого для горения 1кг топлива можно рассчитать по следующей формуле: Vо = Мо / со= Мо / 1,293 м 3 /кг. Vо = 0,0889 (Ср + 0,3755Sл р ) + 0,265 Нр – 0,033Ор . (16.8) Для газообразного топлива расход необходимого воздуха Vо определяют из объемных долей горючих компонентов газа с использованием стехиометрических реакций: Н2 + 0,5 О2 = Н2О ; СО + 0,5 О2 = СО2 ; СН4 + 2 О2 = СО2 + 2Н2О ; Н2S+ 1,5О2 = SО2 + Н2О . Теоретическое количество воздуха (м 3 /м 3 ), необходимого для сжигания газа, определяют по формуле: Vо = 0,0476 [0,5СО + 0,5Н2 + 2СН4 + + 1,5Н2S + Σ(m + n/4)CmHn - O2] .  Количество воздуха Vо ,называется теоретически необходимым. То есть Vо представляет собой минимальное количество воздуха, необходимое для обеспечения полного сгорания 1 кг (1м 3 ) топлива при условии, что при горении используется весь содержащийся в топливе и подаваемый вместе с воздухом кислород. В реальных условиях из-за технических трудностей ощущается местный недостаток или избыток окислителя (воздуха), в результате ухудшается полное горение топлива. Поэтому воздух подается в большем количестве по сравнению с его теоретическим количеством Vо . Отношение действительного количества воздуха (Vд), подаваемого в топку, к теоретически необходимому количеству называется коэффициентом избытка воздуха: α = Vд / Vо . (16.10)  Количество продуктов сгорания топлива. При полном сгорании топлива продукты сгорания содержат газы: СО2, S2O, N2, О2 и пары воды Н2О, т. е. СО2 + S2O + N2 + О2 + Н2О = 100 %. Полный объем продуктов сгорания Vг (м 3 /кг) представляет собой сумму объемов сухих газов Vс.г. и водяных паров VН2О : Vг = Vс.г. + VН2О ,  при этом Vс.г. = VRO2 + VN2 + VO2 , где VR2O = VCO2 + VSO2 - объем трехатомных газов, м 3 /кг ; VN2 + VO2 - объем двухатомных газов, м 3 /кг. 1.При αт = 1 1. Для твердых (кроме сланцев) и жидких топлив теоретические объемы (м 3 /кг) продуктов полного сгорания определяются по формулам:  а). объем двухатомных газов : Vo N2 = 0,79Vo + 0,8No /100 ;  б). объем трехатомных газов : VRO2 = 0,0187(Ср + 0,375 Sр л) ; (16.13) в). объем сухих газов : Vo с.г. = VRO2 + Vo N2 = = 0,0187 (Ср + 0,3753 Sр л) + 0,79Vo + 0,8No /100; ( г).  объем водяных паров : Vo Н2О = 0,0124(9Нр + Wр ) + 0,0161Vo ; .  полный объем продуктов сгорания : Vo г = Vo с.г. + Vo Н2О = 0,0187 (Ср + 0,3753 Sр л) + 0,79Vo + 0,8No /100 +0,0124(9Нр + Wр ) + 0,0161Vo ;  2. Для сланцев объем трехатомных газов определяется по формуле : VRO2К = VRO2 + [0,509(СО2) р к / 100] К = 0,0187(Ср + 0,375 Sр л) [0,509(СО2) р к / 100] К , (16.17) где К - коэффициент разложения карбонатов: при слоевом сжигании К= 0,7 ; при камерном- 1,0 .  3. Для газообразного топлива теоретические объемы продуктов сгорания (м 3 /м 3 ) определяются по формулам: а). объем двухатомных газов Vo N2 = 0,79 Vo + N2 / 100 ;  б). объем трехатомных газов VRO2 = 0,01[СO2 + СО + Н2S + ΣmCmHn] ; (16.19) в). объем сухих газов : Vo с.г. = VRO2 + Vo N2 ;  объем водяных паров Vo H2O = 0,01[Н2S + Н2 + Σ(n/2)CmHn + 0,124dг + 0,0161Vo , где dг - влагосодержание газообразного топлива, отнесенное к 1 м 3 сухого газа, г/м 3 ; д). полный объем продуктов сгорания Vo г = Vo с.г. + Vo Н2О .  Б. При αт 1 1. Для твердых (кроме сланцев), жидких к газообразных топлив объемы продуктов полного сгорания (мД/кг) определяются по формулам: а). объем сухих газов : Vс.г. = Vo с.г. + (αт - 1)Vo = VRO2 + Vo N2 + (αт - 1)Vo ;  б).объем водяных паров : VH2O = Vo H2O + 0,0161(αт - 1)Vo ; (16.24) в). полный объем продуктов сгорания определяется по  2. Для сланцев полный объем продуктов сгорания (м 3 /кг) : Vг.к. = VRO2к + Vo N2 + VH2O = VRO2к + Vo N2 + 0,0124(9Нр + Wр ) + 0,0161αтVo .  Содержание СО2, S2O и RO2 в сухих газах при полном сгорании топлива определяется по формулам: СО2 = (VCO2 / Vс.г.) ; (16.26) S2O = (VSO2 / Vс.г.) ;  (RO2 = (VRO2 / Vс.г.) .  Максимальное содержание (%) трехатомных газов RO2 max в сухих газах при полном сгорании топлива: RO2 max = 21 / (1 + β),  β - характеристика топлива; для твердого и жидкого : β = 2,35 (Нр - 0,126Ор + 0,04Nр ) / (Ср + 0,375Sр л) ;  для газообразного : β = 0,21 (0,01N2 + 0,79Vo ) / VRO2 - 0,79 . (16.31) Содержание (%) азота N2, и кислорода, в сухих газах и полном сгорании топлива: N2 = 100 - RO2 - O2 ; (16.32) O2 = 21 - βRO2 - RO2 .  Масса продуктов сгорания.  а). Для твердого (кроме сланцев) и жидкого топлива (кг/кг) : Мг = 1 - 0,01Ар + 1,306αтVo ;  б). для газообразного топлива (кг/м 3 ) : Мг = ρс г.т. + 0,001d г.т. + 1.306αтVo ,  ρс г.т. - плотность сухого газа, кг/м 3 ; d г.т. - содержание влаги в топливе, кг/м 3 ; в). для сланцев (кг/кг): Мг.к. = 1- 0,01Ар к + 1,306αтVo + 0,01(СО2) р кК , (16.36) где Ар к - расчетное содержание золы в топливе с учетом неразложившихся карбонатов, %, К - коэффициент разложения карбонатов: при слоевом сжигании К == 0,7, при камерном - 1,0. Расчетное содержание (%) золы в топливе с учетом неразложившихся карбонатов: Ар к = Ар +(1 - К) (СО2) р к .  Для твердых топлив концентрация золы в продуктах сгорания определяется по формуле: ηзл = Ар аун / (100 Мг) , (16.38) где аун - доля золы топлива, уносимой продуктами сгорания. Коэффициент избытка воздуха в топке. При полном сгорании топлива коэффициент избытка воздуха в топке определяется по формуле: αт = 21 / (21 - 79 O2 / N2) , где O2 и N2 - содержание кислорода и азота в газа  **Основы теории теплообмена**... Теория теплообмена изучает процессы распространения теплоты в твердых, жидких и газообразных телах. Перенос теплоты может передаваться тремя способами: теплопроводностью; конвекцией; излучением (радиацией). Процесс передачи теплоты теплопроводностью происходит при непосредственном контакте тел или частицами тел с различными температурами и представляет собой молекулярный процесс передачи теплоты. При нагревании тела, кинетическая энергия его молекул возрастает и частицы более нагретой части тела, сталкиваясь с соседними молекулами, сообщают им часть своей кинетической энергии. Конвекция – это перенос теплоты при перемещении и перемешивании всей массы неравномерно нагретых жидкости или газа. При этом, перенос теплоты зависит от скорости движения жидкости или газа прямо пропорционально. Этот вид передачи теплоты сопровождается всегда теплопроводностью. Одновременный перенос теплоты конвекцией и теплопроводностью называется конвективным теплообменом. В инженерных расчетах часто определяют конвективный теплообмен между потоками жидкости или газа и поверхностью твердого тела. Этот процесс конвективного теплообмена называют конвективной теплоотдачей или просто теплоотдачей.  Процесс передачи теплоты внутренней энергии тела в виде электромагнитных волн называется излучением (радиацией). Этот процесс происходит в три стадии: превращение части внутренней энергии одного из тел в энергию электромагнитных волн, распространение э/м волн в пространстве, поглощение энергии излучения другим телом. Совместный теплообмен излучением и теплопроводностью называют радиационно- кондуктивным теплообменом. Совокупность всех трех видов теплообмена называется сложным теплообменом. Процессы теплообмена могут происходит в различных средах: чистых веществах и разных смесях, при изменении и без изменения агрегатного состояния рабочих сред и т.д. В зависимости от этого теплообмен протекает по разному и описывается различными уравнениями. Процесс переноса теплоты может сопровождаться переносом вещества (массообмен). Например испарение воды в воздух, движение жидкостей или газов в трубопроводах и.т.п. и.т.д. Тогда процесс теплообмена усложняется, так как теплота дополнительно переносится с массой движущегося вещества. Т |
|  |  |

**1.3 Примеры выполнения заданий.**

**Задание 1**

**Расчет горения топлива**

1.1 Определение состава смеси природного и доменного газов:

В табл. 1.1, представлен процентный состав сухих газов.

Таблица 1.1

Состав сухих газов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | CO | CO2 | CH4 | C2H4 | C5H12 | H2 | O2 | N2 | ∑ |
| 1 | Природный газ | 0,83 | 1,07 | 93,18 | 1,15 | 1,17 | 1,25 | 0,74 | 0,61 | 100 |
| 2 | Доменный газ | 30,0 | 10,19 | 0,41 | 0 | 0 | 1,40 | 0,37 | 57,63 | 100 |

Состав влажных газов можно определить по формуле:

 , (1.1)

где Хвл – влажный элемент газа;

Хсух – сухой элемент газа;

W – влажность газов, г/м3.

Принимая влажность коксового газа равной Wкокс=18 г/м3, а влажность доменного газа Wдом=24 г/м3, рассчитаем состав влажных газов исходной смеси. Результаты расчета представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Состав влажных газов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | CO | CO2 | CH4 | C2H4 | C5H12 | H2 | O2 | H2O | N2 | ∑ |
| Коксовый газ | 5,74 | 2,26 | 50,28 | 20,14 | 16,68 | 1,45 | 1,27 | 0 | 0,61 | 100 |
| Доменный газ | 26,56 | 8,98 | 3,24 | 1,07 | 57,26 | 0 | 0 | 3,13 | 55,83 | 100 |

Низшую теплоту сгорания газов находим по формуле:

Qнр =127,7СО+108Н2+358СН4+590С2Н4+1465C5H12, (1.2)

где Qнр – низшая теплота сгорания газов, кДж/м3.

Принимая состав влажных газов, приведенный в табл. 1.2, получим низшую теплоту сгорания коксового и доменного газов:

Qнр. прир=35991,98(кДж/м3)

Qнр. дом=3999,82(кДж/м3)

Теплота сгорания смеси коксового и доменного газов:

Qнр. см=18226 (кДж/м3)

Рассчитываем процентный состав смешанного газа. Результаты расчета приведены в табл. 1.3.

Состав смеси газов находим по формуле:

хсм=хприра+xдом(1-а), (1.3)

где Хсм – продукт смеси;

Хприр – продукт природного газа;

Хдом – продукт доменного газа;

а – коэффициент, который рассчитывается по формуле:

. (1.4)



Таблица 1.3

Состав смеси газов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | CO | CO2 | CH4 | C2H4 | C5H12 | H2 | O2 | H2O | N2 | ∑ |
| Смесь | 16,51 | 5,96 | 41,66 | 0,51 | 0,52 | 1,31 | 0,53 | 1,74 | 31,27 | 100 |

1.2 Определение расхода воздуха для сжигания топлива:

Расход кислорода для сжигания смешанного газа рассматриваемого состава при коэффициенте расхода воздуха α=1,0 находим по формуле:

, (1.5)

где Vo2 – расход кислорода при коэффициенте расхода воздуха α=1,0, м3/м3.

 (м3/м3)

Расход сухого воздуха при α=1,2, находим по формуле:

, (1.6)

где k – отношение объемных содержаний N2 и O2 в дутье (для воздуха k=79/21=3,762);

α – коэффициент расхода воздуха.

VВ=1,2·(1+3,762)·0,98=5,60 (м3/м3)

1.3 Определение состава продуктов сгорания:

Состав продуктов сгорания, находим по формулам:

,

где - объем СО2. (1.7)

=0,01·(5,96+16,51+41,66+2·0,51+5·0,51)=0,68 (м3/м3) (1.8)

,

где - объем Н2О.

=0,01·(1,74+1,31+0,5·(4·41,66+4·0,51+12·0,52))=0,91(м3/м3)

 (1.9)

где - объем N2.

=0,01·31,27+1,2·3,762·0,98=4,73(м3/м3)

 (1.10)

где - объем О2.

=(1,2-1)·0,98=0,20(м3/м3)

Суммарный объем продуктов сгорания, определяем по формуле:

 (1.11)

где - объем продуктов сгорания.

=0,68+0,91+4,73+0,20=6,51 (м3/м3)

Процентный состав продуктов сгорания:



Правильность расчета проверяем составлением материального баланса:

Таблица 1.4

Материальный баланс

|  |  |
| --- | --- |
| Поступило, кг: | Получено продуктов сгорания, кг: |
| СО 0,165·1,250=0,21  СО2 0,060·1,963=0,12  СН4 0,417·0,716=0,30  С2Н4 0,005·1,25=0,01  С5Н12 0,005·3,21=0,02  Н2 0,013·1,09=0,001  О2 0,005·1,428=0,01  Н2О 0,017·0,804=0,01  N2 0,313·1,25=0,39 | СО2 0,68·1,963=1,33  Н2О 0,91·0,804=0,73  О2 0,20·1,428=0,28  N2 4,73·1,25=5,92 |
| Всего 1,06  Воздух 5,60·1,29=7,22 | Всего 8,25 |
| Итого 8,28 | Невязка 0,02 |

1.4 Определение действительной температуры горения**:**

Для определения калориметрической температуры горения необходимо найти энтальпию продуктов сгорания, которая определяется по формуле:

****, (1.12)

где iВ=395,42 – энтальпия воздуха при tВ=300 0С;

iг=148,03 – энтальпия газа при tГ=100 0С;

VВ – объем воздуха.

 (кДж/м3)

 (1.13)

где tк – калориметрическая температура;

- энтальпия СО2 при данной tк;

- энтальпия Н2О при данной tк;

- энтальпия N2 при данной tк;

- энтальпия О2 при данной tк;

- объем СО2;

- объем Н2О;

- объем N2;

- объем О2;

- объем продуктов сгорания.

Зададим температуру t`к=1900 0С и при этой температуре по формуле, которая приведена ниже, находим энтальпию продуктов сгорания, используя [1]:

 (кДж/м3)

По этой же формуле находим энтальпию при температуре t``=2000 0С:

 (кДж/м3)

Определяем калориметрическую температуру горения смешенного газа, рассматриваемого состава в заданных условиях, для этого используем формулу:

 (1.14)

где - калориметрическая температура горения смешанного газа;

=20000С – калориметрическая температура;

- энтальпия продуктов сгорания;

- энтальпия продуктов сгорания при =20000С;

- энтальпия продуктов сгорания при =19000С.

 (0С)

Приняв пирометрический коэффициент равным , находим действительную температуру горения топлива по формуле:

tдейст.= ⋅tк (1.15)

tдейст.=0,75·1909,604=1432,203(0С)

**Задание №2**

**Расчет сопротивлений в дымоходе и определение высоты трубы**

Расчёт сопротивления в дымоходе и определение высоты трубы.

1. Определить высоту кирпичной дымовой трубы, если известно: условная продуктов горения на выходе из трубы ωо2 = 3 м/с; плотность окружающего воздуха γок = 1,29 кг/м³; падение температуры газов на 1 м высоты у кирпичных труб 1,5°С/м; диаметр основания 1,5 dy; предварительная высота трубы по приближенной формуле Н1 = (20 – 25) dy.
2. Начертить эскиз дымовой трубы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Удельный расход продуктов горения, Vо, м³/с | Суммарные потери давления до трубы, ∑Рпот, Па | Температура дымовых газов до трубы, Т1г, °С | Плотность продуктов горения, γог, кг/м³ |
|  |  |  |  |  |

**Решение.**

1. Определяем высоту кирпичной дымовой трубы.

Площадь сечения устья трубы

Fу = Vo/ωо2 = 10/3 = 3,333 м³.

Диаметр устья трубы

dy = √4 Fу/π = √4\*3,333/3,14 = 2,06 м.

Ориентировочная высота трубы

Н1 = 25dy = 25\*2,06 = 51,5 м.

Диаметр основания

dосн = 1,5 dy = 1,5\*2,06 = 3,09 м.

Площадь основания

Fосн = 3,14\*3,09²/4 = 7,495 м².

Скорость продуктов горения у основания трубы

ωо1 = Vо/ Fосн = 10/7,495 = 1,334 м/с.

Средняя скорость продуктов горения в трубе

ωоср = (3,0 + 1,334)/2 = 2,167 м/с.

Средний диаметр трубы

dср = (2,06 + 3,09)/2 = 2,575 м.

Температура продуктов горения на выходе из трубы

t2г = t1г – 1,5Н1 = 700 – 1,5\*51,5 = 622,75 °С.

Средняя температура продуктов горения в трубе

tср.г = (t1г + t2г)/2 = (700 + 622.75)/2 = 661,375 °С.

Потери давления на сужении продуктов горения в трубе

(ω²о2 - ω²о1) γог(1 + βtср.г)/2 = (3² - 1,334²)1,21(1 + 661,375/273)/2 = 14,948 Па.

Потери давления на выход продуктов горения из трубы

ω²о2γог(1 + βt2г)/2 = 3² \* 1,21(1 + 622,75/273)/2 = 17,866 Па.

Среднее динамическое давление продуктов горения в трубе

ω²осрγог(1 + βtср.г)/2 = 2,167² \* 1,21(1 + 661,375/273)/2 = 9,720 Па.

Средняя плотность продуктов горения в трубе

γtг = γог/(1 + βtср.г) = 1,21/(1 + 661,375/273) = 0,354 кг/м³.

Высота трубы

1,3\*300 = Н(1,29 – 0,354)\*9,81 – 14,948 – 17,866 – 0,05Н\*9,720/2,575;

Н = 16,372, принимаем высоту 16 м.

**Задание №3**

**Расчет теплопередачи через многослойную стенку**

Расчёт теплопередачи через многослойную стенку.

1. Определить поверхностную плотность теплового потока через плоскую трёхслойную стенку: из шамота, диатомита и шлаковой ваты, а так же определить температуру на границах слоёв, температура окружающего воздуха равна 30°С.
2. Построить графики распределения температуры.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | t г. в печи, °С | α1, Вт/мк | α2, Вт/мк | S1 шам, м | S2 диат, м | S3 ш.в, м | λ1, Вт/мк | λ2, Вт/мк | λ3, Вт/мк | t2, °С | t3, °С | t4, °С | t5, °С |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Решение**

1. Полагая температуру на наружной поверхности печи равной 100°С и принимая распределение температуры по толщине кладки линейным, из элементарных геометрических соотношений находим температуры на границах раздела слоёв.

tш-д = tнар + (tкл – tнар){(S2 + S3)/(S1 + S2 + S3)} = 100 + (1000 – 100)/{(0,23 + 0,15)/0,35 + + 0,23 + 0,15)}= 568,493°С.

tд-в = tнар + (tкл – tнар){ S3/(S1 + S2 + S3)} = 100 + (1000 – 100){0,15/(0,35 + 0,23 + 0,15)} = = 284,931°С

При средней температуре слоя шамота

tш = (tкл + tш-д)/2 = (1000 + 568,493)/2 = 784,247°С

Коэффициент теплопроводности шамота равен

λш = 0,88 + 0,00023 tш = 0,88 + 0,00023\*784,247 = 1,06 Вт/мк

При средней температуре слоя диатомита

tд = (tш-д + tд-в)/2 = (568,493 + 284,931)/2 = 426,712°С

Коэффициент теплопроводности диатомита равен

λд = 0,166 + 0,00015 tд = 0,166 + 0,00015\*426,712 = 0,18 Вт/мк

При средней температуре слоя шлаковой ваты

tв = (tд-в + tнар)/2 = (284,931 + 100)/2 = 192,466°С

Коэффициент теплопроводности шлаковой ваты

λв = 0,048 + 0,00014 tв = 0,048 + 0,00014\*192,466 = 0,075 Вт/мк

Коэффициент теплопередачи через трёхслойную стенку равна

k = 1/(1/α1 + S1/λ1 + S2/λ2 + S3/λ3 + 1/α2) = 1/(1/210 + 0,35/1,06 + 0,23/0,18 + 0,15/0,075+ +1/20) = 0,273 Вт/мк

Поверхностная плотность теплового потока

q = k(t1 –tв) = 0,273(1000 – 30) = 264,81 Вт/м²

Температуру внутренней поверхности стенки определяем из уравнения q = α(t1 –t2); тогда

t2 = t1 – q/α1 = 1000 – 264,81/210 = 998,739°С.

Температура на границах шамотного и диатомитового слоёв

t3 = t2 – qs1/λ1 = 998,739 – 264,81\*0,35/1,06 = 911,302°С

Температура на границе диатомита и шлаковой ваты

t4 = t3 – qs2/λ2 = 911,302 – 264,81\*0,23/0,18 = 572,934°С

Температура внешнего слоя стенки печи

t5 = t4 – qs3/λ3 = 572,934 – 264,81\*0,15/0,075 = 43,314°С

**Задание №4**

**Расчет продолжительности нагрева термически тонкого тела**

Расчёт продолжительности нагрева тонкого тела.

1. Определить время нагрева отливки от начальной до конечной температуры.
2. Определить температуру отливки через 3 минуты после загрузки в печь.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Мат. отливки | dотл, мм | lотл, мм | tнач, °С | tкон, °С | tпечи, °С | εотл | εстенки |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Определяем время нагрева отливки от начальной до конечной температуры.

Приведённая степень черноты системы печь – отливка

εп = 1/(1/εпеч + 1/εм – 1) = 1/(1/0,75 + 1/0,8 – 1) = 0,632.

Коэффициент теплопередачи в начальный период нагрева

αн = εпСо{(Тпеч/100)⁴ – (Тн/100)⁴ }/(tпеч – tн) = 0,632\*5,7[{(1000 + 273)/100]⁴ – [(20 + +273)/100]⁴ }/(1000 – 20) = 96 Вт/(м²К).

Коэффициент теплопередачи в конце нагрева

αк = εпСо{(Тпеч/100)⁴ – (Тк/100)⁴ }/(tпеч – tк) = 0,632\*5,7 [{(1000 + 273)/100]⁴ - [(700 + +273)/100]⁴ }/(1000 – 700) = 207 Вт/(м²К).

Средний коэффициент теплопередачи за период нагрева

αср = (αн + αк)/2 = (96 + 207)/2 = 152 Вт/(м²К).

Расчётная толщина нагреваемого тела

S = 0,5d = 0,5\*0,02 = 0,01 м.

Теплопроводность для углеродистой стали при 700°С λ = 31,9 Вт/(м²К) (приложение 4)

Вi = αs/λ = 152\*0.01/31,9 = 0,048,

т.е. нагреваемая отливка представляет собой термически тонкое тело.

Масса отливки

m = πd²lγ/4 = 3,14\*0,02²\*0,8\*7800/4 = 1,959 кг.

При расчёте площади поверхности отливки торцы не учитываем:

F = πdl = 3,14\*0,02\*0,8 = 0,05 м².

Время нагрева отливки [удельная теплоёмкость стали при 700°С 628 Дж/(кг\*К), приложение 4]:

ে = (mc/Fα)In[(tпеч – tн)/(tпеч – tк)] = (1,959\*628/0,05\*152)In[(1000 – 20)/(1000 – 700)] =

= 191,59 с = 3,2 мин

1. Определяем температуру отливки через 3 минуты после загрузки в печь

tк = tпеч – (tпеч – tн)е-Fαে/(mc) = 1000 – (1000 – 20)\*2,7-0,05\*152\*180/(1,959\*628) = 676°С

**Задание №5**

**Расчет продолжительности термически массивного тела**

Расчёт продолжительности нагрева термически массивного тела.

Определить продолжительность нагрева заготовок.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | Форма заготовки | Размер, мм | Укладка | tнаг, °С | tнач, °C | Материал |
|  |  |  |  |  |  |  |

**Решение**

Принимаем, что температура в рабочем пространстве печи 1400°С.

1. Определяем среднюю температуру металла

tср =(tнач + tкон)/2 = (20 + 1200)/2 = 610°С,

коэффициент теплопроводности λ = 35 Вт/(м²К), коэффициент температуропроводности а = 0,0000076 м2/с или 7,6\*10-6 м2/с. Средний коэффициент теплопередачи α = 209,051

1. Расчётная толщина заготовки

S = 0,5d = 0,5\*0,09 = 0,045 м.

1. Число Вi

Вi = αS/λ = 209,051\*0,045/35 = 0,269

1. Находим температуру для поверхности металла

Θпов = (tпеч – tк)/(tпеч – tн) = (1400 – 1200)/(1400 – 20) = 0,145

1. По номограмме находим значение Fо = аτ/S = 8, откуда

τ = Fо S2/а = 8\*0,0452/7,6\*10-6 = 2105,263 с = 0,584 часа

**2.Задания для контрольной работы.**

Для получения аттестации по дисциплине «Теплотехника» необходимо выполнить домашнюю контрольную работу, сдать дифференцированный зачет.

Темы, изучаемые по дисциплине Теплотехника:

1.Топливо металлургических печей и расчеты горения

2. Основы теории печей

3. Основы теплопередачи

4.Тепловой баланс печей

5. Материалы для сооружения печей

6. Нагрев материалов в печах

Методические указания для выполнения **ДКР:**

* ДКР состоит из 5 заданий. Количество вариантов — 22 .
* Номер варианта выбирается по **номеру в контрольном списке журнала.**
* Текст заданий необходимо переписать.
* Обязательно проставляются единицы измерения.
* Решение заданий завершается выводом.
* Сокращения слов не допускаются.
* Необходимо указать список использованной литературы.
* Работа выполняется на формате А 4 вручную или в печатном варианте
* На проверку ДКР сдается не позднее двух недель до начала сессии.

Контрольная работа засчитывается, если соблюдены все требования и задания выполнены верно.

***Желаем Вам успехов в самостоятельном изучении материала***

***и решение предложенных заданий!***

**2. Задания для домашней контрольной работы**

**ЗАДАНИЕ № 1**

**Расчет горения топлива**

1. Произвести расчет горения топлива.
2. Определить теплоту сгорания.
3. Составить материальный баланс горения.
4. Рассчитать температуру горения топлива.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Состав, % | | | | | | | | | |
|  | **CH4** | **C2H6** | **C3H8** | **C4H10** | **H2S** | **N2** | **H2** | **CO2** | **W** | **n\*** |
| 1 | 86,44 | 6,13 | 2,99 | 1,34 | 1,54 | 0,43 | - | 0,87 | 0,26 | 1,04 |
| 2 | 95,40 | 0,80 | - | 1,80 | - | 1,20 | - | 0,10 | 0,70 | 1,15 |
| 3 | 89,90 | 3,10 | 0,90 | 0,40 | - | 5,20 | - | 0,30 | 0,20 | 1,05 |
| 4 | 89,80 | 3,20 | 1,30 | - | 1,00 | 4,00 | - | 0,70 | - | 1,10 |
| 5 | 36,00 | 2,10 | 2,90 | 5,00 | - | 7,00 | 42,00 | 5,00 | - | 1,10 |
| 6 | 21,20 | 0,80 | 0,60 | 6,30 | - | 4,70 | 63,00 | 2,60 | 0,80 | 1,05 |
| 7 | 24,20 | 1,30 | 0,90 | 4,20 | - | 5,80 | 60,70 | 2,20 | 0,70 | 1,10 |
| 8 | 93,20 | 0,80 | 0,90 | 0,70 | 0,20 | 4,20 | - | - | - | 1,05 |
| 9 | 77,80 | 4,70 | 1,90 | 0,90 | 1,00 | 13,50 | - | 0,20 | - | 1,08 |
| 10 | 97,80 | 0,55 | 0,20 | 0,10 | - | 1,30 | - | 0,05 | - | 1,09 |
| 11 | 93,50 | 4,30 | 1,20 | 0,50 | - | 0,40 | - | 0,10 | - | 1,10 |
| 12 | 91,80 | 5,50 | 1,40 | 0,70 | - | 0,30 | - | 0,30 | - | 1,06 |
| 13 | 88,00 | 1,90 | 0,20 | 0,30 | - | 9,30 | - | 0,30 | - | 1,05 |
| 14 | 95,50 | 1,00 | 0,20 | 0,10 | - | 3,10 | - | 0,10 | - | 1,02 |
| 15 | 83,44 | 6,13 | 2,99 | 1,28 | - | 0,43 | 5,36 | 0,37 | - | 1,04 |
| 16 | 42,40 | 13,0 | 21,5 | 8,30 | 2,80 | 11,00 | - | 1,00 | - | 1,03 |
| 17 | 22,50 | 3,70 | 4,20 | 0,80 | 0,40 | 7,70 | 57,50 | 2,30 | 0,90 | 1,10 |
| 18 | 85,00 | 2,80 | 9,30 | 1,20 | 0,20 | 0,80 | - | 0,70 | - | 1,20 |
| 19 | 88,80 | 5,40 | 4,09 | 1,10 | 0,20 | 0,02 | - | 0,39 | - | 1,05 |
| 20 | 83,60 | 5,90 | 3,60 | 5,30 | 0,70 | 0,50 | - | 0,40 | - | 1,10 |
| 21 | 92,20 | 2,90 | 0,80 | 3,00 | 0,20 | 0,60 | - | 0,30 | - | 1,05 |
| 22 | 89,70 | 4,10 | 0,40 | 3,60 | 0,30 | 1,70 | - | 0,20 | - | 1,04 |

# \* n - коэффициент избытка воздуха

# 

**Задание № 2**

**Расчет сопротивлений в дымоходе и определение высоты трубы**

1. Определить высоту кирпичной дымовой трубы, если известно:

- условная скорость продуктов горения на выходе из трубы V02=(2,5…3) м/с;

* плотность окружающего воздуха γов=1,29 кг/м3
* падение температуры газов на 1м высоты у кирпичных труб (1,5…1,6) С/м;
* dосн = 1,5dу;
* Предварительная высота трубы по приближенной формуле:

Н1 =(20…25)dу , м

1. Вычертить эскиз дымовой трубы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | удельный расход продуктов горения  Vо м3/с | суммарные потери давления до трубы  ΣРпот. Па | температура дымовых газов до трубы  t1 г, °С | плотность продуктов горения  γо г, кг/м3 |
|  |  |  |  |  |
| 1 | 12 | 300 | 800 | 1,22 |
| 2 | 9 | 500 | 600 | 1,21 |
| 3 | 15 | 200 | 1000 | 1,20 |
| 4 | 11 | 250 | 500 | 1,22 |
| 5 | 10 | 300 | 700 | 1,21 |
| 6 | 8 | 250 | 700 | 1,21 |
| 7 | 5 | 100 | 600 | 1,22 |
| 8 | 14 | 170 | 500 | 1,22 |
| 9 | 13 | 200 | 1000 | 1,20 |
| 10 | 12 | 100 | 900 | 1,20 |
| 11 | 10 | 150 | 800 | 1,21 |
| 12 | 9 | 30 | 1000 | 1,20 |
| 13 | 12 | 300 | 800 | 1,22 |
| 14 | 9 | 500 | 600 | 1,21 |
| 15 | 15 | 200 | 1000 | 1,20 |
| 16 | 11 | 250 | 500 | 1,22 |
| 17 | 10 | 300 | 700 | 1,21 |
| 18 | 8 | 250 | 700 | 1,21 |
| 19 | 5 | 100 | 600 | 1,22 |
| 20 | 14 | 170 | 500 | 1,22 |
| 21 | 13 | 200 | 1000 | 1,20 |
| 22 | 12 | 100 | 900 | 1,20 |
| 23 | 10 | 150 | 800 | 1,21 |
| 24 | 9 | 30 | 1000 | 1,20 |
| 25 | 12 | 300 | 800 | 1,22 |
| 26 | 9 | 500 | 600 | 1,21 |
| 27 | 15 | 200 | 1000 | 1,20 |
| 28 | 11 | 250 | 500 | 1,22 |

#### ЗАДАНИЕ № 3

**Расчет теплопередачи через многослойную стенку**

1. Определить поверхностную плотность теплового потока через плоскую трехслойную стенку из шамота, диатомита и шлаковой ваты, а также определить температуру на границах слоев. Температура окружающего воздуха **tв** = 300С.
2. Построить графики распределения температур.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | t0газов в печи, 0С | α1,  Вт/м К | α2,  Вт/м К | S1,  м  шамот | S2,  м  диатомит | S3,  м  шл.вата | λ1,  Вт/м К | λ2,  Вт/м К | λ3,  Вт/м К | t2,  0С | t3,  0С | t4,  0С |
| 1 | 900 | 200 | 20 | 0,23 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 1000 | 180 | 30 | 0,35 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 1100 | 210 | 15 | 0,35 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 1200 | 200 | 25 | 0,35 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 1000 | 210 | 20 | 0,35 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 900 | 180 | 25 | 0,23 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 7 | 800 | 210 | 20 | 0,23 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 700 | 190 | 15 | 0,23 | 0,11 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 9 | 600 | 210 | 20 | 0,23 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 100 | 200 | 25 | 0,35 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 11 | 1100 | 210 | 20 | 0,35 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 12 | 1200 | 200 | 25 | 0,35 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 1000 | 220 | 25 | 0,35 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 14 | 900 | 190 | 20 | 0,23 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 15 | 800 | 210 | 25 | 0,23 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 16 | 900 | 200 | 20 | 0,23 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 17 | 1000 | 180 | 30 | 0,35 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 18 | 1100 | 210 | 15 | 0,35 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 19 | 1200 | 200 | 25 | 0,35 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 20 | 1000 | 210 | 20 | 0,35 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 21 | 900 | 180 | 25 | 0,23 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 22 | 800 | 210 | 20 | 0,23 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |
| 23 | 700 | 190 | 15 | 0,23 | 0,11 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 24 | 600 | 210 | 20 | 0,23 | 0,23 | 0,10 |  |  |  |  |  |  |
| 25 | 100 | 200 | 25 | 0,35 | 0,23 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |

**ЗАДАНИЕ № 4**

**Расчет продолжительности нагрева термически тонкого тела**

1. Определить время нагрева отливки от начальной до конечной температуры. Нагрев конвекцией не учитывать.
2. Определить температуру отливки через 5 мин. ( все четные варианты ), через 3 мин ( нечетные варианты) после загрузки в печь.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Материал отливки | р-р  отливки  мм | длина  отливки  мм | tнач 0C | tкон  0C | tпечи  0C | εотл | εстенки |
| 1 | сталь | ∅100 | 1000 | 20 | 800 | 1200 | 0,8 | 0,7 |
| 2 | чугун | ∅50 | 500 | 20 | 600 | 1000 | 0,85 | 0,75 |
| 3 | сталь | 20 | 200 | 20 | 600 | 1100 | 0,85 | 0,75 |
| 4 | чугун | 50 | 300 | 20 | 900 | 1200 | 0,8 | 0,75 |
| 5 | сталь | ∅20 | 800 | 20 | 700 | 1000 | 0,8 | 0,75 |
| 6 | чугун | ∅70 | 100 | 20 | 800 | 1250 | 0,85 | 0,7 |
| 7 | сталь | 30 | 500 | 20 | 500 | 1100 | 0,8 | 0,75 |
| 8 | чугун | 40 | 600 | 20 | 600 | 900 | 0,85 | 0,8 |
| 9 | сталь | ∅25 | 700 | 20 | 700 | 1300 | 0,8 | 0,7 |
| 10 | чугун | ∅65 | 800 | 20 | 800 | 1200 | 0,9 | 0,8 |
| 11 | сталь | 60 | 900 | 20 | 900 | 1250 | 0,8 | 0,7 |
| 12 | чугун | 70 | 300 | 20 | 400 | 800 | 0,9 | 0,8 |
| 13 | сталь | ∅15 | 100 | 20 | 500 | 900 | 0,8 | 0,65 |
| 14 | чугун | ∅10 | 500 | 20 | 600 | 1000 | 0,9 | 0,8 |
| 15 | сталь | 80 | 100 | 20 | 700 | 1100 | 0,8 | 0,7 |
| 16 | чугун | 100 | 50 | 20 | 800 | 1200 | 0,9 | 0,85 |
| 17 | сталь | ∅10 | 500 | 20 | 900 | 1300 | 0,8 | 0,7 |
| 18 | чугун | ∅90 | 200 | 20 | 600 | 1000 | 0,9 | 0,85 |
| 19 | сталь | 10 | 500 | 20 | 700 | 1100 | 0,8 | 0,7 |
| 20 | чугун | ∅90 | 100 | 20 | 800 | 1200 | 0,9 | 0,8 |
| 21 | сталь | ∅60 | 700 | 20 | 900 | 1250 | 0,8 | 0,7 |
| 22 | чугун | ∅40 | 300 | 20 | 600 | 1100 | 0,9 | 0,75 |
| 23 | сталь | 65 | 400 | 20 | 700 | 1200 | 0,8 | 0,8 |
| 24 | чугун | 70 | 200 | 20 | 800 | 1100 | 0,9 | 0,85 |
| 25 | сталь | 20 | 200 | 20 | 600 | 1100 | 0,85 | 0,75 |
| 26 | чугун | 40 | 600 | 20 | 600 | 900 | 0,85 | 0,8 |
| 27 | сталь | ∅15 | 100 | 20 | 500 | 900 | 0,8 | 0,65 |
| 28 | чугун | ∅40 | 300 | 20 | 600 | 1100 | 0,9 | 0,75 |

**ЗАДАНИЕ № 5**

**Расчет продолжительности нагрева термически массивного тела**

## Определить продолжительность нагрева заготовок.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Форма заготовки | Размер,  мм | Укладка | Температура нагрева, t, 0С | Нач. температура,  tнач., 0C | Материал |
| 1 | d ( ∅ ) | 100 | вплотн. | 1250 | 20 | ст20 |
| 2 | a ( ) | 50 | зазор | 800 | 20 | 38ХС |
| 3 | d ( ∅ ) | 70 | вплотн. | 900 | 20 | ст3кп |
| 4 | a ( ) | 20 | зазор | 1100 | 20 | ст30 |
| 5 | d ( ∅ ) | 90 | вплотн. | 1200 | 20 | 09Г2 |
| 6 | a ( ) | 150 | зазор | 1250 | 20 | Х18Н10Т |
| 7 | d ( ∅ ) | 200 | вплотн. | 1100 | 20 | ст45 |
| 8 | a ( ) | 100 | зазор | 1000 | 20 | 25Г2С |
| 9 | d ( ∅ ) | 200 | вплотн. | 1200 | 20 | 40Х |
| 10 | a ( ) | 100 | зазор | 100 | 20 | 12ГС |
| 11 | d ( ∅ ) | 50 | вплотн. | 800 | 20 | ст3 |
| 12 | a ( ) | 80 | зазор | 1250 | 20 | ст20 |
| 13 | d ( ∅ ) | 100 | вплотн. | 1200 | 20 | 45Х |
| 14 | a ( ) | 150 | зазор | 900 | 20 | 35Л |
| 15 | d ( ∅ ) | 120 | вплотн. | 1000 | 20 | 20ФЛ |
| 16 | d ( ∅ ) | 100 | вплотн. | 1250 | 20 | ст20 |
| 17 | a ( ) | 50 | зазор | 800 | 20 | 38ХС |
| 18 | d ( ∅ ) | 70 | вплотн. | 900 | 20 | ст3кп |
| 19 | a ( ) | 20 | зазор | 1100 | 20 | ст30 |
| 20 | d ( ∅ ) | 90 | вплотн. | 1200 | 20 | 09Г2 |
| 21 | a ( ) | 150 | зазор | 1250 | 20 | Х18Н10Т |
| 22 | d ( ∅ ) | 200 | вплотн. | 1100 | 20 | ст45 |
| 23 | a ( ) | 100 | зазор | 1000 | 20 | 25Г2С |
| 24 | d ( ∅ ) | 200 | вплотн. | 1200 | 20 | 40Х |
| 25 | a ( ) | 100 | зазор | 100 | 20 | 12ГС |
| 26 | d ( ∅ ) | 50 | вплотн. | 800 | 20 | ст3 |
| 27 | a ( ) | 80 | зазор | 1250 | 20 | ст20 |
| 28 | d ( ∅ ) | 100 | вплотн. | 1200 | 20 | 45Х |
| 29 | a ( ) | 150 | зазор | 900 | 20 | 35Л |
| 30 | d ( ∅ ) | 120 | вплотн. | 1000 | 20 | 20ФЛ |

**3.Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы.**

Основные источники:

1. Долотов Г.П. Кондаков Е.А. Печи и сушила литейного производства, - М.: Машиностроение, 1990.
2. Кривандин В.А. Филимонов Ю.П. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей, - М.: Металлургия, 1987.
3. Телегин А.С. Авдеева В.Г. Теплотехника и нагревательные устройства, - М.: Машиностроение, 1985.

Интернет-ресурсы:

1. [Российский сайт литейщиков](http://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Frsl.npp.ru%2F&ei=PqhvUtXtIOqJ4gTq3oH4Cw&usg=AFQjCNENv6PQOG5fxkdKlAAnWhVesiIi1g&sig2=72tW5MnhU7-ALlP0iO4Gmw&bvm=bv.55123115,d.bGE&cad=rjt#_blank) <http://rsl.npp.ru/>