

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 22.09.2023 14:58:53  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**



**Декан факультета машиностроения  
Е.В. Сафонов /**

**2022 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Металлургическая теплотехника**

**Направление подготовки**

**22.03.02 Metallurgy**

*Профиль подготовки*

**Инновации в металлургии**

*Квалификация выпускника*

**Бакалавр**

*Форма обучения*

**Заочная**

**Москва 2022**

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки **22.03.02 «Металлургия»**, профиль подготовки **«Инновации в металлургии»**

**Программу составил:**

доцент, к.т.н. Герцык С.И. \_\_\_\_\_

Программа дисциплины **«Металлургическая теплотехника»** утверждена на заседании кафедры **«Металлургия»**

« 31 » августа 2022 г., протокол № 11-08

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /Шульгин А.В. /

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки **22.03.02 «Металлургия»**

\_\_\_\_\_ / Хламкова С.С. /

«01» 09 2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ /А.Н. Васильев/

« 13 » 09 2022, протокол № 14-22

Присвоен регистрационный номер:	22.03.02.03/23.2022
---------------------------------	---------------------

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

К **основной цели** освоения дисциплины «Металлургическая теплотехника» следует отнести расширение научного кругозора и эрудиции в области технических наук, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

– **Основные задачи** освоения дисциплины «Металлургическая теплотехника» следующие:

– ознакомление студентов с основными процессами нагрева перед пластической деформацией и термической обработкой металла;

– формирование знаний технологических схем производства черных металлов. В области металлургического производства курс охватывает круг вопросов, связанных с качеством металлопродукции. Рассматриваются вопросы качественного нагрева металла перед обработкой давлением и с целью термической обработки. Отдельно уделяется внимание новому оборудованию (системе отопления печей), обеспечивающему быстрый и равномерный нагрев металлопродукции и производится сравнение его с оборудованием, известным в металлургии;

– освоение методик расчета нагрева металлопродукции сложной формы и умение их практического применения к реальным металлургическим процессам;

– подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Металлургическая теплотехника» относится к числу обязательных учебных дисциплин основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Металлургическая теплотехника» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Химия,
- Безопасность жизнедеятельности,
- Металлургические технологии,
- Физика
- Теплофизика
- Нагрев и нагревательные устройства;
- Экология современных металлургических производств;
- Методы контроля качеством в металлургии.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

## (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способностью решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	<b>Знает:</b> основы истории, философии, математики, физики, химии, информационно-коммуникационных технологий, инженерной и компьютерной графики. – <b>Умеет:</b> решать типовые и стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. – <b>Имеет навыки:</b> решения задач, относящихся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания.

### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетных единиц, т.е. **216** академических часов (из них **194** часа – самостоятельная работа студентов), в том числе лекции – **12** час, практические занятия (семинары) – **10** час. *Структура и содержание дисциплины «Металлургическая теплотехника» по срокам и видам работы приведены в Приложении 1.*

#### Содержание разделов дисциплины

##### Тема 1. Механика жидкостей и газов.

Основные понятия механики и кинематики текучих сред. Уравнение неразрывности (сплошности). Силы, действующие в движущейся идеальной жидкости. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Уравнение Бернулли для трубки тока идеальной жидкости. Статика жидкостей и газов. Динамика реальной жидкости. Потери давления на трение и местные сопротивления. Уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье-Стокса). Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Движение газов и режим давления в печах.

## **Тема 2. Теплогенерация.**

Газовые топлива, используемые в промышленных печах заводов черной металлургии. Выбор топлива и методов его сжигания. Основы теории горения. Расчеты горения топлива. Сжигание жидкого топлива. Теплогенерация за счет электрической энергии. Теплофизические основы преобразования электрической энергии в тепловую. Теплогенерация за счет выгорания примесей металла и шихты.

## **Тема 3. Строительные элементы и механическое оборудование печей.**

Огнеупорные материалы. Классификация и свойства огнеупорных изделий. Изготовление огнеупоров. Теплоизоляционные материалы, используемые в пещестроении. Волокнистые огнеупорные и теплоизоляционные материалы. Строительные элементы печей. Арочные и подвесные своды.

Утилизация тепла уходящих дымовых газов.

Теплотехнические основы и сравнительная оценка различных методов утилизации тепла уходящих дымовых газов. Методы утилизации тепла и характеристика теплообменных устройств для их осуществления. Регенеративные и рекуперативные теплообменники

## **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Металлургическая теплотехника» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- чтение лекций и проведение семинарских занятий сопровождается показом мультимедийных лекций с помощью компьютерной и проекторной техники и иллюстрируется наглядными пособиями;
- обсуждение пройденного материала на семинарских занятиях;
- использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме тестирования и промежуточных зачетов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Металлургическая теплотехника» и в целом по дисциплине составляет около 30% времени аудиторных занятий.

Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

В курсе лекций преподается постоянно обновляемый материал, заимствованный из различных источников – научных статей, монографий, интернет - сайтов и т.д., что позволяет освещать последние достижения в металлургии, а именно, в области теплофизики и теплоэнергетики, пробуждая у студентов интерес к усвоению знаний.

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов составляют практические занятия. Они направлены на более глубокое усвоение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

В течение семестра осуществляется текущий контроль усвоения материала по изучаемой дисциплине в форме устного опроса по тематике предшествующих занятий.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Технические средства освоения дисциплины включают электронный банк данных – фото- и видеоматериалов (плакатов, схем, чертежей) основных технологических процессов и печного парка, используемого в металлургическом производстве.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов – оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

– чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным, практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям.

### **6.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов: оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций наряду с чтением рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным, практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям.

#### **6.1.1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

##### **Тесты по теме 1:**

1. Чему равно атмосферное давление при нормальных условиях  
а) 100 МПа; б) 100 кПа; в) 10 ГПа; г) 1000 Па.
2. Массу жидкости в единице объема называют  
а) весом; б) удельным весом; в) удельной плотностью; г) плотностью.
3. Кинематический коэффициент вязкости обозначается буквой  
а)  $\mu$ ; б)  $\nu$ ; в)  $\beta$ ; г)  $\eta$ .
4. Уравнение неразрывности при условии постоянства плотности имеет вид  
а)  $w_1 \cdot f_2 = w_2 \cdot f_1 = \text{const}$ ; б)  $w_1 \cdot f_1 = w_2 \cdot f_2 = \text{const}$ ; в)  $w_1 f_1 = w_2 f_2 = \text{const}$ ; г)  $w_1 \cdot w_2 = f_1 \cdot f_2 = \text{const}$ .
5. Какой формулой выражается динамическое давление в уравнении Бернулли  
а)  $\rho g z$ ; б)  $\rho w^2 / 2$ ; в)  $P$ ; г)  $gh$ .
6. Чему равна плотность дымовых газов при температуре  $300^\circ\text{C}$ , если при нормальных условиях она составляет  $1,25 \text{ кг/м}^3$ ?  
а) 0,8; б) 0,595; в) 1,033; г) 1,30.
7. Каков профиль скорости ламинарно движущегося потока?  
а) трапецеидальный; б) параболический; в) прямоугольный; г) гиперболический.
8. Чему равна плотность воздуха при температуре  $-30^\circ\text{C}$ , если при нормальных условиях она составляет  $1,29 \text{ кг/м}^3$ ? а) 0,9; б) 1,449; в) 1,148; г) 1,18.
9. От чего зависят потери энергии движущейся жидкостью? От  
а) теплопроводности; б) вязкости; в) скорости движения; г) направления движения.
10. В каком случае при открытии загрузочного окна печи из него выбиваются дымовые газы?  
а) давление на уровне порога печи меньше атмосферного;  
б) давление на уровне порога печи равно атмосферному;  
в) давление на уровне порога печи больше атмосферного; г) газы не выбиваются.

## **Тесты по теме 2:**

1. Теплота сгорания топлива это:  
а) теплота, расходуемая на подготовку горючих веществ к горению; б) теплота, идущая на нагревание продуктов сгорания; в) количество тепла, выделяемое при полном сгорании вещества и отнесенное к единице массы или объема горючего вещества; г) сумма тепловых эффектов реакций горения компонентов топлива.
2. В каких единицах измеряется теплота сгорания газообразного топлива  
а)  $\text{кДж/ (м}^3 \cdot \text{K)}$ ; б)  $\text{кДж/ м}^3$ ; в)  $\text{кг} \cdot \text{м/ (м}^3)$ ; г)  $\text{кДж/ (кг} \cdot \text{K)}$

3. Коэффициент расхода воздуха это
- а) количество воздуха, идущее на горение общего количества топлива; б) количество воздуха, идущее на горение 1 кг или 1 м<sup>3</sup> топлива;
  - в) отношение теоретически необходимого количества воздуха для полного сжигания единицы топлива к действительному; г) отношение действительно подаваемого в горелку количества воздуха для сжигания единицы топлива к теоретически необходимому.
4. Как определяется калориметрическая температура горения топлива?
- а)  $t = \frac{Q_n^p - Q_{дисс}}{V_{дым} \cdot C}$ ; б)  $t = \frac{Q_n^p}{V_{дым} \cdot C}$ ; в)  $t = \frac{Q_n^p - Q_{дисс} - Q_{пот}}{V_{дым} \cdot C}$ ; г)  $t = \frac{Q_n^p - Q_{дисс} + Q_{экз}}{V_{дым} \cdot C}$ .
5. Что определяется длина факела газогорелочного устройства?
- а) производительностью горелки; б) видом топлива; в) способом смешения топлива с окислителем; г) давлением топлива перед горелкой.
6. Основной классификационный признак горелок это
- а) способ смешения топлива с воздухом; б) давление газа и воздуха перед горелкой;
  - в) теплота сгорания подаваемого топлива; в) теплопроизводительность.
7. Каковы пределы изменения коэффициента расхода воздуха для инжекционных горелок
- а) n= 1,1 – 1.2; б) n= 1,02 – 1.05; в) n= 1,15 – 1.25; г) n= 1,4 – 1.5.
8. Каковы пределы изменения коэффициента расхода воздуха для двухпроводных горелок типа «труба в трубе»:
- а) n= 1,1 – 1.2; б) n= 1,02 – 1.05+; в) n= 1,15 – 1.25; г) n= 1,4 – 1.5.
9. Каковы пределы изменения коэффициента расхода воздуха для радиационных труб
- а) n= 1,1 – 1.2; б) n= 1,02 – 1.05; в) n= 1,2 – 1.25+; г) n= 1,4 – 1.5.
10. Что является основной составляющей природных газов?
- а) оксид углерода; б) метан; в) водород; г) пропан.
11. Как влияет подогрев воздуха горения на калориметрическую температуру горения?
- а) не влияет; б) понижает температуру; в) повышает температуру; г) сначала повышает, затем понижает.

### **Тесты по теме 3**

1. Теплоизоляционные материалы обладают:
- а) высокой плотностью; б) низкой пористостью; в) высокой прочностью;
  - г) высокой пористостью и низким коэффициентом теплопроводности
2. Содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в шамотном огнеупоре
- а) более 60%; б) не менее 28%; в) от 45 до 75%; г) более 75%
3. До какой температуры можно применять асбест в качестве изоляционного материала?
- а) до 200°С; б) до 750°С; в) до 500°С; г) до 400°С
4. Где правильно указаны физические свойства огнеупоров



а) теплоемкость, плотность, огнеупорность; б) электропроводность, термостойкость, пористость; в) огнеупорность, термостойкость, сопротивление деформации под нагрузкой; г) теплопроводность, плотность, теплоемкость.

5. Утилизация тепла дымовых газов:

а) улучшает тепловую работу печей; б) снижает расход топлива; в) сокращает время нагрева; г) уменьшает непроизводительные простои.

6. Что подогревают в рекуператорах?

а) топливоздушную смесь; б) высококалорийное топливо  
в) воздух и низкокалорийные топлива; г) только воздух.

7. Если в теплообменном аппарате два теплоносителя текут параллельно друг другу в одном направлении, то такая схема движения называется:

а) прямотоком; б) перекрестным током; в) противотоком; г) многократным перекрестным током.

8. Почему не подогревают топливо в игольчатых рекуператорах?

а) не обеспечивается необходимая температура подогрева; б) низкая газоплотность рекуператора; в) невозможность обеспечить постоянство температуры нагрева; г) из-за конструктивных особенностей этого типа устройства.

9. В каком случае при расчете рекуператора можно пренебречь тепловым сопротивлением стенки?

а) если стенка выполнена из керамики; б) если металлическая стенка обладает высоким коэффициентом теплопроводности и малой толщиной; в) если мало  $\alpha_v$ ; г) если мало  $\alpha_d$

10. Когда целесообразно применение радиационных рекуператоров?

а) при нагреве воздуха до 300 - 350°C; б) при нагреве компонентов горения до 250 - 300°C; в) при температуре дымовых газов не ниже 800 - 900°C; г) при температуре дымовых газов ниже 700°C

11. До какой температуры можно нагреть воздух в регенераторах?

а) до 300 - 350°C; б) 400 - 500°C; в) до 500 - 550°C; г) выше 800 °C

### Итоговые тесты

1. Масса жидкости в единице объема называется

а) весом; б) удельным весом; в) удельной плотностью; г) плотностью.

2. При увеличении температуры удельный вес жидкости

а) уменьшается; б) увеличивается; в) сначала увеличивается, потом уменьшается; г) не изменяется.

3. Динамический коэффициент вязкости обозначается буквой

а)  $\eta$ ; б)  $\nu$ ; в)  $\beta$ ; г)  $\mu$ .

4. Чему равна плотность воздуха при +30°C, если при нормальных условиях она составляет 1,29 кг/м<sup>3</sup>?

а) 1,43; б) 1,20; в) 1,33; г) 1,16

5. Режим движения жидкости, при котором частицы газа перемещаются параллельно одна другой и их траектории не пересекаются, называется

а) турбулентным; б) вынужденным; в) ламинарным; г) свободным.

6. Стремление горячих газов подняться вверх определяется

а) динамическим давлением; б) геометрическим давлением, в) статическим давлением; г) давлением.

7. Какой формулой выражается калориметрическая температура горения топлива?

$$a) \dot{t} = \frac{Q_n^3}{c \cdot V_{np.cz}}; \quad б) \dot{t} = \frac{Q_n^3 - q_{nom}}{c \cdot V_{np}}; \quad в) \dot{t} = \frac{Q_n^3 - q_{diss}}{c \cdot V_{np}}; \quad г) \dot{t} = \frac{Q_n^3 - q_{nom} - q_{diss}}{c \cdot V_{np}};$$

8. Каков основной классификационный признак горелок?

а) производительность; б) способ смешения топлива и воздуха; в) давление топлива перед горелкой; г) давление воздуха перед горелкой.

9. От чего зависит тяга дымовой трубы?

а) от температуры дымовых газов; б) от температуры окружающего воздуха; в) от разностей плотностей дыма и воздуха; г) только от высоты трубы.

10. Как изменяется статическое давление по высоте печи?

а) не изменяется; б) уменьшается; в) увеличивается; г) сначала растёт, затем уменьшается.

11. В каком случае в печь подсасывается окружающий воздух?

а) давление в печи меньше атмосферного; б) давление в печи равно атмосферному; в) давление в печи больше атмосферного.

12. В каком случае из печи выбиваются дымовые газы?

а) давление в печи меньше атмосферного; б) давление в печи равно атмосферному; в) давление в печи больше атмосферного.

13. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе наблюдается пульсация скорости?

а) при ламинарном; б) при скоростном; в) при турбулентном; г) при свободном движении.

14. Влияет ли режим движения жидкости на величину потерь давления?

а) не влияет; б) влияет только при определенных условиях; в) влияет; г) только при наличии местных сопротивлений.

15. Неустановившееся движение жидкости характеризуется зависимостью

а)  $w = f(x, y, z)$ ; б)  $w = f(x, y, z, t)$ ; в)  $w = f(t)$ ; г)  $w = f(x, t)$ .

16. Что является причиной потерь энергии движущейся жидкости?

а) плотность; б) вязкость; в) расход жидкости; г) только изменение направления движения.

17. При подаче жидкости по последовательно соединенным трубопроводам (1,2,3) расход жидкости в них

а)  $V=V_1+V_2+V_3$ ; б)  $V_1>V_2>V_3$ ; в)  $V=V_1=V_2=V_3$ ; г)  $V_1<V_2<V_3$

18. При подаче жидкости по последовательно соединенным трубопроводам (1,2,3) общие потери напора составляют

а)  $\Sigma h = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 - \Sigma h_3$ ; б)  $\Sigma h = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 + \Sigma h_3$ ; в)  $\Sigma h_1 > \Sigma h_2 > \Sigma h_3$  г)  $\Sigma h = \Sigma h_1 = \Sigma h_2 = \Sigma h_3$ .

19. Движение, при котором скорость и давление изменяются не только от координат, но и от времени, называется

а) ламинарным; б) стационарным; в) неустановившимся; г) турбулентным.

20. Сжимаемость – это свойство жидкости

а) изменять свою форму под действием давления; б) изменять свой объем под действием давления; в) сопротивляться воздействию давления, не изменяя свою форму; г) изменять свой объем без воздействия давления.

21. Идеальной жидкостью называется

а) жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение; б) жидкость, плотность которой не изменяется при изменении температуры; в) жидкость, способная сжиматься; г) жидкость, существующая только в определенных условиях.

22. Если давление отсчитывают от относительного нулевой поверхности, то его называют:

а) абсолютным; б) атмосферным; в) избыточным; г) давлением вакуума.

23. Гидростатическое давление - это давление, имеющее место

а) в движущейся жидкости; б) в покоящейся жидкости; в) в жидкости, находящейся в резервуаре; г) в жидкости, находящейся под избыточным давлением.

24. Коэффициент Кориолиса в уравнении Бернулли характеризует

а) режим течения жидкости; б) величину гидравлического сопротивления трубопровода; в) изменение скоростного напора; г) степень уменьшения уровня полной энергии.

25. Какие существуют режимы движения жидкости?

а) установившийся и неустановившийся; б) неустановившийся и переходный; в) переходный и ламинарный; г) ламинарный и турбулентный.

26. Член уравнения Бернулли, обозначаемый ( $w^2/2g$ ) является

а) пьезометрической высотой; б) скоростной (динамической) высотой; в) геометрической высотой; г) такого члена не существует.

27. Температура, которая достигается в смеси топлива и воздуха при полном сгорании без тепловых потерь и отсутствии диссоциации продуктов горения называется:

- а) температурой воспламенения; б) температурой горения;
- в) калориметрической температурой; г) теоретической температурой.

28. Состав воздуха:

- а)  $20\%O_2+70\%N_2+10\%CO_2$ ; б)  $21\%O_2+79\%N_2$ ; в)  $18\%O_2+70\%N_2+12\%CO$ ;
- г)  $22\%O_2+76\%N_2+2\%CO$ .

29. Какая схема движения теплоносителей в рекуператорах теплотехнически наиболее выгодна?

- а) перекрестный ток; б) противоток; в) прямоток; г) все схемы равнозначны.

30. Теплообменные аппараты, в которых две жидкости с различными температурами текут в пространстве, разделенном твердой стенкой, называются:

- а) регенеративными; б) смесительными; в) рекуперативными; г) с внутренними источниками тепла.

31. Какие уравнения лежат в основе тепловых расчетов теплообменных аппаратов?

- а) теплоотдачи и теплопроводности; б) теплопередачи и теплоотдачи;
- в) теплопередачи и теплового баланса; г) теплопроводности и теплового баланса.

32. Если в теплообменном аппарате два теплоносителя текут параллельно друг другу во взаимно противоположных направлениях, то такая схема движения называется:

- а) прямотоком; б) перекрестным током; в) противотоком; г) многократным перекрестным током.

33. Что подогревают в теплоутилизационных теплообменниках?

- а) топливоздушную смесь; б) высококалорийное топливо;
- в) воздух и низкокалорийные топлива; г) только воздух.

34. Соотношение между низшей теплотой сгорания топлива  $Q_n^p$  и высшей  $Q_g^p$

- а)  $Q_n^p > Q_g^p$ ; б)  $Q_n^p < Q_g^p$ ; в)  $Q_n^p = Q_g^p$ ; г)  $Q_n^p = 1,5 \cdot Q_g^p$ ;

35. Чтобы рассчитать теплоту сгорания топлива, надо знать

- а) влажность; б) химический состав; в) происхождение; г) зольность.

36. Каков профиль скорости турбулентно движущегося потока?

- а) трапецеидальный; б) параболический; в) прямоугольный; г) гиперболический.

37. Что такое гидравлический диаметр сечения?

- а) радиус трубы; б) учетверенная площадь, деленная на периметр; в) периметр трубы;
- г) удвоенный периметр.

38. Что характеризует пирометрический коэффициент?

- а) производительность печи; б) конструкцию печи; в) тепловую мощность печи;  
г) удельные затраты тепла.

39. Как определяется коэффициент расхода воздуха на горелку?

- а) фактический расход воздуха; б) отношение фактического расхода воздуха к теоретически необходимому; в) расход воздуха, соответствующий стехиометрическим соотношениям горения; г) расход воздуха, превышающий теоретически необходимый на 10 – 15%.

40. Где правильно указаны рабочие свойства огнеупоров

- а) теплоемкость, плотность, огнеупорность; б) электропроводность, термостойкость, пористость; в) огнеупорность, термостойкость, сопротивление деформации под нагрузкой; г) термостойкость, теплопроводность, пористость.

41. Какой формулой определяется теоретическая температура горения топлива?

а)  $t = \frac{Q_n^p - Q_{дисс}}{V_{дым} \cdot C}$ ; б)  $t = \frac{Q_n^p}{V_{дым} \cdot C}$ ; в)  $t = \frac{Q_n^p - Q_{дисс} - Q_{пот}}{V_{дым} \cdot C}$ ; г)  $t = \frac{Q_n^p - Q_{дисс} + Q_{экз}}{V_{дым} \cdot C}$ .

### 6.1.2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) «Металлургическая теплотехника» формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать:
ОПК-1	Способностью решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Шкала оценивания	Описание
------------------	----------

«Зачтено»	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
«Не зачтено»	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. Металлургическая теплотехника [электронный ресурс]: электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины / Тинькова С.М. и др. Сиб. федерал. ун-т. – Красноярск: ИПК СФУ, 2007. – on-line. URL: <http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/62/> (дата обращения 05.09.2017). – Режим доступа: свободный.
2. Шатров М.Г. В.Н. и др. Теплотехника. М., Академиздат, 2012 – 288 с.
3. Луканин В.Н. и др. Теплотехника. М., Энергоатомиздат, 1991 – 224 с.
4. Луканин В.Н. и др. Теплотехника. М., Высшая школа, 2008 – 288 с.

### б) Дополнительная литература:

1. Цветков Ф.Ф., Керимов Р.В., Величко В.И. Задачник по тепломассообмену. М., Изд. дом МЭИ, 2010 – 196 с.
2. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С. Теплотехника: уч. пособие [Электронный ресурс]– Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2012 – 208 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook./com/book/3900>
3. Круглов Г.А. и др. Теплотехника. [Электронный ресурс]– Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2017 – 384 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook./com/book/93750>
4. Интерактивный учебник: Основы металлургии | Металлургический портал MetalSpace.ru. <http://www.metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii.html>
5. Металлургические процессы <http://starkproject.com/metal/nonferrous-metallurgy/1893-metallurgical-processes.html>

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте <http://lib.mami.ru> в разделе «Электронные ресурсы».

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

<http://www.metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii.html>

<http://starkproject.com/metal/nonferrous-metallurgy/1893-metallurgical-processes.html>

и на Металлургическом портале MetalSpace.ru

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Аудитория и лаборатории кафедры «Металлургия» ав1204, ав1205, ав1206, ав1206а оснащены стендами и наглядными пособиями, лабораторной и экспериментальной оснасткой, контрольно-измерительными приборами, компьютерной и проекторной техникой, современным программным обеспечением. Их применение позволяет вести полноценный учебный процесс, проводить лабораторные и практические занятия, а также заниматься с участием студентов компьютерным моделированием процессов и объектов в металлургии, прививая обучающимся навыки к самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийной техники, для чего используется портативный компьютер и мультимедиа-проектор. Иллюстративный материал готовится с использованием программ PowerPoint и отображается в процессе чтения лекций.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Для максимальной индивидуализации деятельности студента, учебным планом предусматривается время для самостоятельной работы.

Среди основных видов самостоятельной работы традиционно выделяют: творческую деятельность студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке к лекциям, семинарским и практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ; участие в научной работе и пр.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы и Интернет-ресурсы.

Для расширения знаний следует использовать сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, такими как [www.anticor.ru](http://www.anticor.ru), <http://www.naukaran.ru>, <http://www.maik.ru> и другими, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

## **10. Методические рекомендации для преподавателя**

При организации учебных занятий (лекций, семинаров, практических занятий, лабораторных, самостоятельных и выпускных работ, а также курсового проектирования) следует использовать элементы интерактивного обучения на всех этапах для вовлечения студентов в процесс познания. Для этого целесообразно использовать следующие формы:

- диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и студента;
- моделирование, то есть воспроизведение в условиях обучения по данной дисциплине процессов, происходящих в реальности;
- компьютеризация обучения для интенсификации и расширения возможностей образовательного процесса;
  
- использование наглядных средств: стенды с комплектом учебно-методической литературы, плакаты по темам, натурные образцы, мультимедийные системы, картотека учебных видеослайдов и видеофильмов и пр.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки

**22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ** (уровень бакалавриата) (ФГОС3+) и учебным планом по направлению и профилю подготовки.

### **Аннотация программы дисциплины «Металлургическая теплотехника»**

#### **1. Цели и задачи дисциплины**



**Целью** дисциплины является расширение научного кругозора в области технических наук, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

**Задачи** дисциплины:

- ознакомление студентов с основными особенностями тепловой работы металлургических агрегатов;

- формирование знаний технологических схем организации условий нагрева металла перед обработкой давлением и термообработкой. В области металлургического производства курс охватывает круг вопросов, связанных с сокращением удельных затрат энергии и минимизации выброса вредных веществ с продуктами горения топлива. Отдельно уделяется внимание вопросам энергоснабжения тепловых агрегатов с целью оптимизации процессов сжигания топлива.

- освоение методик расчета металлургических печей для нагрева под прокатку и термическую обработку металлопродукции и умение их практического применения к реальным металлургическим агрегатам;

- подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по соответствующему направлению.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина относится к обязательной части дисциплин ООП.

Ее изучение базируется на следующих дисциплинах:

- Математика,
- Физика,
- Химия.

Дисциплина обеспечивает изучение дисциплин:

- Основы методики научных исследований;
- Экология современных металлургических производств.

Знания и практические навыки, полученные из курса «Металлургическая теплотехника», используются при изучении естественно-научных дисциплин, а также при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате изучения дисциплины «Металлургическая теплотехника» студенты должны

**знать:**

– методы и приемы поиска необходимой информации в области металлургии с использованием современных электронных библиотек и ресурсов сети Интернет; основные положения информатики, дающие возможность использования информационно-коммуникационных технологий для практической поддержки технических и управленческих решений; структуру и перспективы развития металлургического производства; принципы оптимизации технологических процессов в металлургии; технологические возможности и основные области применения соответствующего металлургического оборудования;

**уметь:**

– критически оценивать и делать выводы по результатам имитационного моделирования; формулировать и решать задачи, требующие использования современных вычислительных средств, информационных технологий и программного обеспечения; использовать навыки проектирования баз данных при разработке информационных систем и взаимодействующих с ними приложений; оценивать техническое состояние и анализировать условия и режимы работы металлургических агрегатов; оценивать технологические возможности металлургического агрегата в зависимости от интенсивности режима его работы; выполнять теплотехнические расчеты, проектировать и конструировать детали и узлы металлургического оборудования;

**владеть:**

– физико–математическим аппаратом для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, основными этапами планирования и проведения имитационного моделирования, оформлением отчетов и документации по научно-исследовательской деятельности; основными методами переработки информации, касающейся технологических схем автоматического регулирования и оптимизации металлургических процессов; вопросами, связанными с нагревом и охлаждением металла в тепловых агрегатах; основными методами, способами и средствами защиты производственного персонала и окружающей среды от негативного воздействия металлургических процессов; навыками критериальной оценки новых технологий и конструктивных особенностей технологического оборудования.

#### **4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>216 (6 з.е.)</b>	<b>216 (6 з.е.)</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
<b>В том числе</b>		
лекции	12	12
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	нет	нет
Самостоятельная работа	194	194
Курсовая работа	нет	нет
Курсовой проект	нет	нет
Вид промежуточной аттестации		Зачет



	<p>промышленных печах черной металлургии, методы сжигания. Основы теории горения.</p> <p>2.2 Расчеты горения топлива. Сжигание газообразного и жидкого топлива.</p> <p>2.3 Теплогенерация за счет электрической энергии.</p> <p>2.4 Теплогенерация за счет выгорания примесей металла и шихты</p>														
3.	<p><b>Тема 3. Строительные элементы и механическое оборудование печей.</b></p> <p>3.1 Огнеупорные материалы. Классификация и свойства огнеупорных изделий. Теплоизоляционные материалы, используемые в пещестроении. Строительные элементы печей.</p> <p>3.2 Утилизация тепла уходящих дымовых газов. Теплотехнические основы и сравнительная оценка различных методов утилизации тепла уходящих дымовых газов. теплоутилизационные устройств для их осуществления. Регенеративные и рекуперативные теплообменники.</p>	7	5												
	<b>Итого</b>	6	17	12	10		194								+

Программу составил доц., к.т.н.

Зав. кафедрой «Металлургия»

доц., к.т.н.

\_\_\_\_\_ /С.И. Герцык /

\_\_\_\_\_ /А.В. Шульгин/

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский политехнический университет

Направление подготовки: 22.03.02

МЕТАЛЛУРГИЯ ОП (профиль):

«Инновации в металлургии»

Форма обучения: заочная

Вид профессиональной деятельности: (согласно ФГОС + ВО)

Кафедра: **Металлургия**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Металлургическая теплотехника**

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

- тесты для промежуточного и итогового тестирования
- вариант билета для зачета;
- перечень билетов к зачету;
- контрольные вопросы для семинаров, собеседований.

**Составитель**

Доц., к.т.н. Герцык С.И.

**Москва 2022**

Таблица 1 – ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА					
ФГОС ВО 22.03.02 «Металлургия»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-1	Способность решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	<p>- <b>Знает:</b> основы истории, философии, математики, физики, химии, информационно-коммуникационных технологий, инженерной и компьютерной графики;</p> <p>– <b>умеет:</b> решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования</p> <p>– <b>имеет навыки:</b> решения задач профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания</p>	лекции, самостоятельная работа, семинарские занятия	К, УО.	<p><b>Базовый уровень:</b></p> <p>– владеет основными законами физики; химии, математики, структурой локальных и глобальных компьютерных сетей; принципами реализации и функционирования информационных технологий!</p> <p><b>Повышенный уровень:</b></p> <p>– владеет навыками решения задач в профессиональной области, разработки электронных документов с применением стандартных программных пакетов при решении математических задач в своей области.</p>

\*\* - Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.

**Перечень оценочных средств по дисциплине  
«Металлургическая теплотехника»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1.	Устный опрос (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной.	Тесты по темам/разделам дисциплины
2.	Билеты для зачета	Средство проверки знаний, умений, навыков. Может включать комплекс теоретических и практических вопросов и заданий.	Билеты. Шкала оценивания и процедура применения.
3.	Контрольные вопросы	Средство контроля, и проверки знаний, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся по программе дисциплины	Перечень контрольных вопросов

В курсе лекций преподается постоянно обновляемый материал, заимствованный из различных источников – научных статей, монографий, и т.д., что позволяет сочетать теоретический материал с актуальными практическими примерами, пробуждая у студентов интерес к усвоению знаний.

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов составляют практические занятия. Они направлены на более глубокое усвоение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

В течение семестра осуществляется текущий контроль освоения дисциплины в форме устного опроса по тематике предшествующих занятий.

Оценочные средства составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка средств. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций, а также следующие виды самостоятельной работы:

- чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным, практическим занятиям;
- рефераты, доклады на СНТК.



Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать также сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

Кафедра располагает базой тестовых материалов для проведения промежуточных и итоговых аттестаций в рамках дидактических единиц содержания дисциплины.

**Фонд тестовых заданий** для проведения промежуточного и итогового контроля приведен выше в тексте программы – раздел **6.1.1.**

#### ***Билеты для зачета***

– назначение: используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Нагрев и нагревательные устройства»; в билет включены вопросы по тематике лекций (теоретические вопросы) и по практическим занятиям (семинары) – небольшие задачи.

Перечень вопросов для зачета **40** (прилагается).

Регламент зачета: - время на подготовку тезисов ответов – до 20 мин;

- способ контроля: устные ответы.

Оценка «**Зачтено**» – если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответах на вопросы.

Оценка «**Не зачтено**» – если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьезные ошибки.

**Вариант билета для зачета**  
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургии»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
программа 22.03.02 Metallургия «Инновации в металлургии»  
Курс 3 группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**БИЛЕТ № 1**

1. **Расчеты горения топлива.**
2. **Конструкция рекуперативных устройств.**
3. **Классификация огнеупорных материалов.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**II. Перечень билетов для зачета:**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 1**

1. **Уравнение Эйлера для статики газов.**
2. **Расчеты горения топлива.**
3. **Регенеративные теплообменники и их использование в конструкциях печей.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 2**

- 1. Основные положения механики жидкости и газа. Ламинарное и турбулентное движение.**
- 2. Высшая и низшая теплота сгорания топлива.**
- 3. Металлические рекуператоры. Принципы работы.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.В. Шульгин/

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 3**

- 1. Уравнение сплошности и его физический смысл.**
- 2. Температура горения топлива. Влияние подогрева компонентов горения на калориметрическую и действительную температуру горения.**
- 3. Теплоутилизационные устройства и их влияние на показатели работы печей.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.В. Шульгин/

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 4**

- 1. Уравнение Бернулли для трубки тока идеальной жидкости.**
- 2. Свойства и производство шамотного огнеупора.**
- 3. Схемы движения теплоносителей в рекуператорах.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2016 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 5**

- 1. Уравнение Навье-Стокса.**
- 2. Свойства и производство динасовых огнеупоров.**
- 3. Определение температуры горения топлива (калориметрическая, действительная).**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 6**

- 1. Потери давления при движении жидкости по трубам и каналам.**
- 2. Изоляционные огнеупорные материалы.**
- 3. Конструкции металлических рекуператоров.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2016 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 7**

- 1. Расчет потерь давления на трение и местные сопротивления.**
- 2. Классификация огнеупоров по химико-минералогическому составу.**
- 3. Теплотехнические основы утилизации тепла дымовых газов.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2016 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 8**

- 1. Принципы расчета высоты дымовой трубы.**
- 2. Физические свойства огнеупорных материалов.**
- 3. Основы теории горения. Диффузионное и кинетическое горение.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2016 г., протокол № 4  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 9**

- 1. Формирование пограничного слоя у поверхности, обтекаемой потоком жидкости.**
- 2. Рабочие свойства огнеупоров.**
- 3. Керамические и металлические рекуперативные устройства.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 10**

- 1. Движение жидкости /газа по трубам и каналам. Ламинарное и турбулентное движение.**
- 2. Теплогенерация за счет преобразования электрической энергии в тепловую. Виды электронагревателей.**
- 3. Коэффициент полезного действия печи. Мероприятия, способствующие его повышению.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 11**

- 1. Статика газов. Распределение давления по высоте столба неподвижной жидкости.**
- 2. Газогорелочные устройства и их классификация**
- 3. Физические и рабочие свойства огнеупоров.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 12**

- 1. Статика газов. Распределение давления по глубине столба неподвижной жидкости.**
- 2. Горелки с предварительным смешением топлива и воздуха.**
- 3. Принципы расчета рекуперативных устройств.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 13**

- 1. Уравнение Бернулли для реальной жидкости/газа.**
- 2. Коэффициент расхода воздуха.**
- 3. На какие показатели работы печи оказывает влияние подогрев компонентов горения?**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 14**

- 1. Понятие «трубки тока». Вывод уравнения Бернулли для трубки тока идеальной жидкости**
- 2. Современные волокнистые огнеупорные материалы и их использование в кладке печей.**
- 3. Классификация горелок. Горелки без предварительного смешения топлива и воздуха.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 20 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 15**

- 1. Принципы расчета гидравлического сопротивления дымового тракта печи.**
- 2. Особенности горения жидкого топлива. Определение состава и количества продуктов горения.**
- 3. Игольчатые металлические рекуператоры.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 16**

- 1. Основы теории горения.**
- 2. Формирование ламинарного и турбулентного пограничного слоя на плоской поверхности при обтекании ее струей газа/жидкости.**
- 3. Керамические рекуператоры. Их достоинства и недостатки**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 17**

- 1. Теплота сгорания топлива и способы ее определения.**
- 2. Формирование пограничного слоя при обтекании струей плоскости.**
- 3. Регенеративные теплообменники и их применение.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 18**

- 1. Определение состава и количества продуктов горения топлива. Показать на примере.**
- 2. Ламинарное и турбулентное течение жидкостей в трубах и каналах.**
- 3. Схемы движения теплоносителей в рекуперативных теплообменниках.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

—

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 19**

- 1. Определение количества воздуха, необходимого для полного горения единицы топлива. Показать на примере.**
- 2. Классификация горелок. Основной классификационный признак. Горелки с разомкнутым факелом**
- 3. Классификация огнеупорных материалов.**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Московский политехнический университет  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «Металлургическая теплотехника»  
Образовательная программа 22.03.02 Metallургия. ОП «Инновации в металлургии»  
Курс 3, семестр 6

**БИЛЕТ № 20**

- 1. Полное и неполное горение топлива. Коэффициент расхода воздуха.**
- 2. Устройства для сжигания жидкого топлива. Особенности их работы.**
- 3. От чего зависит тяга дымовой трубы?**

Утверждено на заседании кафедры 29 декабря 2020 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**II. Контрольные вопросы для семинаров, собеседований**

**1. Механика жидкостей и газов:**

- Расчет потерь давления при движении реальной жидкости.
- Принципы расчета высоты дымовой трубы.
- Уравнение сплошности и его физический смысл.
- Уравнение Бернулли для трубки тока идеальной жидкости.
- Формирование гидродинамического пограничного слоя на твердой поверхности, обтекаемой потоком жидкости.

**2. Теплогенерация:**

- Расчеты горения топлива.
- Высшая и низшая теплота сгорания топлива.
- Принципы расчета состава и количества продуктов горения топлива.
- Полное и неполное горение топлива. Коэффициент расхода воздуха.
- Калориметрическая, теоретическая и действительная температуры горения топлива.

**3. Оборудование печей:**

- Огнеупорные материалы, необходимые свойства и производство.
- Классификация огнеупорных материалов по химико-минералогическому составу.
- Теплоизоляционные материалы и их роль в тепловой работе печей.

- Теплоутилизационные устройства, их конструктивные разновидности.
- Схемы движения теплоносителей в рекуператорах
- Регенеративные устройства, их особенности

### **Критерии оценки:**

При текущем контроле знаний (коллоквиумы, собеседования) студента по системе «Зачет» оцениваются знания и умения в устных и письменных ответах студентов на семинарах, коллоквиумах. При этом учитывается: глубина знаний, их полнота и владение необходимыми умениями (в объеме полной программы); осознанность и самостоятельность применения знаний и способов учебной деятельности, логичность изложения материала, включая обобщения, выводы (в соответствии с заданным вопросом), соблюдение норм литературной речи.

«Зачет» оценивается по двухуровневой системе.

**«Зачтено»** – выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

**«Не зачтено»** – не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.