

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им. П.О. Сухого

\_\_\_\_\_ О.Д. Асенчик

(подпись)

\_\_\_\_\_ 07.07. 2020

(дата утверждения)

Регистрационный № УДд– 33 – 72 /уч.

## **РАСЧЁТЫ И КОНСТРУКЦИИ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-36 01 05-2019 и учебных планов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» I 36-1-03/уч. 06.02.2019, I 36-1-14/уч. 06.02.2019.

#### СОСТАВИТЕЛЬ:

А. М. Урбанович, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Пожарков Сергей Петрович – главный технолог филиала ОАО «Гомсельмаш» ГЗ СИИТО

Петришин Григорий Валентинович – декан машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 05.05.2020 г.);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 06.05.2020 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 25.06.2020г.).

Регистрационный номер МТФ      УД 091-18/уч.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Расчёты и конструкции нагревательных устройств» является подготовка специалистов, знающих устройство и правила эксплуатации нагревательных устройств, способных произвести расчет и спроектировать нагревательное устройство в соответствии с современными тенденциями.

#### Задачи дисциплины:

- ознакомить студента с конструкциями нагревательных устройств и установок (пламенных и электрических);
- научить правильно определять параметры режима нагрева в соответствии с технологическим процессом;
- производить оптимальный выбор нагревательных устройств; познакомиться с основными этапами проектирования и расчета нагревательных устройств и с новейшими направлениями по применению прогрессивной технологии нагрева и нагревательных устройств в кузнечно-штамповочном производстве.

Решение этих задач с учетом указанной выше цели дисциплины достигается на основе знаний, умений и навыков, приобретенных студентами при изучении данной дисциплины, необходимых для полного понимания специальных дисциплин «Технологияковки и горячей штамповки», «Технология листовой штамповки», «Автоматизация кузнечно-штамповочного производства», «Проектирование цехов».

В результате освоения дисциплины «Расчеты и конструкции нагревательных устройств» студент должен:

#### **знать:**

- физическую сущность происходящих в печи явлений и процессов, конструкции нагревательных устройств и установок;
- основы расчета основных параметров режима нагрева, основные этапы проектирования и методикау расчета нагревательных устройств;
- прогрессивные технологии нагрева;

#### **уметь:**

- правильно выбирать конструкцию и параметры нагревательного устройства; выполнять технологические расчеты параметров нагрева заготовок, тепловой и конструкторский расчет нагревательной печи или установки;
- построить эскизный проект нагревательного устройства и выполнить его расчет;

#### **владеть:**

- устойчивыми навыками выбирать рациональный температурный режим нагрева заготовок при горячем формообразовании и выполнять необходимые технологические расчеты параметров нагрева;

- методикой теплового и конструкторского расчета нагревательной пламенной электрической печи или установок;
- навыками по применению прогрессивной технологии нагрева и нагревательных устройств в кузнечно-штамповочном производстве.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующей специализированной компетенции:

- СК-16. Знать физическую сущность происходящих в нагревательной печи, явлений и процессов, конструкции нагревательных устройств и установок, прогрессивные технологии нагрева, свойства огнеупорных материалов; производить проектирование и расчёт нагревательных устройств.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

Создавать условия для соответствия режимов работы агрегатов (поточных линий, технологических участков) действующим правилам и нормам, используя результаты (данные) технологического процесса производства.

Проводить технические разработки и на их основе принимать на современном уровне инженерные решения по уменьшению материало- и энергоёмкости производства.

Профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы.

На основе технической документации производить монтаж и наладку технологического оборудования и штамповой оснастки.

Производить своевременно ремонт и техническое обслуживание технологического оборудования и штамповой оснастки.

Осуществлять оперативный контроль за функционированием технологических систем (агрегатов, линий, участков) и их элементов и режимами их работы.

Контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности при работах на технологическом оборудовании, противопожарной безопасности.

Связь с другими учебными дисциплинами

Для успешного изучения дисциплины необходимо усвоение естественно-научных и специальных дисциплин, таких как «Физика», «Математика», «Механика материалов», «Технология листовой штамповки», «Технологияковки и горячей штамповки», и др.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Расчеты и конструкции нагревательных устройств» для специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» составляет 110 часов.

Трудоёмкость учебной дисциплины, выраженная в зачётных единицах, составляет 3 зачётные единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Виды занятий	Дневная форма
Специальность	1-36 01 05
Курс	3
Семестр	5
Лекции (часов)	34
Практические занятия (часов)	17
Всего аудиторных (часов)	51

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен	5 семестр
Зачет	нет
Тестирование	нет
Курсовая работа	нет

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение. Нагрев металла.

Окисление металла. Обезуглероживание стали. Перегрев и пережог. Температурные напряжения. Равномерность нагрева. Общая характеристика методов расчета нагрева металла. Нагрев тел при краевых условиях третьего рода.

Тема 2. Топливо и его горение.

Классификация топлива. Химический состав топлива. Теплота сгорания топлива. Краткие сведения о топливе, применяемом в печах цехов ОМД. Общие положения теории горения.

Тема 3. Общая классификация нагревательных печей и режимов их работы.

Классификация и общая характеристика режимов работы печей. Теплотехнические характеристики работы печей. Теплообмен в пламенных печах.

Тема 4. Огнеупорные материалы и металлы для строительства печей.

Огнеупорные материалы. Физические свойства огнеупорных материалов. Рабочие свойства огнеупорных материалов. Теплоизоляционные материалы. Огнеупорные растворы и обмазки. Металлы, применяемые в печестроении.

Тема 5. Устройства для сжигания топлива.

Устройства для сжигания газа. Горелки, применяемые при равномерно-распределенном и прямом радиационных режимах работы печи. Горелки с полным предварительным смешением (инжекционные горелки). Горелки с внешним смешением (пламенные). Горелки с частичным предварительным смешением. Горелки, применяемые при косвенном радиационном режиме работы печи. Горелки с предварительным смешением. Горелки с внешним смешением (плоскопламенные). Устройства для сжигания жидкого топлива. Форсунки низкого давления. Форсунки высокого давления. Радиантные трубы.

Тема 6. Устройства для утилизации тепла отходящих дымовых газов.

Регенеративный и рекуперативный принципы утилизации тепла. Теплообмен в рекуператорах. Классификация рекуператоров. Металлические рекуператоры. Конвективные рекуператоры. Трубчатые рекуператоры. Игольчатые рекуператоры. Радиационные и комбинированные рекуператоры. Керамические рекуператоры.

Тема 7. Нагревательные и термические топливные печи.

Нагревательные колодцы. Регенеративные колодцы. Рекуперативные колодцы. Камерные печи. Печи для нагрева блюмов, слябов, заготовок. Толкательные методические печи. Печи с шагающим подом и с шагающими балками. Печи с роликовым подом. Печи с вращающимся подом. Секционные печи. Колпаковые печи. Протяжные печи для термической и термохимической обработки тонкой стальной ленты и жести.

Тема 8. Электрические нагревательные и термические печи.

Методы генерации тепла за счет электрической энергии. Печи сопротивления. Электрические нагревательные колодцы. Колпаковые электрические печи. Индукционные нагревательные печи.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Нагрев металла.	4	2					Экзамен
2	Топливо и его горение.	4						Экзамен
3	Общая классификация нагревательных печей и режимов их работы.	4	2					Экзамен
4	Огнеупорные материалы и металлы для строительства печей.	4	2					Экзамен
5	Устройства для сжигания топлива.	4	2					Экзамен
6	Устройства для утилизации тепла отходящих дымовых газов.	4	2					Экзамен
7	Нагревательные и термические топливные печи.	4	4					Экзамен
8	Электрические нагревательные и термические печи.	6	3					Экзамен

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Теплотехника металлургического производства: учебное пособие для вузов: т. 1. Теоретические основы / под ред. В.А.Кривандина - М.: изд-во МИСиС, 2002. - 608 с.
2. Теплотехника металлургического производства: учебное пособие для вузов: т. 1. . Конструкция и работа печей. / под ред. В.А.Кривандина - М.: изд-во МИСиС, 2002.

### Дополнительная учебная и научная литература

3. Конструкционные стали и сплавы : учебное пособие / Г.А. Воробьева, Е.Е. Складнова, В.К. Ерофеев, А.А. Устинова ; под ред. Г.А. Воробьевой. – Санкт-Петербург : Политехника, 2013. – 440 с. : схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447615> (дата обращения: 29.01.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7325-1010-2.
4. Сатановский Л.Г., Мирский Ю.Д. Нагревательные и термические печи в машиностроении.- М.: Металлургия, 1971- 383 с.
5. Теплотехнические расчеты металлургических печей. Учебное пособие для студентов металлургических специальностей / под ред. А.С. Телегина.- М.: Металлургия, 1982- 358с.
6. Сидоренко В.Д. Применение индукционного нагрева в машиностроении.- Л.: Машиностроение, 1980- 231 с.
7. Золотухин Н.М. Нагрев и охлаждение металла.- М.: Машиностроение, 1973- 192 с.
8. Кузнечно-штамповочное производство (ежемесячный научно-технический и производственный журнал).
9. Кузнечно-штамповочное оборудование. Под ред. Банкетова А.Н. и Ланского Е.Н. М.: Машиностроение, 1982-574с.
10. Лазаренков А.М. Охрана труда. Учебник. Мн.: БНТУ, 2004-497с.
11. Норицин, И.А. и др. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов и заводов. Учебн. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1977-423с.

Электронные учебно-методические комплексы, наглядные и других пособия, методические указания и технические средства обучения

12. Валицкая О.М. Электронный учебно-методический комплекс ДИСЦИПЛИНЕ «Расчеты и конструкции нагревательных устройств» для студентов специальности 1-36 20 02 Упаковочное производство ( по направлениям) направление специальности: 1-36 20 02-03 Упаковочное производство (технологии и оборудование упаковочного производства) дневной формы обучения.- ГТТУ им. П. О. Сухого, 2012. Режим доступа: <http://elib.gstu.by>.
13. М/УК 1749 Методические указания к курсовой работе по теме «Расчет и проектирование нагревательных устройств» курса «Нагрев и нагревательные устройства» для студентов специальности 1204 / О.М. Валицкая; каф. "Об-



работка материалов давлением". - Гомель: ГГТУ, 1994. - 43 с.

14. М/УК 2187 Практическое пособие по теме «Расчет электрических печей сопротивления» курса «Расчет и конструкции нагревательных устройств» для студентов специальности спец. Т. 02. 02. 02 / О.М. Валицкая; каф. "Обработка материалов давлением". - Гомель: ГГТУ, 1997. - 19 с.

15. М/УК 2927 Металлургическая теплотехника. Практическое руководство к практическим занятиям по одноименному курсу для студентов специальности 36.01.05 «Машины и технология обработки материалов давлением (Т.02.02 «Технология, оборудование и автоматизация обработки материалов давлением»)/О.М. Валицкая; каф. "Обработка материалов давлением". - Гомель: ГГТУ, 2004. - 29 с.

16. М/УК 3809 Расчеты и конструкции нагревательных устройств. Лабораторный практикум по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» )/ О.М. Валицкая; каф. "Обработка материалов давлением". - Гомель: ГГТУ, 2009. - 60 с.

17. Домаров, П.В. Установки специального электронагрева : учебное пособие / П.В. Домаров, А.А. Мелешко. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 76 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228753> (дата обращения: 29.01.2020). – ISBN 978-5-7782-2189-5.

Характеристика (описание) инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы интерактивного обучения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при управляемой самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на практических занятиях.

При преподавании дисциплины в современных условиях является необходимым применение мультимедийных, информационно коммуникационных технологий и цифровых информационных ресурсов Лекционные занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций, видеofilмов и других информационно иллюстративно-демонстрационных средств компьютерных информационных технологий в интерактивном режиме.

### Средства диагностики и контроля качества усвоения знаний

Контроль знаний студентов осуществляется путем устного опроса при выполнении практических, тестового контроля по темам и разделам курсе (модулям) в ходе текущего (рубежного) и итогового контроля знаний; письменного и устного опроса на экзамене.

### Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

В соответствии с п. 17 Положения «О текущей аттестации» от 11.11.2013 № 29 студенты допускаются к сдаче экзамена по учебной дисциплине «Расчёты и конструкции нагревательных устройств» при условии выполнения ими всех видов занятий, предусмотренных учебным планом и настоящей учебной программой.

### Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53- ПО).

### Перечень практических занятий

Контроль режима нагрева печи прибором автоматического регулирования КСП-4.2.

Преобразователи термоэлектрические, методы и средства поверки.

Передача тепла через стенки печи при стационарном режиме работы.

Определение коэффициента теплоотдачи при охлаждении металла.

Нагрев твердых тел, определение «массивности» тела.

Изучение процесса нагрева заготовок и деталей в камерных печах при постоянной температуре печи.

Основы механики печных газов, расчет дымовой трубы.

Топливо и его сжигание, расчет горения топлива.

Основы теплопередачи, расчет теплообмена в рабочей камере печи.

Расчет времени нагрева металла в печи.

Основы проектирования и методика расчёта пламенных печей.

Основы проектирования и методика расчёта электрических печей.

### Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических и лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием занятий;

- самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения расчётно-графических работ по индивидуальным заданиям с консультациями у преподавателя;

- подготовка к сдаче экзамена

Преподаватель должен стимулировать и поощрять самостоятельную работу студентов, привлекать студентов к решению прикладных задач в рамках НИРС, к исследовательской работе на ведущей и выпускной кафедрах.

При изучении дисциплины рекомендуется не все вопросы программ выносить на лекции. В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой можно предложить им часть разделов описательного характера изучить самостоятельно по литературе, указанной в программе. вопросы для самостоятельного изучения рекомендуется включить в перечень вопросов к экзамену.

Для организации самостоятельной работы студентов необходимо использовать: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки университета.

Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Основные понятия. Нагрев металла.
2. Окисление металла.
3. Обезуглероживание стали.
4. Перегрев и пережог.
5. Температурные напряжения.
6. Равномерность нагрева.
7. Общая характеристика методов расчета нагрева металла.
8. Нагрев тел при краевых условиях третьего рода.
9. Топливо и его горение.
10. Классификация топлива.
11. Химический состав топлива.
12. Теплота сгорания топлива.
13. Краткие сведения о топливе, применяемом в печах цехов ОМД.
14. Общие положения теории горения.
15. Общая классификация нагревательных печей и режимов их работы.
16. Классификация и общая характеристика режимов работы печей.
17. Теплотехнические характеристики работы печей.
18. Теплообмен в пламенных печах.
19. Огнеупорные материалы и металлы для строительства печей.
20. Огнеупорные материалы.
21. Физические свойства огнеупорных материалов.
22. Рабочие свойства огнеупорных материалов.

23. Теплоизоляционные материалы.
24. Огнеупорные растворы и обмазки.
25. Металлы, применяемые в печестроении.
26. Устройства для сжигания топлива.
27. Устройства для сжигания газа.
28. Горелки, применяемые при равномерно-распределенном и прямом радиационных режимах работы печи.
29. Горелки с полным предварительным смешением (инжекционные горелки).
30. Горелки с внешним смешением (пламенные).
31. Горелки с частичным предварительным смешением.
32. Горелки, применяемые при косвенном радиационном режиме работы печи.
33. Горелки с предварительным смешением.
34. Горелки с внешним смешением (плоскопламенные).
35. Устройства для сжигания жидкого топлива.
36. Форсунки низкого давления.
37. Форсунки высокого давления.
38. Радиантные трубы.
39. Устройства для утилизации тепла отходящих дымовых газов.
40. Регенеративный и рекуперативный принципы утилизации тепла.
41. Теплообмен в рекуператорах.
42. Классификация рекуператоров.
43. Металлические рекуператоры.
44. Конвективные рекуператоры.
45. Трубчатые рекуператоры.
46. Игольчатые рекуператоры.
47. Радиационные и комбинированные рекуператоры.
48. Керамические рекуператоры.
49. Нагревательные и термические топливные печи.
50. Нагревательные колодцы.
51. Регенеративные колодцы.
52. Рекуперативные колодцы.
53. Камерные печи.
54. Печи для нагрева блюмов, слябов, заготовок.
55. Толкательные методические печи.
56. Печи с шагающим подом и с шагающими балками.
57. Печи с роликовым подом.
58. Печи с вращающимся подом.
59. Секционные печи.
60. Колпаковые печи.
61. Протяжные печи для термической и термохимической обработки тонкой стальной ленты и жести.
62. Электрические нагревательные и термические печи.

63. Методы генерации тепла за счет электрической энергии.
64. Печи сопротивления.
65. Электрические нагревательные колодцы.
66. Колпаковые электрические печи.
67. Индукционные нагревательные печи.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
САПР технологических процессов и оснастки	МиТОМ	Нет Бобарикин Ю.Л.	