

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им. П.О. Сухого

О.Д. Асенчик

(подпись)

30.06.

2022

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-33-126/уч.

ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей

1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»

1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий»

Учебная программа составлена на основе:
образовательных стандартов ОСВО 1-36 01 08 -2019, ОСВО 1-36 07 02 -2019;
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 08
«Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»,
специализации 1-36 01 08 02 «Технология производства изделий из
композиционных материалов и средства технологического оснащения» № I 36-
1-07/уч. от 05.02.2020,
специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных
технологий» № I 36-1-08/уч. от 05.02.2020

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.Н. Прусенко, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии
обработки материалов» учреждения образования «Гомельский
государственный технический университет имени П.О. Сухого»

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Зюзьков Евгений Александрович, главный металлург ОАО «ГЛЗ
«ЦЕНТРОЛИТ»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения
образования «Гомельский государственный технический университет имени
П.О. Сухого» (протокол № 5 от 22.04.2022);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета
учреждения образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого» (протокол № 10 от 12.05.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский
государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 5 от 28.06.2022).

Регистрационный номер МТФ: УД-22-03/уч

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

подавляющее большинство современных производственных процессов связано с процессами теплопередачи и с необходимостью управлять сложными теплофизическими процессами, которые реализуются в комплексных тепломассообменных агрегатах. Теплотехнические и технологические процессы, протекающие в них, сложны и многообразны. Без глубокого понимания физической сущности происходящих в них явлений и без достаточной теоретической подготовки невозможно решать инженерные и инновационные задачи, совершенствовать не только технические, но и экологические характеристики энергоёмкой литейной технологии. Дисциплина «Термодинамика и теплотехника» представляет собой теоретический и одновременно прикладной курс, в котором изложены основные закономерности процессов генерации и обмена тепловой энергией, механики газов, принципы работы основных теплотехнических агрегатов и устройств.

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Термодинамика и теплотехника» является изучение теоретических и технологических основ теплофизических процессов и принципов работы печей и других теплотехнических агрегатов, используемых в машиностроительном производстве, обучение специалистов анализу связей технологических, теплотехнических и конструктивных параметров, обеспечивающих эффективную работу агрегатов в области нагрева, плавки и термообработки материалов.

Задачей курса является подготовка специалистов к эффективной производственной деятельности, приобретение навыков и умений производить теплотехнические расчеты, определять оптимальные режимы тепловой обработки, выбирать и осуществлять энергосберегающие технологии и агрегаты, приобретение компетентности в решении задач технического прогресса в технике плавки и тепловой обработки, энергосбережении и экологии.

Курс «Термодинамика и теплотехника» занимает важное и необходимое место в системе подготовки специалистов. Знание и понимание принципов работы печей и других теплотехнических и теплоэнергетических установок и агрегатов, приобретение компетентности в решении задач технического прогресса в технике плавки и тепловой обработки, энергосбережении и экологии. Дисциплина связана с освоением таких специальных курсов, как «Физика», «Физическая химия конструкционных материалов».

Требования к знаниям и умениям студентов после изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины будущий специалист должен:

знать

- основные термодинамические понятия, законы термодинамики и уравнения состояния;
- основные закономерности движения сплошной среды, включая струйное течение, методику расчета параметров движения в наиболее типичных случаях;

- основы теории горения, закономерности сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива, характеристики топлива, способы расчета процесса горения и управления процессов;

- основные закономерности процессов передачи тепла, законы теплообмена при стационарных условиях теплопроводностью, конвекцией, излучением,

- закономерности нагрева тел, уравнения нестационарной теплопроводности, способы расчета, нагрева (охлаждения) и плавления тел (материалов);

- способы преобразования электрической энергии в тепловую;

- основы расчета и конструирования плавильных, в особенности электрических, и нагревательных печей, рекуператоров и других теплообменных устройств;

уметь

- охарактеризовать процесс (установку) как теплотехнический объект;

- рассчитать процесс горения топлива и предложить мероприятия по его интенсификации;

- описать и рассчитать процесс движения газов в реальной установке, определить его основные параметры (сопротивление, конфигурацию потока, скорости движения, изменение плотности и т.п.);

- описать и рассчитать параметры стационарного теплообмена при передаче тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением, определить величину тепловых потерь, определить и описать процесс нагрева, выбрать и реализовать способ расчета нагрева (охлаждения) тел, предложить методы интенсификации или уменьшения теплообмена;

- разработать мероприятия по энергосбережению;

владеть

- методами термодинамического анализа технологических систем преобразования вещества и энергии;

- методами перехода от физических моделей к математическим моделям технических систем;

- методами определения абсолютных и относительных энергетических характеристик технических систем преобразования энергии и вещества.

В результате изучения дисциплины студенты должны приобрести специализированную компетенцию: владеть знаниями о теоретических и практических методах получения, преобразования, передачи и использования теплоты для выбора энергосберегающего теплотехнического оборудования и реализации эффективных режимов его эксплуатации.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- владеть вопросами анализа и расчета теплообменных установок и процессов;

- быть готовым к изменению вида и характера своей профессиональной деятельности, к работе над комплексными проектами;

- анализировать перспективы и направления развития теплотехники, выбирать оптимальные технологии и конструкции с учетом экологических требований и энергосбережения;

- работать с научной литературой, словарями, справочными материалами, рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий, обеспечивающей необходимые свойства;

- взаимодействовать со специалистами смежных профессий, анализировать и оценивать собранные данные;

- работать с научной, технической и патентной литературой, применять инновационные технологии.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Форма получения высшего образования: дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Термодинамика и теплотехника» в соответствии с учебными планами по специальностям 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» составляет 128 часов. Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетных единиц.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Вид занятий, курс, семестр	Дневная форма
Курс	3
Семестр	5
Лекции (часов)	34
Лабораторные занятия (часов)	16
Практические занятия (часов)	18
Всего аудиторных (часов)	68
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине	
Экзамен (семестр)	5

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение в курс «Термодинамика и теплотехника». Содержание курса. Теплотехника в машиностроительном производстве, ресурсосбережение и экология.

Раздел 1. Основы теории тепло- и массообмена.

Тема 1.1. Основные положения термодинамики. Основные параметры состояния тела. Термодинамические системы. Математическое выражение первого закона термодинамики. Внутренняя энергия. Работа изменения объема. Внешняя работа. Термодинамические параметры. Формулировки и математическое выражение второго закона термодинамики. Энергия и эксергия.

Тема 1.2. Основные понятия теплотехники. Способы получения тепловой энергии. Технология преобразований энергии на топливных электростанциях. Варианты использования тепловой энергии. «Жизненный цикл» тепловой энергии. Термический к.п.д. Теплообменные устройства. Системы аккумулирования энергии.

Раздел 2. Механика газов.

Тема 2.1. Кинематика и динамика сплошной среды. Предмет и метод механики газа. Строение газа. Основные физические свойства газа. Плотность. Удельный вес. Сжимаемость. Температурное расширение. Вязкость. Растворимость газов в жидкости. ч

Тема 2.2. Уравнения механики газов. Режимы движения. Расчеты параметров. Методы исследования и виды движения газов. Расход, средняя скорость. Уравнение расхода (неразрывности). Дифференциальные уравнения Эйлера движения идеального газа. Уравнение Бернулли.

Раздел 3. Теплогенерация и преобразование энергии

Тема 3.1. Топливо. Основы теории горения. Состав топлива. Основные характеристики топлива. Физический процесс горения топлива. Расчет процессов горения. Количество продуктов сгорания топлива. Котельные установки. Топочные устройства.

Раздел 4. Теплообмен, законы теплопередачи.

Тема 4.1. Теплопроводность в стационарных и нестационарных условиях. Теплопроводность при $f(\tau)=0$. Температурное поле. Уравнение теплопроводности. Стационарная теплопроводность через плоскую стенку. Стационарная теплопроводность через цилиндрическую стенку. Нестационарная теплопроводность. Методы расчета.

Тема 4.2. Конвекция. Излучение. Методы расчета конвективного теплообмена. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен. Краткие сведения из теории подобия. Закон Ньютона-Рихмана. Излучение. Лучистый теплообмен между твердыми телами. Основные законы теплового излучения

Раздел 5. Конструкции и работа печей.

Тема 5.1. Основы тепловой работы печей. Классификация печей по принципу теплогенерации. Электropечи. Плавильные печи для черных и цветных сплавов. Нагревательные печи и устройства. Огнеупорные и

изоляционные материалы печей.

Раздел 6. Ресурсосбережение и экология.

Тема 6.1. Вторичные энергоресурсы. Экологические характеристики печей. Методы и устройства рекуперации и утилизации тепла отходящих печных газов. Методы и устройства защиты окружающей среды от выбросов и других вредных воздействий при производстве отливок.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение	2						
1	Основы теории тепло-и массообмена							
1.1	Основные положения термодинамики.	2						устный опрос
1.2.	Основные понятия теплотехники.	2	2					устный опрос
2	Механика газов							
2.1.	Кинематика и динамика сплошной среды	4	2					устный опрос, защита Пр. №1
2.2	Уравнения механики газов. Режимы движения. Расчеты параметров.	4	2		2			устный опрос
3	Теплогенерация и преобразование энергии							
3.1.	Топливо. Основы теории горения.	4	2		2			устный опрос, защита Пр. №2, Лаб. №1
4	Теплообмен, законы теплопередачи.							
4.1	Теплопроводность в стационарных и нестационарных условиях	4	4		4			устный опрос, защита Пр. №3, Лаб. №2, 3
4.2	Конвекция. Излучение.	4	4		4			устный опрос, защита Пр. №4, Лаб. №4, 5
5	Конструкции и работа печей.							
5.1	Основы тепловой работы печей. Классификация печей по принципу теплогенерации	4	2		4			устный опрос, защита Пр. №5, Лаб. №6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Ресурсосбережение и экология.							
6.1	Вторичные энергоресурсы	4						устный опрос, защита Пр. №6
Итого (часов) по дисциплине:		34	18		16			

Перечень практических работ:

№ п/п	Наименование тем и их содержание	Кол-во часов
<i>5 семестр</i>		
1	Определение коэффициента передачи от охлаждающегося тонкого тела.	2
2	Исследование теплопередачи через однослойную огнеупорную стенку	2
3	Исследование теплопроводности через многослойную стенку.	4
4	Рекуперативные теплообменники.	2
5	Изучение конструкции печей сопротивления.	4
6	Изучение процесса нагрева заготовок в камерных печах.	4
ИТОГО:		18

Перечень лабораторных работ:

№ п/п	Наименование тем и их содержание	Кол-во часов
<i>5 семестр</i>		
1	Расчет параметров стационарного режима теплопроводности.	2
2	Расчет параметров нестационарного режима теплопроводности.	2
3	Расчет процесса теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции.	4
4	Расчёт горения твёрдого топлива.	2
5	Расчёт горения газообразного топлива.	4
6	Расчёт горения жидкого топлива.	2
ИТОГО:		16

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Овчинников, Ю. В. Основы теплотехники / Ю. В. Овчинников, С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 554 с. - URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575262>.
2. Metallургическая теплотехника: учебное пособие / В. И. Лукьяненко, Г. Н. Мартыненко, А. В. Исанова, В. В. Черниченко. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 200 с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617615>.
3. Теплотехника/ сост. Л. В. Лифенцева; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2019. – 110 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600345>.
4. Тимофеева, А. С. Metallургическая теплотехника. Процессы сушки и огнеупоры : учебное пособие для вузов / А. С. Тимофеева, Т. В. Никитченко, В. В. Федина. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 238 с.

Дополнительная литература

5. Теплотехника metallургического производства : учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Кривандина. - Москва : МИСИС, 2002. - 607с.
6. Теплотехника metallургического производства : учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Кривандина. - Москва : МИСИС, 2002. - 734с.
7. Metallургическая теплотехника : учебное пособие / В.И. Грызунов, Н.В. Фирсова, С.Е. Крылова и др. – 2-е изд., стер. – Москва : Флинта, 2014. – 108с.:. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461092>.
8. Лахмаков, В. С. Основы теплотехники и гидравлики/ В. С. Лахмаков, В. А. Коротинский. – Минск : РИПО, 2019. – 221 с.– URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599956>.
9. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / Под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. - Москва: Энергоиздат, 1982. - 510 с. - (Справ. серия "Теплоэнергетика и теплотехника")
10. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / В.А. Григорьев [и др.]; под общей ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – Кн. 4. – 586 с.
11. Котляр Я.Н. Методы и задачи тепломассообмена: учеб. пособие для студ. вузов. - Москва: Машиностроение, 1987. - 318 с.
12. Цветков Ф.Ф. Задачник по тепломассообмену: учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., испр. и доп.. - Москва: МЭИ, 2008. – 195 с.
13. Тимошпольский В.И., Трусова И.А., Стеблов А.Б., Павлюченков И.А. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах: учебное пособие для вузов. – Минск: Вышэйшая школа, 1992. – 217 с.

14. Теплотехнические расчеты металлургических печей. /Зобнин Б.Ф., Казлев М.Д. и др.-М.:Металлургия- 1982.
15. Казлев М.Д., Гуцин С.Н. и др. Основы теплогенерации. – Екатеринбург, УГТУ, 1999-285 с.
16. Мастрюков Б.С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей / Б.С.Мастрюков. –М.: Metallurgy, 1986. – 530с.
17. Кривандин В.А., Марков В.Л. Металлургические печи. – Москва: Metallurgy, 1987. – 463 с.
18. Глинков М.А., Глинков Г.М. Общая теория тепловой работы печей: учебник для вузов. – Москва: Metallurgy, 1990. – 230 с.
19. Егоров А.В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей.- М.: МИСИС, 2000- 272 с.

Учебно-методические материалы

20. Печи литейных цехов: пособие к курсовым работам для студентов дневного отделения специальности 1-36 02 01 “Машины и технология литейного производства” Ровин – Гомель: ГГТУ, 2010.-57с.
21. Металлургическое оборудование литейных цехов: методические указания к контрольным работам по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 02 01 “Машины и технология литейного производства” дневной и заочной форм обучения Ровин-Гомель: ГГТУ, 2007.-24с.

Электронный учебно-методические документы

22. Ровин, Л. Е. Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / Л. Е. Ровин. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. ЭУМКД340 <http://elib.gstu.by/handle/220612/2678>.
23. Ровин, Л. Е. Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика : курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" дневной и заочной форм обучения. В 2 ч / Л. Е. Ровин. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. - 118 с. ЭУМД328 <http://elib.gstu.by/handle/220612/1653>.

МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

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);
- элементы интерактивного обучения;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на лабораторных и практических занятиях и при управляемой самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на лабораторных и практических занятиях.

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

Методические рекомендации по управляемой самостоятельной работе студентов

При изучении дисциплины должна использоваться такая форма управляемой самостоятельной работы, как выполнение индивидуальных заданий в аудитории на лабораторных и практических занятиях под контролем преподавателя.

С целью развития у обучающихся навыков работы с учебной и научной литературой, исследовательской работы часть разделов дисциплины они могут изучать самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения включаются в перечень вопросов к экзамену.

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

Эффективность управляемой самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего (рубежного) контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям).

СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

Контроль знаний студентов осуществляется путем устного опроса при выполнении практических работ и при приеме отчетов по лабораторным работам; устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям) в ходе текущего (рубежного) контроля знаний; письменного и устного опроса на экзамене.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

Обучающиеся допускаются к сдаче экзамена по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Критерии оценки результатов учебной деятельности

При оценке знаний студента 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 28.05.2013г. № 09-10/53-ПО).

ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ:

1. Предмет термодинамика и теплотехника. Основные задачи и объекты изучения.
2. Понятия об идеальном газе. Уравнения состояния идеального газа.
3. Внутренняя энергия. Энтальпия. Изменения энтальпии при совершении работы.
4. Энергия и эксергия. Основные понятия.
5. Законы термодинамики.
6. Уравнение сплошности для одномерного течения.
7. Уравнение сплошности (неразрывности) при трехмерном течении.
8. Уравнение импульсов.
9. Уравнение движения. Локальное и конвективное ускорения.
10. Уравнение Навье-Стокса для идеального газа.
11. Уравнение Навье-Стокса для установившегося (стационарного) трехмерного течения.
12. Уравнение Бернулли. Вывод и область применения.
13. Сопротивления по тракту движения газов.
14. Струйное течение.
15. Топливо. Основные характеристики: вид топлива, теплотворность, состав, температура воспламенения.
16. Горение. Основные понятия: гомогенное и гетерогенное горение, скорость горения, пределы воспламенения, химические процессы при горении.
17. Тепловая теория горения. Влияние температуры.
18. Цепное воспламенение. Активные центры реакции.

19. Определение расходов воздуха и продуктов горения. Определение состава продуктов горения.
20. Определение температуры горения топлива. Способы повышения температуры горения. Примеры.
21. Расчет горения твердого топлива. Пример.
22. Способы повышения температуры горения.
23. Расчет горения газообразного топлива. Пример.
24. Способы теплопередачи. Физическая сущность процессов.
25. Стационарная теплопроводность. Тепловой поток через стенку.
26. Дифференциальные уравнения теплопроводности.
27. Теплопроводность. Удельная теплопроводность различных материалов.
28. Передача тепла через многослойную стенку при стационарном режиме.
29. Конвективный теплообмен. Уравнение Ньютона.
30. Теплообмен излучением. Основные понятия и законы.
31. Излучение серых тел. Угловой коэффициент. Эффективный поток.
32. Излучение газов. Теплообмен в системе газ - твердая поверхность.
33. Нестационарная теплопроводность. Нагрев тела при равномерном температурном поле.
34. Термически тонкие и массивные тела. Характер процессов нагрева.
35. Расчет времени нагрева тел.
36. Граничные и начальные условия в расчетах нагрева тел.
37. Перепад температур при нагреве заготовок.
38. Передача тепла от среды к среде через стенку.
39. Расчет тепловых потерь через рабочие окна в печах.
40. Теплообмен в рекуператорах.
41. Способы интенсификации процессов нагрева.
42. Классификация печей
43. Топливные печи, основные типы.
44. Тепловой баланс печей. Термический к.п.д.
45. Электрические печи. Основные типы, способы нагрева (регенерации тепла).
46. Печи сопротивления. Основные типы. Область применения.
47. Индукционный нагрев. Область применения. Принцип действия.
48. Теплообменные аппараты. Классификация.
49. Рекуперативные теплообменники. Классификация.
50. Регенеративные теплообменники. Конструкции. Принцип работы.
51. Насадки регенераторов. Конструкции. Принцип работы.
52. Петлевой рекуператор. Конструкции. Принцип работы.
53. Струйный радиационный рекуператор. Конструкции. Принцип работы.
54. Керамический трубчатый рекуператор. Конструкции. Принцип работы.
55. Основные теплоэнергетические показатели работы печи.
56. Устройства для сжигания топлива. Классификация.
57. Системы и аппараты очистки выбросов
58. Вторичные энергоресурсы.
59. Системы и аппараты очистки выбросов.
60. Повторное использование дымовых газов.

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
Проектирование цехов	МиТОМ	нет Ю.Л. Бобарикин
Аддитивные технологии в производстве	МвМ	нет Ж.В. Кадолич