

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»
(СПбГМТУ)

УТВЕРЖДАЮ	
Декан Факультета Цифровых Промышленных Технологий	
	(А.В. Лупис)
_____ 20__ г.	

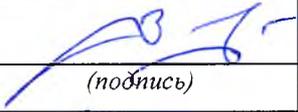
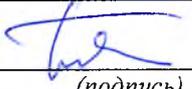
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

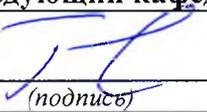
Аддитивные технологии

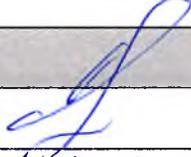
Направление подготовки, специальность	26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»
Наименование основной профессиональной образовательной программы	В соответствии со списком*
Уровень образования	Высшее образование - магистратура
Форма обучения	Очная

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Аддитивные технологии» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования СПбГМТУ по направлению подготовки 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»

РАЗРАБОТЧИКИ:	
 (подпись)	Земляков Е.В., доцент, к.т.н., (ФИО, должность (ученая степень, ученое звание (при наличии))
 (подпись)	Бабкин К.Д., старший преподаватель (ФИО, должность (ученая степень, ученое звание (при наличии))

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА		
на заседании кафедры Цифровых лазерных технологий		
«27» 08 20 21 г., протокол № 1		
Заведующий кафедрой		
 (подпись)	(дата)	Туричин Г.А., д.т.н., доцент (ФИО, ученая степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:		
Учебно-методическое управление	 (подпись)	С.Н. Постников (расшифровка подписи)

*Список основных профессиональных образовательных программ подготовки магистров, реализующих программу дисциплины «Аддитивные технологии»

№ п/п	Основная профессиональная образовательная программа	
	Код	Наименование
1.	26.04.02.10	Проектирование сварных судовых конструкций
2.	26.04.02.41	Проектирование сварных судовых конструкций (СОП)

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины являются:

- формирование специалистов способных к самостоятельной работе в области разработки технологических процессов получения изделий методом прямого лазерного выращивания;
- формирование компетенций, предусмотренных ОПОП.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В основу подготовки магистра заложен компетентностный подход. Результаты реализации данного подхода отражены в таблице.

№ п/п	Индекс и содержание компетенции	Индекс и содержание индикатора(ов) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения
1	ПК-1 Способен руководить теоретическими и экспериментальными исследованиями в области создания новых образцов судов, плавучих конструкций и их составных частей в соответствии с тактико-техническим заданием и техническим заданием*	ИДК-1.1 Выполняет проектные и конструкторские работы в целях изыскания и реализации путей создания новых образцов судов	Знания: <ul style="list-style-type: none">– Технические требования, предъявляемые к изделиям, с учетом специфики технологий лазерной обработки изделий– Основное технологическое оборудование, используемое в технологических процессах лазерной обработки и аддитивного производства, принципы его работы– Технологические факторы, влияющие на точность лазерной обработки заготовок и изделий– Нормативно-технические и руководящие документы ЕСКД и ЕСТД.– Правила эксплуатации технологического оборудования лазерной обработки– Правила эксплуатации технологической оснастки, используемой при реализации технологических процессов лазерной обработки и аддитивного производства. Умения: <ul style="list-style-type: none">– Разрабатывать типовые технологические процессы лазерной обработки и аддитивного производства– Работать с прикладными компьютерными программами общего и специального назначения для выполнения работ по проектированию и конструированию изделий и процессов для технологий лазерной обработки и аддитивного производства Навыки: <ul style="list-style-type: none">– Анализировать технические требования, предъявляемые к изделиям, с учетом специфики технологий лазерной обработки заготовок и изделий– Выбирать технологическое оборудование и оснастку, необходимую для реализации разработанных технологических процессов лазерной обработки заготовок и изделий.

2	УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	ИДК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знания: – Принципы и подходы к анализу поставленной задачи исследования. – Методы декомпозиции задач Умения: – Выделять составляющие части проблемы и связи между ними Навыки: – Структурировать задачи профессиональной сферы.
		ИДК-1.2 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения проблемной ситуации	Знания: – Способы поиска информации с применением информационных технологий Умения: – Анализировать и систематизировать научно-техническую информацию Навыки: – Оформлять результаты научно-исследовательской работы
		ИДК-1.3 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов, а также возможные последствия	Знания: – - Принципы целеполагания с последующей оценкой результатов планируемой деятельности. Умения: – Разрабатывать стратегию решения поставленной задачи. Навыки: – Оформлять результаты научно-исследовательской работы

* Осуществляется освоение только части компетенции

3. Структура и содержание дисциплины

Вид учебной работы		Трудоемкость, час
Общая трудоемкость по учебному плану		144
Аудиторные занятия:		
Лекции (Л)		18
Лабораторные работы (Лаб)		36
Самостоятельная работа (СР) без учета промежуточного контроля		54
Подготовка к промежуточному контролю и промежуточный контроль	Экзамен	36

3.1 Структура и содержание аудиторных занятий

№ темы	Наименование темы	Вид занятия	Содержание занятия	Часы
1.	История создания и развития аддитивных технологий (АТ)	лекция	История создания аддитивных технологий. Общая и специальная терминология. Наиболее распространенные лазерные аддитивные технологии. Области применения	1
2.	Базовые физические процессы лазерных (лучевых) АТ	лекция	Физическая картина технологических процессов. Физические процессы и их влияние на конечные свойства изделий. Принципы контроля	3

№ темы	Наименование темы	Вид занятия	Содержание занятия	Часы
			технологического процесса лазерного выращивания	
		<i>Лабор. занятия</i>	Изучение физических процессов, протекающих при прямом лазерном выращивании	6
3.	Классификация материалов, используемых в АТ	<i>лекция</i>	Металлические и полимерные порошковые материалы, их основные физико-химические характеристики, геометрия порошков, структура и свойства. Методы получения порошковых материалов. Проволоки в прямом лазерном выращивании, формирование градиентных структур при АТ, создание многослойных материалов.	2
4.	Формирование структуры при АТ.	<i>лекция</i>	Основные процессы, протекающие при аддитивных технологиях, формирование структуры при охлаждении, фазовые превращения. Влияние структурно-фазового состояния на конечные свойства деталей и изделий	2
		<i>Лабор. занятия</i>	Изучение факторов, влияющих на фазово-структурные превращения в металлических материалах при прямом лазерном выращивании	8
5.	Выбор материала	<i>лекция</i>	Сравнительный анализ деталей в литом и выращенном состоянии. Сравнение структурных характеристик, сравнение механической обработки и ее временной протяженности.	2
6.	Конструирование изделий	<i>лекция</i>	Гармоничность и рациональность конструкции. Использование стандартных элементов. Обоснованное назначение посадок, допусков, степеней точности и классов чистоты	2
7.	Технологические комплексы для прямого лазерного выращивания	<i>лекция</i>	Оборудование, входящее в состав технологического комплекса, его функциональное назначение. Технологические головки для прямого лазерного выращивания, принципы их функционирования и технологические возможности. Основные особенности и технологические возможности. Особенности систем управления, управляющие программы	2
		<i>Лабор. занятия</i>	Изучение технологических комплексов для прямого лазерного выращивания	16
8	Кинематические схемы установок для прямого лазерного выращивания	<i>лекция</i>	Обзор кинематических схем, применяемых в технологических комплексах: 3-х и 5-ти координатные, роботизированные. Размеры рабочих полей и выращиваемых изделий	2
9.	Вспомогательное оборудование	<i>лекция</i>	Система подачи и рециркуляции наплавляемого порошка, система поддержания рабочей температуры выращиваемого изделия, система автоматического управления, комплекс лазерного оборудования, система поддержания рабочей атмосферы. Производители оборудования	2
		<i>Лабор. занятия</i>	Изучение принципов контроля процесса прямого лазерного выращивания	6
	<i>Всего</i>			54

3.2 Примерная тематика курсовых работ

Не предусмотрены учебным планом.

3.3 Примерная тематика рефератов

Не предусмотрены учебным планом.

4. Практическая подготовка

№ п/п	Виды работ	Приобретаемые практические навыки
1.	Изучение физических процессов, протекающих при прямом лазерном выращивании	Приобретает практические навыки оценивать степень влияния физических процессов на конечные свойства изделия при прямом лазерном выращивании
2.	Изучение факторов, влияющих на фазово-структурные превращения в металлических материалах при прямом лазерном выращивании	Приобретает практические навыки анализировать факторы, влияющие на формирование структуры и свойств материалов в результате воздействия на них лазерного излучения в процессе аддитивного производства.
3.	Изучение технологических комплексов для прямого лазерного выращивания	Приобретает практические навыки оценивать производственные возможности технологических комплексов для ПЛВ
4.	Изучение принципов контроля процесса прямого лазерного выращивания	Приобретает практические навыки оценивать возможности контроля процесса для получения нужных свойств конечного изделия

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Литература

1. Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки: учебное пособие / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров ; под. ред. А.Г. Григорьянца. — Москва : МГТУ им. Баумана, , 2006. — 664 с. 18 экз.
2. Богданов, А. В. Волоконные технологические лазеры и их применение: учебное пособие / А. В. Богданов, Ю. В. Голубенко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 236 с. — ISBN 978-5-8114-8771-4 — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: [ЭБС Лань \(lanbook.com\)](http://lanbook.com)
3. Лазеры: применения и приложения: учебное пособие / А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов, С. В. Ивакин ; под редакцией А. С. Борейшо. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 520 с. — ISBN 978-5-8114-2234-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: [ЭБС Лань \(lanbook.com\)](http://lanbook.com).

4. Звонцов, И. Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И. Ф. Звонцов, К. М. Иванов, П. П. Серебrenицкий. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 696 с. — ISBN 978-5-8114-4520-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: [ЭБС Лань \(lanbook.com\)](http://www.lanbook.com)

5.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины

- Сайт журнала Photonics: <http://www.photonics.com/>
- Сайт издательства Springer: <https://link.springer.com/>
- Encyclopedia for Photonics and Laser Technology: <https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>
- Сайт журнала Laser Focus World: <https://www.laserfocusworld.com/index.html>

5.3 Лицензионное программное обеспечение, обновляемое ежегодно

- Microsoft Windows 10 Pro;
- Microsoft Office Standard 2013;
- Adobe Acrobat Reader DC

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При реализации дисциплины необходимо использовать следующие компоненты материально-технической базы университета:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Комплекты учебной мебели:

- стол преподавателя — 1 шт.
- стол студента — 39 шт.
- стул — 40 шт.
- интерактивная доска — 1 шт.

Технические средства обучения:

- экран проекционный — 1 шт
- проектор лазерный 4K Mi Laser Projection 150 — 1 шт.
- компьютер с доступом к сети Интернет и в электронную информационно-образовательную среду университета,

2. Учебно-научная лаборатория для проведения лабораторных работ и других видов работ обучающимися в области лазерных и аддитивных производственных технологий.

Лабораторное оборудование:

- иттербиевый волоконный лазер (ЛС-15) - 1 шт.
 - модуль лазерно-дуговой - 1 шт.
 - блок подготовки распределения газов - 1 шт.
 - компрессорная установка ROTAR MC708 -1 шт.
 - стойка управления в корпусе RITTAL - 1 шт.
 - фильтровентиляционный агрегат ПМСФ-1/SP - 1 шт.
 - выпрямитель для дуговой сварки ВДУ-1500 DC - 1 шт.
 - источник питания дуговой ВДУ-506 ДК - 1 шт.
 - оснастка технологическая сварочная лазерно-дуговая -1 шт.
 - сварочный аппарат Phoenix 522 RC -1 шт.
 - твердомер по Виккерсу в комплекте- 1 шт.
 - тепловизор Testo 868- 1 шт.
 - течеискатель портативный GasCheck G3 -1 шт.;
 - узлы современного автоматизированного и механизированного технологического оборудования (иттербиевый волоконный лазер ЛС-16, чиллер воздух-вода, коллимирующее устройство) – 1 комплект
 - опытный образец лазерно-дугового сварочного технологического комплекса (ЛДСТК) для гибридной лазерно-дуговой сварки судокорпусных конструкций в различных пространственных положениях - 1шт.
 - опытный образец лазерно-дугового сварочного технологического комплекса ИЛСТ.683414.050 (ЛДСТК), включающий в себя систему позиционирования и перемещения – 1 шт.
 - прецизионный отрезной станок в комплекте с аксессуарами MICRACUT 202 – 1 шт.
 - машина шлифовально-полировальная однодисковая Saphir 250 A1-ECO - 1 шт.
 - микроскоп Leica DMi8A – 1 шт.
 - настольный рентгеновский дифрактометр D2 PHASER – 1 шт.
3. Самостоятельная работа студентов:
- учебная аудитория для проведения самостоятельной работы обучающихся,
 - рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

**Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Индекс контролируемой компетенции	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Оценочные средства текущего контроля успеваемости
1	ПК-1	Темы 1 -9	Отчеты по лабораторным работам
3	УК-1	Темы 2, 4, 6, 9	Отчеты по лабораторным работам
Форма промежуточной аттестации		Оценочные средства промежуточной аттестации	
Экзамен		Вопросы к экзамену	

2. Оценочные средства для текущей и промежуточной аттестации

2.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Представление и защита отчетов по лабораторным работам.

Перечень лабораторных работ по разделам дисциплины с указанием трудоемкости:

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость, часов
1	2	Изучение физических процессов, протекающих при прямом лазерном выращивании	6
2	4	Изучение факторов, влияющих на фазово-структурные превращения в металлических материалах при прямом лазерном выращивании	8
3	7	Изучение технологических комплексов для прямого лазерного выращивания	16
4	9	Изучение принципов контроля процесса прямого лазерного выращивания	6
Итого			36

Структура отчета по лабораторной работе:

1. Цель и задачи лабораторной работы:

2. Методика выполнения работы
3. Характеристика конструкции изделия
4. Свойства материала
5. Структура и состав лазерного технологического комплекса, принцип работы.
6. Результаты работы
7. Выводы по работе

Требования к выполнению лабораторных работ и представлению отчетов

Лабораторные работы выполняются обучающимися в часы лабораторных занятий согласно расписанию в присутствии преподавателя с соблюдением требований техники безопасности и охраны труда при работе на лазерных установках. Отчеты о лабораторных работах должны быть аккуратно оформлены в соответствии с требованиями и рекомендациями, изложенными в соответствующих положениях университета и методических указаниях по выполнению лабораторных работ. В ходе защиты отчета по лабораторной работе студент должен продемонстрировать хорошее владение материалом, уметь отвечать на вопросы преподавателя, пояснить использованные или полученные в работе экспериментальные данные или результаты расчетов.

Шкала оценивания результатов лабораторной работы

Для оценки уровня усвоения материала используется двухбалльная система оценок: «зачтено» или «не зачтено».

Критерии оценки:

«Зачтено» – обучающийся демонстрирует знание теоретического материала, исчерпывающе, логически стройно и аргументировано отвечает на вопросы преподавателя, лабораторные работы выполнены в полном объеме самостоятельно, отчеты по лабораторным работам правильно оформлены. Допустимы несущественные ошибки, которые устраняются студентом в течение короткого времени самостоятельно.

«Не зачтено» - обучающийся демонстрирует существенные пробелы в знании основного материала курса, а также допускает принципиальные ошибки при ответе на дополнительные вопросы преподавателя, лабораторные работы выполнены не полностью и/или не самостоятельно, студент не ориентируется в тексте отчета, отчеты оформлены не в соответствии с требованиями.

2.1 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме устного собеседования:

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Наиболее распространенные лазерные аддитивные технологии.
2. Области применения лазерных аддитивных технологий
3. Физические процессы и их влияние на конечные свойства изделий.
4. Принципы контроля технологического процесса лазерного выращивания
5. Металлические и полимерные порошковые материалы, их основные характеристики, структура и свойства.
6. Проволоки в прямом лазерном выращивании,
7. Формирование градиентных структур при АТ, создание многослойных материалов
8. Основные процессы, протекающие при аддитивных технологиях,
9. Формирование структуры в цикле нагрев-охлаждение,
10. Фазовые превращения.
11. Влияние структурно-фазового состояния на конечные свойства деталей и изделий
12. Принципы гармоничности и рациональности конструкции. Обоснованное назначение посадок, допусков, степеней точности и классов чистоты
13. Сравнительный анализ деталей в литом и выращенном состоянии.
14. Оборудование, входящее в состав технологического комплекса для прямого лазерного выращивания, его функциональное назначение.
15. Технологические головки для прямого лазерного выращивания, принципы их функционирования и технологические возможности.
16. Особенности систем управления, управляющие программы
17. Обзор кинематических схем, применяемых в технологических комплексах
18. Системы подачи и рециркуляции наплавляемого порошка,
19. Система поддержания рабочей температуры выращиваемого изделия,
20. Система поддержания рабочей атмосферы

Шкала оценивания:

Для оценки уровня усвоения материала используется четырёхбалльная система оценок: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Критерии оценки:

«Отлично» – обучающийся правильно отвечает на все вопросы билета, исчерпывающе, логически стройно излагает материал, владеет умениями и навыками при выполнении

практических заданий на высоком уровне, правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя.

«Хорошо» – обучающийся, в основном, правильно отвечает на вопросы билета, не допускает в ответах существенных ошибок, но не всегда точно и аргументированно излагает материал, владеет необходимыми умениями и навыками на достаточном уровне при выполнении практических заданий, не допускает существенных ошибок при ответе на дополнительные вопросы преподавателя.

«Удовлетворительно» – при ответе на вопросы обучающийся демонстрирует только поверхностные знания разделов курса, испытывает затруднения с формулированием ответов, допускает неточности и ошибки. Обучающийся испытывает затруднения при выполнении практических заданий, ответы на дополнительные вопросы являются неполными и содержат ошибочные суждения.

«Неудовлетворительно» – обучающийся демонстрирует существенные пробелы в знании основного материала курса, а также допускает принципиальные ошибки при изложении материала и ответах на дополнительные вопросы преподавателя