Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Песцов Дмитрий Николаевич
Должность: Проректор ТГАСУ по учебной работе
Дата подписания: 19.11.2026 12:08:27
Уникальный программный ключ:
377c65ba4b077ae829074a6e0578e9ca83c05cf0

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ Д.Н. Песцов
«____» _____ 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

курса повышения квалификации

«Аддитивное проектирование: полный цикл от идеи до реализации»

Наименование программы

направления подготовки (специальности):
«Строительство» (08.03.01)
«Архитектура» (07.03.01)

Код и наименование

Томск
2026

1. Общая характеристика курса.

Курс создан и реализуется на базе ТГАСУ в рамках проекта «Аддитивные технологии в строительстве» Стратегического технологического проекта «Химия и инжиниринг новых строительных материалов». Курс разработан в партнерстве с ООО «Смартбилдсервис» (г. Москва), работающей на рынке промышленных строительных 3D-принтеров и аддитивного строительства. Содержание курса составлено, в том числе, с опорой на профессиональный стандарт «Специалист по аддитивным технологиям» (код 40.159). Кроме того, в разработке учебных материалов курса приняли участие приглашенные эксперты из НИУ МГСУ и ВГТУ, а также практикующие профессионалы из отрасли аддитивного строительства.

1.1. Цель и задачи реализации курса

Целью реализации курса повышения квалификации является формирование, актуализация и развитие у специалистов в области строительства и архитектуры комплексных теоретических знаний и практических навыков, необходимых для быстрого погружения в сферу аддитивного строительства и реализации проектов полного цикла — от проектирования до возведения объектов, с целью повышения функциональных, эстетических, эксплуатационных и экономических характеристик архитектурной среды.

Задачи:

1. Изучить возможности, спектр существующих аддитивных технологий (3D-печати), применяемых материалов и оборудования для выбора оптимальных методов возведения строительных конструкций и малых архитектурных форм.

2. Сформировать навыки работы в междисциплинарных командах для устранения разрывов между архитектурным замыслом, инженерно-конструкторской и технологической реализацией проекта.

3. Сформировать алгоритм выбора материалов и метода 3D-печати под конкретную проектную задачу с учетом действующих норм.

4. Освоить последовательность технологических операций аддитивного производства и интеграции инновационных материалов на всех этапах — от разработки архитектурной концепции до выпуска готового изделия.

5. Научить выявлять и предотвращать типичные ошибки при проектировании узлов, конструкций и деталей, созданных с применением аддитивных технологий.

6. Овладеть методиками технико-экономического обоснования и оценки эффективности проектов с применением аддитивных технологий.

7. Разобрать реальные практические кейсы (как успешные, так и провальные) применения инновационных материалов и аддитивного строительства в российской практике.

Таким образом, курс нацелен на преодоление разрыва между передовыми технологиями производства и развивающимися потребностями строительной отрасли, подготавливая участников отрасли к новым ролям в области цифрового и аддитивного строительства.

1.2. Категория слушателей.

Курс предназначен для студентов 3, 4 и 5 курсов специалитета и 1 курса магистратуры по направлениям: «Архитектура», «Строительство» и «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

1.3. Трудоемкость обучения и режим занятий слушателей.

Нормативный срок освоения курса – 244 часа, включая все виды аудиторной и самостоятельной учебной работы слушателей.

Общая продолжительность курса – 32 недели (8 месяцев).

Учебная нагрузка устанавливается не более 8 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной учебной работы слушателя. Курс реализуется один раз в год.

1.4. Форма обучения и форма организации образовательной деятельности.

Форма обучения: очная на базе ТГАСУ; предусмотрено освоение части материала в онлайн-формате с консультацией.

Продолжительность учебной недели по очной форме обучения составляет 5 дней.

2. Формализованные (планируемые) результаты освоения курса.

В результате освоения курса слушатель должен овладеть, дополнительно к имеющимся, следующими профессиональными компетенциями:

ЗНАТЬ:

- Требования к техническому заданию на проектирование 3D-печатных элементов; требования и ограничения CAD/BIM-моделирования с учетом специфики послойной печати;
- Классификацию аддитивных технологий, виды 3D-принтеров и периферийного оборудования;
- Виды и свойства материалов, применяемых в аддитивном строительстве;
- Особенности подготовки модели объекта для аддитивного строительства;
- Методику оценки несущей способности конструкций, созданных при помощи строительной 3D-печати;
- Стандарты и нормативные требования, применяемые к аддитивному строительству.

УМЕТЬ:

- Анализировать исходные данные и технические ограничения технического задания;
- Разрабатывать трехмерные цифровые модели строительных конструкций и малых архитектурных форм под требования строительной 3D-печати;
- Подбирать состав строительной смеси и параметры оборудования (скорость экструзии, высота слоя, температурный режим) под конкретную форму и условия реализации проекта;
- Проводить расчеты конструктивной надежности конструкции, рассчитывать технико-экономические показатели проекта;
- Определять этапы размещения оборудования на площадке/ в цеху, осуществлять пусконаладку строительного принтера, выявлять и предотвращать брак в процессе печати;
- Определять стоимость цикла и целесообразность применения технологий аддитивного строительства.

ВЛАДЕТЬ:

- Навыками эффективного планирования и позиционирования технологий строительной 3D-печати;
- Навыками работы в профильном программном обеспечении для трехмерного моделирования и подготовки модели к аддитивному производству (оптимизация геометрии, экспорт в форматы STL/OBJ);
- Методами расчета и технологического обоснования выбора оборудования, материалов и параметров слайсинга (генерации G-кода) для достижения проектного качества изделия;
- Практическими навыками операционного управления процессом 3D-печати строительных объектов и методами контроля качества готового изделия.

3. Содержание программы.

3.1. Календарный учебный график.

Таблица 1. Форма календарного учебного графика.

Форма обучения	**Ауд. часов в день**	**Дней в неделю**	**Общая продолжительность программы (дней, недель, месяцев)**
очная	8	5	8 месяцев

3.2. Учебный план.

Таблица 2. Форма учебного плана курса, реализуемого в полном объеме с использованием аудиторных занятий.

№ п/п	Наименование дисциплин (модулей)	ОТ*, час.	Аудиторные/ дистанционные занятия, час.		ВЗ* час.	СРС*, час.	Форма контроля
			Лк*	ПЗ, СЗ, ЛЗ*			
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Технология 3D-печати и материалы	72	18	18	-	36	Презентация проекта на научно-практическом семинаре
2.	Архитектурное проектирование	64	18	18	-	28	
3.	Конструктивные решения	64	18	18	-	28	
4	Управление проектом	42	10	10	-	22	
Практики (стажировки)		-	-	-	-	-	Не предусмотрено
Итоговая аттестация		2	-	-	-	-	Защита проекта на научно-практическом семинаре
ИТОГО:		244	64	64		114	

* *ОТ – общая трудоемкость, Лк – лекции, ПЗ – практические занятия, СЗ – семинарские занятия, ЛЗ – лабораторные занятия, ВЗ – выездные занятия, СРС – самостоятельная работа слушателя*

3.3. Содержание учебных дисциплин (тем).

№ п/п	**Наименование тем**	**Содержание обучения по темам**
1.	Технология 3D-печати и материалы	Раздел рассматривает историю возникновения аддитивных технологий, классификацию существующих методов, их преимущества и недостатки, а также современное состояние развития отрасли. Материалы для аддитивного строительства: виды, получение, свойства, особенности. Технологии аддитивного строительства. Контроль и регулирование основных технологических свойств материалов. Виды 3D-принтеров и периферийное оборудование.
2.	Архитектурное проектирование	Специфика формообразования в аддитивной архитектуре.

		Свобода формы против технологических ограничений: углы наклона, нависающие элементы, мосты. BIM-технологии и цифровая модель (от концепта к коду). Особенности создания информационной модели под 3D-печать. Интеграция CAD/BIM-данных со слайсерами, генерация G-кода и траектории движения сопла. Текстура, фактура и эстетика печатных стен. Архитектурная выразительность слоистой структуры. Способы финишной отделки печатных поверхностей (интегрированная отделка, постобработка).
3.	Конструктивные решения	Специфика работы экструзированного бетона под нагрузкой. Различие прочности вдоль и поперек слоев. Межслойная адгезия как ключевой фактор надежности конструкции. Армирование элементов при 3D-печати. Технологии непрерывного армирования в процессе печати. Проектирование узлов.
4.	Управление проектом	Организация строительной площадки для 3D-печати. Подготовка основания, логистика подачи смеси, монтаж и калибровка принтера. Влияние погодных факторов (температура, влажность, ветер) на процесс печати и уход за бетоном. Сметная стоимость аддитивного строительства. Экономика проекта: сравнение затрат на традиционное и 3D-строительство. Нормативно-правовая база и техническое регулирование Стандартизация 3D-печати в строительстве (ГОСТы, ТУ). Контроль качества на каждом этапе производства работ. Сертификация и технические условия для внедрения изделий в городскую среду. Управление командой проекта.
5.	Лабораторные занятия	Лабораторное занятие по подготовке смеси. Печать тестового образца.
6.	Самостоятельная работа слушателя	Изучение кейсовых ситуаций, дополнительных видеоматериалов (интервью с отраслевыми экспертами) и научных статей.
7.	Используемые образовательные технологии	В преподавании курса используются технологии практико-ориентированного обучения, а также дистанционные образовательные технологии: видеолекция, в том числе приглашенных спикеров.

3.4. Требования к промежуточной и итоговой аттестации.

Промежуточная аттестация учащихся выполняется на основании участия в групповом задании «Проектирование малой архитектурной формы». Участники защищают проектное решение перед печатью тестового образца.

Итоговая аттестация включает печать тестового образца и презентацию проекта на научно-практическом семинаре.

Групповое задание оценивается спикерами курса. При оценке группового задания все участники группы получают одинаковую оценку на основании общей оценки за выполненное задание.

Критерии оценки:

- Отлично (80-100%) – задание понято и выполнено корректно, конечный результат совпадает по форме и содержанию с запрашиваемым. Результат выполнения имеет понятное и аккуратное оформление, успешно представлен.
- Хорошо (60-79%) – задание понято и выполнено по большей части корректно, имеются небольшие недочеты в содержании и/или оформлении, выполнена презентация результатов.
- Удовлетворительно (40-59%) – при выполнении задания имеются серьезные неточности, требуются значительные корректировки, результаты оформлены слабо / не представлены.
- Неудовлетворительно (0-39%) – задание выполнено некорректно, требует повторного выполнения и считается невыполненным.

Общая оценка за курс выставляется на основании результатов итоговой аттестации. Курс считает успешно пройденным при достижении обучающимся оценки не ниже 50%.

Лицам, успешно освоившим программу повышения квалификации и прошедшим итоговую аттестацию выдается удостоверение о повышении квалификации.

4. Условия реализации программы.

4.1. Материально-технические условия реализации.

Занятия проводятся в помещении коворкинга ТГАСУ (офис 201, корпус 2), имеющего необходимое методическое и техническое оснащение. Лабораторные занятия проводятся на базе лаборатории кафедры строительных материалов и технологий, а также лаборатории Научно-образовательного центра «Аддитивное строительство Сибири».

Учебный процесс обеспечивается необходимой компьютерной и проекционной техникой, а также лабораторным оборудованием для работы со строительными материалами и телекоммуникационным оборудованием для реализации онлайн-подключений.

4.2. Учебно-методическое обеспечение курса.

Электронные образовательные ресурсы и лекции в видеоформате доступны обучающимся через общее облачное хранилище. Перечень рекомендуемых учебных материалов:

Основная литература:

1. Макаров А. Н., Коротеев Д. Д., Болотова А. Аддитивные технологии в строительстве: Учебное пособие — М.: Инфра-Инженерия, 2023.
2. Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. 3D-печать. Практическое руководство — М.: ДМК Пресс, 2020.
3. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. — М.: Минстрой России (с актуальными изменениями).
4. ГОСТ Р 59092-2020 Аддитивные технологии. Материалы для аддитивного производства. Общие требования. — М.: Стандартинформ. Основа нормативно-правовой базы для прохождения экспертизы проектов.
5. Дикман Л. Г. Организация строительного производства — М.: АСВ, 2020.

Дополнительная литература:

6. Perrot A., Jacquet Y. (Eds.) 3D Concrete Printing: State of the Art and Applications — Wiley, 2025. («3D-печать бетоном: современное состояние и области применения» (пер.),

7. Обзорная научная статья «Additive manufacturing in construction: bridging innovation and sustainability» («Аддитивные технологии в строительстве: объединяя инновации и устойчивое развитие» (пер.), https://doi.org/10.20935/AcadEng7691;
8. Научная статья «Carbon capture and sequestration with in-situ CO2 and steam integrated 3D concrete printing» («Улавливание и изъятие углекислого газа (УИУГ) при помощи встроенного сопла подачи углекислого газа и пара при 3D-печати (3DCP)» (пер.), https://doi.org/10.1016/j.ccst.2024.100306;
9. Sinclair E., AI. 3D Printed Houses: Designing Complex Geometries — Publifye AS, 2025. («Дома, напечатанные на 3D-принтере: проектирование сложных геометрических форм» (пер.), анализ формообразования в аддитивной архитектуре и работы со сложными параметрическими поверхностями без поддерживающих конструкций.
10. The Study of Additive Manufacturing Technologies with the Purpose of its Implementation in Construction Sector «Исследование аддитивных производственных технологий с целью их внедрения в строительный сектор» (пер.), https://cyberleninka.ru/article/n/the-study-of-additive-manufacturing-technologies-with-the-purpose-of-its-implementation-in-construction-sector/viewer.
11. Видеоинтервью с Романом Павленко, руководителем компании «3D4Art», работающей на российском рынке аддитивного строительства;
12. Видеоинтервью с практикующим экспертом, участником российских и зарубежных проектов в области аддитивного строительства Анной Шульгой.

5. Кадровое обеспечение курса.

Образовательный процесс по дисциплинам (темам) курса обеспечивается преподавателями вузов, среди которых ТГАСУ и Воронежский государственный технический университет (ВГТУ), а также отраслевыми экспертами в области аддитивного строительства. Куратором курса выступает канд. арх, доцент кафедры теория и история архитектуры ТГАСУ Верёвкина Ирина Дмитриевна.

Состав преподавателей курса:

1. Копаница Наталья Олеговна – д.т.н., профессор, заведующая кафедрой строительных материалов и технологий (ТГАСУ);
2. Славчева Галина Станиславовна – д.т.н., профессор кафедры технологий строительных материалов, изделий и конструкций Воронежского государственного технического университета (ВГТУ);
3. Галяутдинов Заур Рашитовы д.т.н., доцент и заведующий кафедрой «Железобетонные и каменные конструкции» ТГАСУ;
4. Шиленков Михаил Владимирович – генеральный директор компании «Смарт Билд Сервис»;
5. Дюков Александр Борисович – глава Ассоциации производителей строительных принтеров (АПСП), г. Москва;
6. Верёвкина Ирина Дмитриевна – канд. арх, доцент кафедры теория и история архитектуры ТГАСУ, Член Союза архитекторов РФ;
7. Ремарчук Сергей Михайлович – доцент кафедры архитектурного проектирования ТГАСУ, Член Союза архитекторов РФ;
8. Сорокина Екатерина Александровна – аспирант кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, Начальник Архитектурно-строительного бизнес-инкубатора;

9. Белоусов Денис Евгеньевич – коммерческий директор компании «Смарт Билд Сервис»;
10. Яушева Светлана Васильевна – к.т.н., специалист по аддитивным технологиям компании «Смартбилдсервис»;
11. Витушкин Севастьян Васильевич – инженер-конструктор компании «Смартбилдсервис».
12. Иглевский Иван Александрович – инженер НОЦ «Аддитивное строительство Сибири».

Возможно дополнение списка приглашенных спикеров в рамках реализации курса.

6. Разработчики программы.

Н.О. Копаница, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Строительные материалы и технологии» ТГАСУ (раздел 1 учебного плана)

_____
(подпись)

И.Д. Верёвкина, канд. арх., доцент кафедры «Теория и история архитектуры» ТГАСУ (разделы 2, 3 учебного плана)

_____
(подпись)

Н.В. Кахаева, эксперт отдела инноваций и коммерциализации (раздел 4 учебного плана)

_____
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель программы:
Руководитель программы отвечает за актуальность, качество дополнительной профессиональной программы и координацию взаимодействия со структурными подразделениями Университета по вопросам ее реализации

_____ (И.Д. Верёвкина)

Директор ИНО-ТГАСУ Н.Р. Шадейко