

РОЛЬ И МЕСТО АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Чудинский Р.М.¹, Горбунов Н.А.¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Воронеж, e-mail: chudinsky@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы о месте аддитивных технологий в системе общего, среднего профессионального, высшего и дополнительного образования. Представлены примеры и особенности образовательных программ соответствующей направленности. В рамках исследования обозначено противоречие между существующим в настоящее время масштабным внедрением аддитивных технологий в образовательный процесс систем общего, среднего профессионального, высшего образования и дополнительного образования детей и разночтениями в понятийном аппарате, терминологии, характеризующими использование аддитивных технологий в образовательном процессе. Проведен анализ отечественных и зарубежных исследований с целью определения понятия «аддитивные технологии», представлен процесс становления определения «аддитивное производство» и показаны его отличия от понятия «быстрое прототипирование». Предложены авторские определения понятий «аддитивные технологии», «аддитивные технологии в образовании», проанализированы аддитивные технологии как отдельная дисциплина и как раздел уже имеющих дисциплин. Обозначена цель внедрения аддитивных технологий в образовательный процесс общеобразовательных организаций, профессиональных образовательных организаций, образовательных организаций высшего образования и организаций дополнительного образования. Представленный понятийный аппарат позволит определить роль и место аддитивных технологий в образовательном процессе с учетом уровней образования и направленности профилей подготовки.

Ключевые слова: аддитивные технологии, образовательный процесс, производство, понятийный аппарат, средства обучения.

THE ROLE AND PLACE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Chudinsky R.M.¹, Gorbunov N.A.¹

¹FGBOU VO «Voronezh State Pedagogical University», Voronezh, e-mail: chudinsky@mail.ru

The article discusses the issues of the place of additive technologies in the system of general, secondary vocational, higher and additional education. Examples and features of educational programs of the corresponding orientation are presented. Within the framework of the study, the contradiction between the currently existing large-scale introduction of additive technologies into the educational process of the systems of general, secondary vocational, higher education and additional education of children and discrepancies in the conceptual apparatus, terminology characterizing the use of additive technologies in the educational process is indicated. The analysis of domestic and foreign studies in order to define the concept of «additive technologies» is carried out, the process of formation of the definition of «additive manufacturing» and its differences from the concept of «rapid prototyping» is presented. The author's definitions of the concepts «additive technologies», «additive technologies in education» are proposed, additive technologies as a separate discipline and as a section of existing disciplines are analyzed. The purpose of introducing additive technologies into the educational process of general education organizations, professional educational organizations, educational organizations of higher education and organizations of additional education is outlined. The presented conceptual framework will allow determining the role and place of additive technologies in the educational process, taking into account the levels of education and the orientation of training profiles.

Keywords: additive technologies, educational process, production, conceptual apparatus, learning tools.

В настоящее время применение аддитивных технологий получило широкое распространение во многих сферах жизни человека и производства, например в медицине, строительстве, промышленности и ряде других. Необходимость внедрения аддитивных технологий в систему образования на различных ее уровнях обуславливается ростом уровня

присутствия данной технологии на мировом рынке и, как следствие, запросом на большее количество квалифицированных специалистов в данной области. К.М. Шваб выделяет 3D-печать (или аддитивные технологии) как один из четырех преобладающих технологических мегатрендов [1, с. 135]. Такая высокая оценка перспективности технологии привела к тому, что многие страны начали разрабатывать концепции и стратегии внедрения аддитивных технологий в свою экономику и промышленный сектор.

В Российской Федерации в 2021 г. разработана и утверждена Стратегия развития аддитивных технологий на период до 2030 г. В ней обозначена цель развития отрасли Аддитивные технологии – «обеспечение роста объема российского рынка аддитивных технологий (аддитивного оборудования и комплектующих, материалов для аддитивной печати, услуг и программного обеспечения). Основными направлениями развития отрасли аддитивных технологий должны стать создание конкурентоспособного аддитивного оборудования и материалов на базе российских технических решений и программного обеспечения, обеспечивающего реализацию национальных проектов, а также доминирование на внутреннем рынке аддитивных технологий с существенным увеличением экспорта аддитивного оборудования и комплектующих» [2, с. 11].

В соответствии с целью в данной Стратегии сформулирован ряд задач, комплексное решение которых предполагается вести по нескольким ключевым направлениям: научно-техническое развитие, производство, отраслевые стандарты и метрологическое обеспечение, кадры, кооперация, экономическая эффективность.

Большинство отечественных и зарубежных исследований подробно рассматривают аддитивные технологии с технической точки зрения. В этих исследованиях внимание авторов, как правило, направлено на изучение новых материалов, доступных для аддитивного производства, их поведение при различных нагрузках и в различных средах, способы организации производства с использованием установок для аддитивного производства и т.д. Проведенный анализ показал, что аддитивные технологии практически не рассматриваются авторами с точки зрения их использования в образовательном процессе как по отдельным уровням образования, так и независимо от конкретного уровня образования. Понятийный аппарат, посвященный применению аддитивных технологий в образовании, не сформирован в окончательном виде.

В Российской Федерации обучение аддитивным технологиям в настоящее время осуществляется в системах общего, среднего профессионального, высшего образования и дополнительного образования детей. В образовательном процессе профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования существуют одноименные программы подготовки, имеющие сугубо инженерно-техническую

направленность. Например, Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по программе подготовки 15.02.09 Аддитивные технологии [3] обеспечивает формирование у выпускников профессиональных компетенций, направленных на умение создавать и обрабатывать трехмерные объекты, настраивать и обслуживать установки для аддитивного производства, создавать макеты, прототипы и объекты с использованием аддитивных технологий. Также, согласно тексту Стратегии развития аддитивных технологий на период до 2030 г., для обеспечения кадрового резерва специалистов в отрасли аддитивных технологий осуществляется подготовка кадров по направлению «3D-моделирование для компьютерных игр» [2, с. 6].

В высшем образовании освоение аддитивных технологий на более высоком уровне осуществляется в рамках УГСН 15.00.00 «Машиностроение» по направлениям бакалавриата и магистратуры, а также в рамках подготовки бакалавров по направлению 27.03.05 Инноватика [4].

Отдельное направление отводится использованию аддитивных технологий в системе дополнительного образования детей благодаря комплексу мероприятий, реализуемому в рамках национального проекта «Образование» [5]. Появление центров дополнительного образования «Кванториум», «IT-куб» и иных позволило организовывать обучение детей по программам «Аддитивные технологии», «Прототипирование», «3D-моделирование» и ряду других. Кроме того, федеральная сеть центров образования цифрового и гуманитарного профилей «Точка роста» также вносит непосредственный вклад в процесс организации обучения школьников с применением современных технологий, в том числе и аддитивных технологий. Вместе с тем указанные центры дополнительного образования не могут охватить всех обучающихся, желающих получать дополнительное инженерно-техническое образование. Основная роль в обучении детей аддитивным технологиям принадлежит общеобразовательным организациям, не каждая из которых оснащена соответствующими техническими средствами и программным обеспечением. На данный момент в общеобразовательных организациях освоение аддитивных технологий осуществляется, как правило, не в рамках определенных учебных предметов, а в рамках проектной деятельности (урочной и/или внеурочной). При этом обучение школьников аддитивным технологиям в рамках урочной и внеурочной деятельности в общеобразовательных организациях является ситуативным, стихийным, отсутствуют методические подходы к организации и реализации учебных занятий, методические рекомендации по применению соответствующего учебного оборудования и программного обеспечения.

Таким образом, проведенный анализ применения аддитивных технологий в системе образования позволил выявить противоречие между существующим в настоящее время

масштабным внедрением аддитивных технологий в образовательный процесс систем общего, среднего профессионального, высшего образования и дополнительного образования детей и различиями в понятийном аппарате, терминологии, характеризующими использование аддитивных технологий в образовательном процессе.

Цель исследования: уточнить определение понятия «аддитивные технологии», предложить определение понятия «аддитивные технологии в образовании», выявить роль и место аддитивных технологий в системе образования Российской Федерации.

Материалы и методы исследования. Исследование выполнено на основе системного подхода, анализа отечественных и зарубежных исследований, нормативной документации РФ и международных стандартов в области аддитивных технологий, их применения в образовательном процессе.

Результаты исследования и их обсуждение

В первую очередь понятие «аддитивные технологии» следует рассматривать с точки зрения этимологического анализа. Определение слова «технология» представлено в Большом энциклопедическом словаре как «технология (от греч. *techne* – искусство, мастерство, умение и ...логия) – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции; научная дисциплина, изучающая физические, химические, механические и др. закономерности, действующие в технологических процессах. Технологией называют также сами операции добычи, обработки, транспортировки, хранения, контроля, являющиеся частью общего производственного процесса» [6, с. 1329]. В свою очередь, слово «аддитивные» сформировано от английского *add* – «добавлять». В соответствии с этим слово «аддитивные» мы можем определить как «добавляющие» или «примешивающие». В контексте этимологического анализа аддитивные технологии представляют собой совокупность методов изготовления объекта путем добавления материала в процессе производства продукции.

Как отмечают Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер, «первоначально для описания процесса быстрого изготовления модели или макета системы или ее части перед окончательным запуском в производство или коммерциализацией использовался термин “быстрое прототипирование”» [7, с. 28]. Вместе с развитием технологии, улучшением качества создаваемого продукта и все большей его связью с конечным результатом технический комитет, созданный в рамках Американского общества специалистов по тестированию материалов (*American Society for Testing and Materials*), принял решение о введении нового понятия «аддитивное производство» (*additive manufacturing*).

Данное определение аддитивного производства, введенное в международном стандарте ISO/ASTM 52900:2015 «*Additive manufacturing–General principles–Terminology*», IDT [8], также

представлено в ГОСТ Р 57558-2017 «Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы»: «аддитивное производство – это процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем, в отличие от вычитающего (субтрактивного) производства (механической обработки) и традиционного формообразующего производства (литья, штамповки)» [9, с. 2]. Данное определение позволяет рассматривать аддитивное производство как полноправный вид производства и соответственно выделять его плюсы и минусы перед другими технологиями получения итогового продукта. Отличие быстрого прототипирования и аддитивного производства заключается в том, что последнее (по мере развития технологии) подразумевает все большую связь с конечным результатом, в то время как даже название первого подразумевает именно прототип, а не продукт. Вместе с тем, в ГОСТ Р 57558-2017 «Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы» отсутствует определение понятия «аддитивные технологии».

Проведенный анализ показал, что в настоящее время отсутствует единое общепринятое определение понятия «аддитивные технологии».

В Стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 г. аддитивные технологии определяются «как отрасль экономики, включающая в себя разработку и производство аддитивного оборудования, комплектующих, 3 материалов для аддитивного производства и специализированного программного обеспечения, а также услуги и инжиниринг в сфере аддитивных технологий» [2, с. 2].

J. Go, A.J. Hart под аддитивным производством (анг. additive manufacturing) понимают «метод создания объектов “снизу вверх” путем послойного наложения материала» [10, с. 76].

М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина дают следующее определение: «аддитивные технологии (от анг. additive fabrication) – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели (или САД-модели) методом добавления материала» [11, с. 5].

В.А. Зорин, Е.В. Полухин отмечают, что «аддитивные технологии – методы изготовления изделий, основанные на процессе объединения материала, с целью создания объекта из данных 3D-модели» [12, с. 54].

В.А. Дресвянников, Е.П. Страхов предлагают следующее определение: «аддитивные технологии – это межотраслевые технологии получения трехмерных материальных объектов из цифровой модели путем послойного нанесения материала» [13].

Проведенный анализ определений понятия «аддитивные технологии» показал, что в качестве родового признака можно выделить процесс послойного производства объекта.

Принцип послойного построения так или иначе указывается почти всеми авторами и является отличительной чертой по отношению к другим технологиям производства.

Все представленные определения имеют общие признаки: необходимость послойного построения объекта и зависимость процесса построения от цифровых данных, использование установок для аддитивного производства и т.д. Вместе с тем, никто из перечисленных авторов не указывает в своих определениях, представленных выше, сразу все эти признаки. В то же время исключение любого из этих признаков может привести к ошибочному пониманию определения «аддитивные технологии», что способствует неверному пониманию сути самой технологии и последующему применению на практике.

В соответствии с этим мы под аддитивными технологиями понимаем совокупность принципов, методов и средств создания трехмерного объекта путем его послойного построения в рабочей области установки для аддитивного производства. В контексте этого определения под установкой для аддитивного производства понимается «часть системы аддитивного производства, необходимая для выполнения цикла построения деталей, включающая аппаратную часть, программное обеспечение для настройки и контроля установки, а также периферийные приспособления, используемые для обслуживания установки, иными словами – 3D-принтер» [9, с. 3]. Представленное нами определение аддитивных технологий может применяться к промышленной сфере, к процессу получения продукта.

В качестве преимуществ аддитивных технологий при использовании их в процессе обучения можно выделить: возможность получения готовых прототипов изделий в рамках одного занятия, демонстрацию некоторых особенностей индустрии 4.0, безопасность процесса производства изделия, возможность разработки и печати вспомогательного оборудования для прочих предметов/дисциплин, расширение возможностей обучающихся при работе над собственными проектами.

Аддитивные технологии на разных уровнях образования внедряются с различной степенью интенсивности. На уровнях среднего профессионального, высшего и дополнительного образования детей указаны конкретные программы подготовки, предполагающие (в зависимости от уровня образования) определенные планируемые результаты освоения соответствующей образовательной программы.

В системе общего образования аддитивные технологии в большинстве общеобразовательных организаций Российской Федерации пока применяются лишь для организации внеурочной и проектной деятельности, а их место среди учебных предметов или среди разделов конкретного учебного предмета пока не определено до конца. В связи с этим аддитивные технологии могут выступать в качестве названия дисциплины / учебного курса, в

рамках которой осуществляется обучение проектированию и производству прототипов и объектов различного назначения с использованием технологий послойного построения объектов. Этот аспект в полной мере реализуется в системе среднего профессионального, высшего и дополнительного образования. Также данным термином могут называться курсы внеурочной деятельности для обучающихся на уровне основного и среднего общего образования.

В свою очередь, аддитивные технологии в различной степени входят в состав различных дисциплин (на уровнях среднего профессионального и высшего образования) и учебных предметов на уровне общего образования. В данном случае аддитивные технологии выступают как раздел дисциплины/предмета, в рамках которого в зависимости от конкретного предмета изучаются вопросы управления оборудованием с числовым программным управлением, механика работы установок для аддитивного производства, проектирования и создания трехмерных объектов, свойств материалов для аддитивного производства.

Представленные выше направления применения аддитивных технологий на различных уровнях образования, уточненное понятие «аддитивные технологии» определяют необходимость формулировки понятия «аддитивные технологии в образовании». Аддитивные технологии в образовании необходимо рассматривать в двух основных аспектах:

1) как совокупность принципов, методов и средств создания трехмерного объекта путем его послойного построения в рабочей области установки для аддитивного производства, что непосредственно составляет основу понятия «аддитивные технологии» (набор технических средств, состоящий из технологий инженерного проектирования, 3D-моделирования, программ для подготовки g-code (слайсеров), установки для аддитивного производства);

2) область знаний, связанная с закономерностями, принципами и организацией образовательного процесса для его эффективного построения и реализации.

В связи с этим под аддитивными технологиями в образовании будем понимать организацию и управление образовательным процессом и учебной/профессиональной деятельностью обучающихся с использованием совокупности методов и средств создания трехмерного объекта путем его послойного построения в рабочей области установки аддитивного производства для получения планируемых результатов.

Заключение

В работе уточнено понятие «аддитивные технологии», предложена авторская формулировка понятия «аддитивные технологии в образовании». Предложенное определение понятия «аддитивные технологии в образовании» позволяет определить направления

использования, роль и место аддитивных технологий в системе общего, среднего профессионального и высшего образования, дополнительного образования детей.

На современном этапе аддитивные технологии получают все более широкое внедрение и распространение в различных сферах производства, что требует, в первую очередь, от системы образования подготовки высококвалифицированных кадров. При этом выявлен ряд проблем, связанных с организацией образовательного процесса по их освоению обучающимися, начиная с уровня общего образования, что требует разработки методических подходов к организации и реализации учебных занятий с использованием аддитивных технологий, методических рекомендаций по применению соответствующего учебного оборудования, технических средств и программного обеспечения.

Список литературы

1. Сибиряков П.Г. Облик новой промышленной революции в монографии «Четвёртая промышленная революция» Клаус Шваб // Стратегические приоритеты. 2017. № 1(13). С. 130-140.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. № 1913-р «Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года». [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/acts/files/1202107160042.pdf> (дата обращения: 14.09.2022).
3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 22 декабря 2015 г. № 1506 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.09 Аддитивные технологии». [Электронный ресурс]. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-15-02-09-additivnyye-tehnologii-1506> (дата обращения: 14.09.2022).
4. Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 31 июля 2020 г. N 870 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.05 Инноватика» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/270305_B_3_23082020.pdf (дата обращения: 14.09.2022).
5. Паспорт национального проекта «Образование»: утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16). [Электронный ресурс]. URL:

<http://static.government.ru/media/files/UuG1ErcOWtjfOFCsqdLsLxC8oPFDkmBB.pdf> (дата обращения: 14.09.2022).

6. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Советская энциклопедия, 1993. 1628 с.
7. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства. Трёхмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. 648 с.
8. Standard Terminology for Additive Manufacturing – General Principles – Terminology ISO/ASTM 52900:2015. [Электронный ресурс]. URL: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5341680/mod_resource/content/1/ISOASTM52900.11961.pdf (дата обращения: 14.09.2022).
9. ГОСТ Р 57558-2017. Национальный стандарт российской федерации. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. М.: Стандартинформ, 2020. 12 с.
10. Go J., Hart A.J. A framework for teaching the fundamentals of additive manufacturing and enabling rapid innovation. Additive Manufacturing. 2016. no. 10. P. 76-87.
11. Зленко М.А., Попович А.А., Мутьлина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие. СПб.: СПбГУ, 2013. 221 с.
12. Зорин В.А., Полухин Е.В. Аддитивные технологии // СТТ: строительная техника и технологии. 2016. № 3 (119). С. 54-57.
13. Дресвянников В.А., Страхов Е.П. Аддитивные технологии как технологическая инновация: понятие, содержание, анализ развития // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2018. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2018/01/15666> (дата обращения: 14.09.2022).