

УДК:338.1

Организация и проведение проектов внедрения архитектурных решений по управлению аддитивными производствами

Нефедова Л.А. avantage2001@yandex.ru

Научно-исследовательский технологический центр аддитивных технологий и материалов
192012, Россия, Санкт-Петербург, пр-т Обуховской обороны, 120

Развитие технологий производства является одной из стратегических задач предприятия на конкурентном рынке. Подобные проекты позволяют существенно оптимизировать основные процессы предприятия, создавать индивидуальные продукты, а также быстро реагировать на изменения в отрасли. В последнее время внедрение аддитивных технологий производства стало стратегически важной задачей для предприятий различных отраслей. Технология демонстрирует ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционным производством, обеспечивая передовым производственным предприятиям такие конкурентные преимущества, как гибкую настройку производственной линии и возможность быстрого прототипирования новых продуктов. Однако подходы к внедрению аддитивных технологий в процессы производственных предприятий по-прежнему имеют ряд вопросов, которые требуют дополнительного анализа. Прежде всего, к таким вопросам относятся аспекты интеграции аддитивных технологий в бизнес архитектуру и архитектуру информационных систем предприятия. Для внедрения аддитивного производства требуется комплексный подход, затрагивающий различные аспекты управления предприятием. Фактор сложности влияния технологии аддитивного производства на предприятия в целом обуславливает необходимость разработки проектного подхода к их внедрению. Цель работы: предложить методологическую основу внедрения аддитивных технологий на основе метода развития архитектуры предприятия. Объектом настоящего исследования: является система управления проектами развития технологических процессов производственных предприятий. Предметом исследования является метод развития архитектуры предприятия и вопросы его адаптации под задачи внедрения аддитивных технологий производства. Методологической основой исследования является Architecture Development Method, описанный в стандарте TOGAF для представления архитектуры предприятия. Результатом работы является описание комплексного подхода к внедрению аддитивных производственных технологий на основе ADM TOGAF.

Ключевые слова: аддитивные технологии, аддитивное производство, 3D-печать, инновации, архитектура предприятия, технологические тренды.

DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-2-184-189

The issues of projects for architecture solutions implementation of additive manufacturing management

Nefedova L.A. avantage2001@yandex.ru

Scientific & research technology center for additive technologies and materials
192012, Russia, St. Petersburg, Obuhovskoy oboroni pr., 120

The development of production technologies is one of the strategic objectives of the enterprise in a competitive market. Such projects can significantly optimize the main processes of the enterprise, create individual products, and also quickly respond to changes in the industry. Recently, the introduction of additive manufacturing technologies has become a strategically important task for enterprises of various industries. The technology demonstrates a number of significant advantages over traditional production, providing advanced manufacturing companies with such competitive advantages as flexible configuration of the production line and the ability to quickly prototype new products. However, approaches to the introduction of additive technologies in the processes of industrial enterprises still have a number of issues

that require additional analysis. First of all, such issues include aspects of the integration of additive technologies in the business architecture and architecture of enterprise information systems. For the introduction of additive manufacturing requires an integrated approach, affecting various aspects of enterprise management. The factor of complexity of the impact of additive production technology on enterprises as a whole necessitates the development of a project approach to their implementation. The purpose of the work is to propose a methodological basis for the implementation of additive technologies in the enterprise architecture. On this basis, a technology implementation plan is drawn up. The methodological basis of the research is the analysis of the literature on the research problem, the generalization and systematization of data. The result of the work is the proposed integrated approach to the implementation of additive manufacturing technologies based on ADM TOGAF. An integrated design approach allows you to maximize the benefits of technology.

Keywords: additive technologies, additive manufacturing, 3D printing, innovations, enterprise architecture, technological trends.

Введение

Для начала необходимо рассмотреть преимущества аддитивных технологий с точки зрения управления производством.

Первой формой создания послойного трехмерного объекта с использованием системы автоматизированного проектирования (CAD) было быстрое прототипирование, разработанное в 1980-х годах для создания моделей и прототипов деталей. Быстрое прототипирование позволяет создавать печатные части, а не только модели. Среди основных достижений, которые этот процесс привнес в разработку продукта - сокращение времени и затрат, цикла разработки продукта, а также возможность создания практически любой формы, которая была бы очень сложной для обработки при применении традиционных технологий. Быстрое прототипирование широко используется учеными, врачами, исследователями рынка, художниками, в учебном процессе. Благодаря быстрому прототипированию ученые и студенты могут быстро создавать и анализировать модели для теоретического понимания и изучения. Врачи могут построить модель поврежденного органа, чтобы проанализировать ее и лучше спланировать процесс лечения. Исследователи рынка могут быстро увидеть результаты обратной связи с потребителями конкретного продукта и внести необходимые корректировки в прототип.

В настоящее время существует большое количество технологий, в которых используется метод производства, представляющий собой процесс создания объектов по данным трехмерной модели. Некоторые из наиболее широко используемых включают: стереолитографию (SL), моделирование методом осаждения с плавлением (FDM), селективное лазерное спекание (SLS) и 3D-печать (3DP)[1]. При этом используются разные технологии для создания слоев, которые образуют конечный объект. SLS использует мощный лазер для слияния мелких частиц пластиковых, металлических, керамических или стеклянных порошков в массу, которая имеет желаемую трехмерную форму. В FDM используются термопластичные материалы.

Основная часть

Стереолитография использует УФ-лазер или аналогичный источник питания для отверждения фотореактивной смолы по одному слою за раз [2]. Описанные процессы «послойного» соединения материалов для создания изделий определяются термином Аддитивное производство (Additive Manufacturing, AM) [3]. Технология аддитивного производства разработана с целью адаптации к промышленным потребностям, поэтому приносит преимущества традиционному производству. Использование AM применимо в различных областях применения и оказывает существенное влияние на современное общество. Для производства мелких деталей по индивидуальному заказу использование аддитивного производства является целесообразным с точки зрения настройки производственной линии. Индустрия здравоохранения попадает под влияние развития аддитивного производства с точки зрения производства хирургического оборудования и больничного оборудования. Кроме того, в аэрокосмической промышленности компании используют аддитивные производственные технологии для применения нового дизайна с целью уменьшения веса самолета и снижения затрат на сырье.

AM является инновационным методом производства и открывает новые возможности для компаний, стремящихся повысить эффективность производства. AM является инструментом для снижения сложности в цепочке поставок с помощью различных подходов. У AM есть пять ключевых преимуществ по сравнению с традиционным производством: стоимость, скорость, качество, инновации и влияние. AM не заменит

существующие традиционные методы производства, но ожидается, что оно произведет революцию во многих нишевых областях [4]. Преимущества АМ по сравнению с традиционным производством приведены в табл. 1 [5].

Таблица 1

Преимущества АМ по сравнению с традиционным производством

Области применения	Достоинства
Быстрое прототипирование	<ul style="list-style-type: none"> ● Сокращение времени выхода на рынок за счет ускорения прототипирования ● Снижение затрат на разработку продукта ● Повышение эффективности и конкурентоспособности компаний в инновациях
Изготовление запчастей	<ul style="list-style-type: none"> ● Сокращение времени ремонта ● Уменьшение затрат на рабочую силу ● Уменьшение потребности в дорогостоящих складах
Производство малого объема	<ul style="list-style-type: none"> ● Небольшие партии могут быть произведены экономически эффективным ● Ликвидация инвестиций в оборудование
Индивидуальные уникальные предметы	<ul style="list-style-type: none"> ● Массовая кастомизация по низкой цене ● Быстрое производство точных и индивидуальных запасных частей на месте
Очень сложные заготовки	<ul style="list-style-type: none"> ● Производство очень сложных заготовок по низкой цене
Станкостроение	<ul style="list-style-type: none"> ● Уменьшение затрат на рабочую силу ● Уменьшение потребности в дорогостоящих складах ● Массовая кастомизация по низкой цене
Быстрое производство	<ul style="list-style-type: none"> ● Непосредственное производство готовых компонентов ● Относительно недорогое производство небольшого количества деталей
Производство компонентов	<ul style="list-style-type: none"> ● Массовая кастомизация по низкой цене ● Улучшение качества ● Сокращение цепочек поставок ● Уменьшение затрат, связанных с разработкой
Изготовление запасных частей на месте по требованию	<ul style="list-style-type: none"> ● Исключение стоимости хранения и транспортировки ● Экономия денег путем предотвращения простоев ● Значительное снижение стоимости ремонта ● Сокращение цепочек поставок ● Потребность в широком ассортименте инвентаря уменьшается
Быстрый ремонт	<ul style="list-style-type: none"> ● Значительное сокращение времени ремонта ● Возможность доработать отремонтированные компоненты до новейшего дизайна

Технологические тренды – не единственное, что поможет сформировать и предсказать будущее АМ. Рост таких отраслей, как автомобильная и аэрокосмическая промышленность, может и будет влиять на распространение АМ. Изменяющиеся требования основных отраслей промышленности, использующих АМ, будут определять направление АМ и тип технологических инноваций, которые потребуются для удовлетворения потребностей рынка [6].

Объем рынка, в частности, 3D печати значительно увеличится из-за растущего использования 3D печати в автомобильной, медицинской и аэрокосмической промышленности [7]. Ожидается, что к 2025 году эти отрасли займут 84% рынка 3D печати. Ожидается, что применение АМ в мелкосерийном производстве увеличится из-за использования АМ в производстве автомобильных деталей и авиационных двигателей [8]. По мере увеличения объема производства в небольших объемах, ожидается, что стоимость материалов для трехмерной печати также снизится. Выход на рынок новых поставщиков приведет к снижению стоимости материалов на 11%, что сделает экономически целесообразной 3D печать [9].

По мере того, как индустрия аддитивного производства с многомиллиардным оборотом продолжает развиваться, значительное количество компаний и даже конечных пользователей начали использовать 3D-принтеры для производства своей продукции. При этом аддитивное производство еще не полностью реализовало свой потенциал. Одна из причин заключается в том, что эта технология оказывает существенное опосредованное влияние на бизнес-операции и экономику, что затрудняет принятие топ-менеджментом этой технологии. 3D-печать не так рентабельна, как традиционные системы массового производства, а традиционные технологии все еще очень конкурентоспособны для крупномасштабного производства. Тем не менее, многие компании пытаются решить, как использовать технологии аддитивного производства. Традиционно компании фокусировались только на улучшении своих внутренних показателей эффективности, однако в настоящее время они начали осознавать, что способны контролировать больше, чем просто свою внутреннюю деятельность. Одна из причин такой парадигмы изменений заключается в том, что в современном деловом мире клиенты не проводят различия между компанией и ее поставщиками. Более того, производительность одной компании может напрямую влиять на всю цепочку поставок.

Далее рассмотрим ключевые аспекты внедрения аддитивных технологий. Чтобы получить максимальные выгоды от технологии аддитивного производства, предприятия должны сосредоточиться на глубоком понимании производственных процессов, возможностей проектирования и ограничений в дополнение к проектному управлению [10].

С точки зрения развития предприятия и организации проекта внедрение АМ сопряжено с рядом факторов:

1. Стратегические факторы: намерение инвестировать в новые технологии производства часто связано с динамикой рынка и характеристиками конкретного продукта. В идеальных случаях инвесторы стремятся использовать технологии в качестве ключевой мотивации для инвестиций. Желательно, чтобы продукты, подходящие для производства АМ, имели одну или несколько из следующих характеристик: высокую степень индивидуализации, повышенную функциональность, оптимизированную конструкцию, низкий объем производства [11]. В идеальных случаях внедрение аддитивного производства основано на четком понимании стратегии бизнеса, производства, исследований и разработок. В некоторых случаях инвестиции в аддитивное производство рассматриваются как стратегия технологического продвижения. Это структурная инвестиция, предназначенная для изучения и понимания потенциала новых производственных возможностей и, следовательно, создания будущих бизнес-возможностей для предприятия.

2. Технологические факторы: технологические преимущества от внедрения аддитивного производства включают в себя устранение инструментов и креплений, модификацию конструкции для гибкости и функциональности, снижение потерь материала и инвентаря и т. д. Также важно, чтобы внедрение аддитивного производства осуществлялось с четким пониманием ограничений, таких как ограниченный выбор материалов, относительно высокие затраты на машины и материалы. Внедрение аддитивного производства также затруднено из-за отсутствия технических стандартов [12].

3. Организационные факторы: Внедрение новых технологий производства может иногда зависеть от размера организации. Это может быть связано с тем, что культура труда и политики, доказанные на крупных предприятиях, не всегда подходят для малого бизнеса. Поэтому весьма вероятно, что подход к внедрению аддитивного производства на малом предприятии будет отличаться от подхода в крупной многонациональной компании. Организационная структура компании, часто определяемая ее размерами, является ключевым фактором для успешного внедрения новых технологий производства, и поэтому для организации может быть важно сначала перестроить организационные структуры и процессы, прежде чем внедрять новую технологию производства. Таким образом, для успешной реализации аддитивного производства потребуются изменение методов работы и структуры, а, следовательно, и рабочих мест и задач. Ключевым требованием к дизайнерам и инженерам в организации будет их способность понимать процесс и, соответственно, переосмысливать концепцию проектирования для производства (DFM).

4. Операционные факторы: Операционные и административные структуры часто подвергаются влиянию из-за изменения технологии или процесса. Влияние на дизайн продуктов и саму идеологию дизайна было ключевым аспектом для внедрения аддитивного производства. Уникальные характеристики процессов аддитивного производства требуют разработки новых инструментов и методов проектирования. Такие операции, как планирование производства и контроль качества, также могут быть затронуты принятием аддитивного производства [13].

Учет описанных выше факторов позволит более эффективно (с точки зрения степени управляемости) организовать проект внедрения аддитивных технологий.

Следующий важный вопрос – подготовка проекта внедрения аддитивных технологий. Описанные выше факторы оказывают существенное влияние на процесс внедрения аддитивных технологий. В частности, они увеличивают сложность процесса внедрения и требуют учитывать факторы, связанные с системой бизнес-процессов, информационными системами и технологической инфраструктурой. В качестве методологической основы внедрения аддитивных технологий в архитектурный подход используется стандарт TOGAF [14]. На сегодняшний день TOGAF является одной из наиболее концептуально методологией и структурой

корпоративной архитектуры, используемой ведущими мировыми организациями для повышения эффективности бизнеса. TOGAF связан с языком моделирования архитектуры Archimate, который является инструментом моделирования архитектуры. Archimate– это открытый и независимый язык моделирования для архитектуры предприятия. Он включает в себя различные инструменты для описания, анализа и визуализации архитектуры предприятия. TOGAF включает в себя принципы принятия решений на предприятии, формирования руководства по управлению и развитию ИТ-ресурсов и разработки архитектурных принципов при разработке и внедрении информационных технологий. TOGAF позволяет интерпретировать требования, основанные на понимании организации бизнеса, и в результате построить бизнес-архитектуру с использованием ADM (ArchitectureDevelopmentMethod) [15]. ADM TOGAF является итеративным, в течение всего процесса, между фазами и внутри фаз. Для каждой итерации ADM необходимо принять новое решение относительно:

- широты охвата предприятия, которое будет определено;
- уровня детализации, который предполагается реализовать;
- степень временного горизонта, в том числе количество и степень любых промежуточных временных горизонтов;
- архитектурные активы, которые будут использоваться в EnterpriseContinuum организации, включая активы, созданные в предыдущих итерациях цикла ADM внутри предприятия, и активы, доступные в других отраслях промышленности.

ADM обеспечивает процесс разработки архитектуры и включает создание структуры архитектуры, разработку контента архитектуры и управление реализацией архитектуры. Одним из основных доменов архитектуры является архитектура технологии. В процессе внедрения аддитивных технологий потребуются описание соответствующих аппаратных возможностей, необходимых для развертывания нового типа производства. ADM TOGAF можно считать описанием жизненного цикла процесса, работающего на нескольких уровнях в организации в рамках целостной структуры управления.

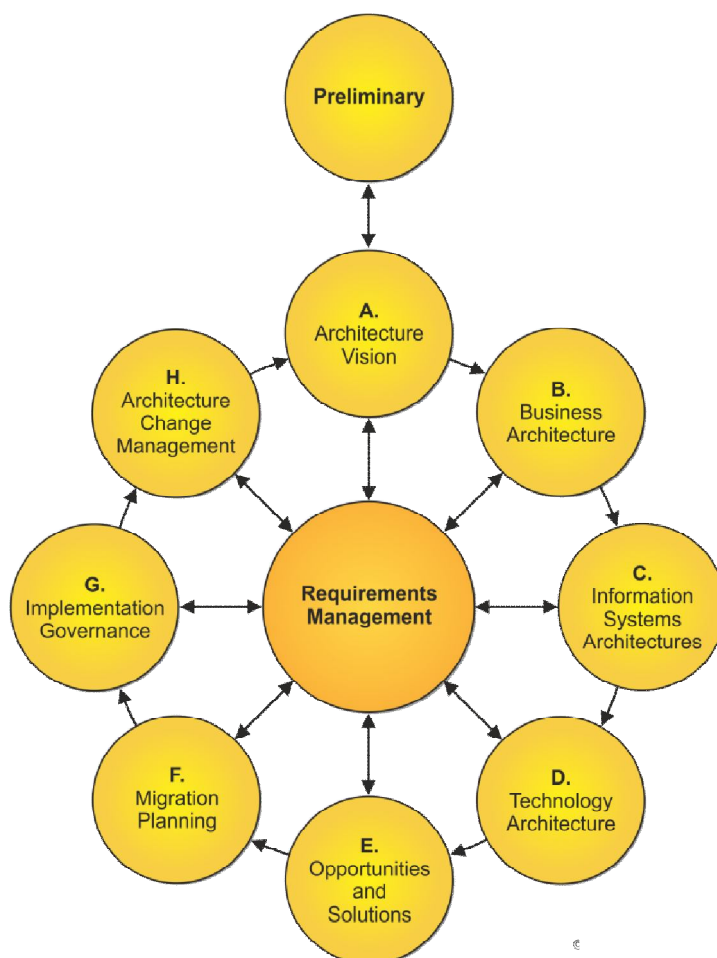


Рис. 1. TOGAFADM

Проектирование архитектуры выполняется на стадиях А-Е, в результате чего формируется общее видение требуемой архитектуры и создается бизнес архитектура, архитектура приложений, технологическая архитектура.

На основании этого можно создать план внедрения и миграции, который представляет собой график реализации описанного решения и включает сроки, затраты, ресурсы, выгоды и этапы внедрения. На этапе внедрения и миграции определяется общий стратегический подход к реализации решений и использованию запланированных возможностей, то есть непосредственно организуется проект. План внедрения и миграции согласовывается с общим подходом предприятия к управлению и реализации изменений.

Заключение

Аддитивное производство является одной из передовых технологий развития предприятий. Основным вкладом технологии аддитивного производства в обрабатывающую промышленность является поставка высококачественной продукции. По мере изменения производственно-сбытовой цепочки аддитивное производство вносит свой вклад в поставку продуктов более сложной геометрии, используемых в производстве. Преимущество аддитивного производства состоит в том, что оно не заменяет традиционные фабрики, а дополняет существующие фабрики, увеличивая общую стоимость продукции и совершая революцию в дизайне продукции. С целью оптимального выстраивания системы бизнес-процессов, формирования архитектуры технологии, архитектуры приложений целесообразно использовать метод разработки архитектуры (ADM) TOGAF, рассматривающий предприятия как систему. Результатом будет более широкое и эффективное использование технологий аддитивного производства, которое во многом меняет принцип использования конечного продукта, подход к организации цепочек поставок, а также учтет большое количество внутренних и внешних факторов.

Литература (References)

1. *Mueller B.* Additive manufacturing technologies—Rapid prototyping to direct digital manufacturing // *Assem. Autom.* 2012. Vol. 32, № 2.
2. *Vaezi M., Seitz H., Yang S.* A review on 3D micro-additive manufacturing technologies // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2013. Vol. 67. № 5–8. P. 1721–1754.
3. *Gibson I. et al.* Additive manufacturing technologies. Springer. 2014. Vol. 17.
4. *Cotteleer M., Joyce J.* 3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth // *Deloitte Rev.* 2014. Vol. 14. P. 5–19.
5. *Attaran M.* The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing // *Bus. Horiz.* 2017. Vol. 60. № 5. P. 677–688.
6. *Ngo T.D. et al.* Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges // *Compos. Part B Eng.* 2018. Vol. 143. P. 172–196.
7. *Mawale M.B., Kuthe A.M., Dahake S.W.* Additive layered manufacturing: State-of-the-art applications in product innovation // *Concurr. Eng.* 2016. Vol. 24, № 1. P. 94–102.
8. *Campbell T. et al.* Could 3D printing change the world [Electronic resource] // *Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing*, Atlantic Council, Washington, DC. 2011.
9. *Gress D.R., Kalafsky R.V.* Geographies of production in 3D: Theoretical and research implications stemming from additive manufacturing // *Geoforum.* 2015. Vol. 60. P. 43–52.
10. *Mellor S., Hao L., Zhang D.* Additive manufacturing: A framework for implementation // *Int. J. Prod. Econ.* 2014. Vol. 149. P. 194–201.
11. *Weller C., Kleer R., Piller F.T.* Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited // *Int. J. Prod. Econ.* 2015. Vol. 164. P. 43–56.
12. Технологические основы аддитивного производства // *Наука И Бизнес Пути Развития.* 2018. № 12 (90). P. 17–20.
13. *Thomas D.S., Gilbert S.W.* Costs and cost effectiveness of additive manufacturing // *NIST Spec. Publ.* 2014. Vol. 1176. P. 12.
14. *Jonkers H., Proper E., Turner M.* TOGAF™ and ArchiMate®: A future together // *White Pap. W.* 2009. Vol. 192.
15. *Ilin I. et al.* IT-architecture reengineering as a prerequisite for sustainable development in Saint Petersburg urban underground // *Procedia Eng.* 2016. Vol. 165. P. 1683–1692.