

ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.И. Панов, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, alexs.npc481@gmail.com.

УДК 004.75:004.08:65.011.56

Аннотация. Интеллектуальное производство – это развивающаяся форма производства, использующая концепции киберфизических систем, основанных на интернете вещей, облачных и сервис-ориентированных вычислениях, искусственном интеллекте и науке о данных. В статье отражена суть интеллектуального производства, проанализированы ожидаемые изменения в области обработки материалов и транспортировки и их интеграция с производством, а также будущие тенденции в данной области.

Ключевые слова: производство; промышленность; интеллектуальное производство; анализ данных; автоматизация.

TENDENCIES IN THE DEVELOPMENT OF SMART MANUFACTURING

A.I. Panov, Nizhny Novgorod State University N.I. Lobachevsky.

Annotation. Intelligent manufacturing is an evolving form of manufacturing using the concepts of cyber – physical systems based on the Internet of Things, cloud and service-oriented computing, artificial intelligence and data science. The article reflects the essence of intelligent manufacturing, analyzes the expected changes in the field of material processing and transportation and their integration with manufacturing, as well as future trends in this area.

Keywords: manufacturing; industry; intelligent manufacturing; data analysis; automation.

Введение

В последние годы концепция интернета вещей привлекла внимание производственного сообщества. Она фокусируется на интеграции физических активов производства с киберпространством для формирования киберфизических систем. Эта новая концепция была принята отдельными компаниями, промышленными консорциумами, регионами и странами [1].

Общепринятого определения «умного производства» не существует. По данным Национального института стандартов и технологий, интеллектуальное производство – это полностью интегрированная совместная производственная система, которая в режиме реального времени реагирует на изменяющиеся требования и условия на заводе, в сети поставок и в соответствии с потребностями клиентов [2].

Интеллектуальное производство объединяет технологии сегодняшнего дня с датчиками, вычислительными платформами, коммуникационными технологиями, моделированием с интенсивным использованием данных, контролем и прогностической инженерией. Интеллектуальное производство использует концепции киберфизических систем, интернета вещей, облачных и сервис-ориентированных вычислений, искусственного интеллекта и науки о данных. Общая концепция интеллектуального производственного предприятия проиллюстрирована на рис. 1.

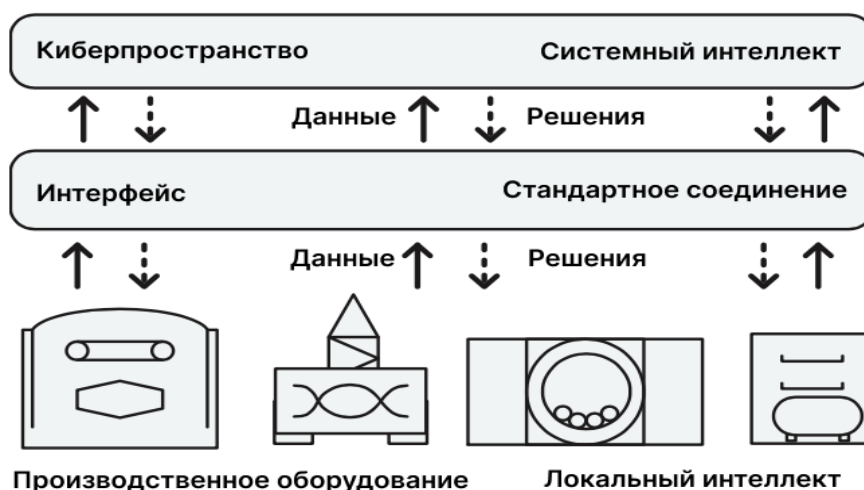


Рисунок 1

Концепция, показанная на рис. 1, включает в себя два основных уровня: уровень производственного оборудования и киберуровень, связанные интерфейсом. Производственное оборудование обладает собственным интеллектом, в то время как общесистемный интеллект обеспечивается киберуровнем.

Интеллектуальное производство привлекло внимание промышленности, правительственных организаций и научных кругов. Были сформированы различные консорциумы и дискуссионные группы для разработки архитектур, дорожных карт, стандартов и программы исследований [3].

Основы интеллектуального производства

Интеллектуальное производство было вдохновлено концепциями, в значительной степени разработанными в области вычислительной техники. Хотя производство по-прежнему будет извлекать выгоду из этих концепций и других идей, которые появятся (например, квантовые вычисления могут стать серьезным прорывом) [4], у него есть своя специфика, отраженная в шести основных принципах, которые представлены на рис. 2. Они не являются ни исчерпывающими, ни стационарными. Основные принципы будут определяться исследованиями, разработкой технологий и приложениями, которые появятся в будущем. Конечные элементы могут быть формально определены несколькими способами, включая группировку исследовательских работ, промышленных отчетов и информации о новых технологиях с использованием алгоритмов текстового и интеллектуального анализа данных [5].



Рисунок 2

Шесть столпов интеллектуального производства – это производственные технологии и процессы, материалы, данные, проектирование с учетом прогнозов, устойчивое развитие, совместное использование ресурсов и создание сетей. Названия и степень важности этих шести принципов менялись, однако они были присущи производству на протяжении всей его истории. Например, данные были неотъемлемой частью производства. В эпоху интеллектуального производства они превратилось в большие данные. Далее подробно рассматриваются шесть основных принципов интеллектуального производства.

1. Производственные технологии и процессы

В недалеком будущем ожидается появление производственных технологий и процессов. Появятся новые материалы, компоненты и продукты [6]. Аддитивное производство может служить примером новой технологии, которая подтолкнула к разработке новых материалов, повлияла на разработку и производство продуктов и открыла двери для новых отраслей, таких как биопроизводство [7]. Производственные инструменты были разработаны для интеграции различных операций, например, станки, способные выполнять горизонтальное и вертикальное фрезерование, а также сверление (обрабатывающий центр). Появятся новые комбинированные процессы, например, гибриды традиционных и аддитивных процессов, лазерное производство и изготовление сетчатой формы. Аддитивное производство на больших и малых площадях расширит свое присутствие на заводах. Новое поколение недорогих роботов повысит уровень автоматизации производства. Датчики и возможности программного обеспечения сделают новое производственное оборудование более адаптивным и совместимым с заводскими и внешними коммуникациями [8].

2. Материалы

Интеллектуальное производство не требует особой разработки материалов, например, сплавов с памятью формы или функционально дифференцированных ресурсов. Вполне возможно, что «умные» материалы и продукты будут развиваться своими собственными путями [9]. Интеллектуальное производство открыто для всех типов ресурсов, включая органические и биоматериалы, необходимые для производства будущих продуктов. Важность извлечения материалов из изделий в конце их жизненного цикла будет возрастать [10]. Вполне возможно, что свалки превратятся в новые шахты по добыче различных ресурсов. Некоторые новые материалы потребуют новых технологических процессов, которые должны быть разработаны и внедрены в интеллектуальное производство. Само по себе аддитивное производство внесет большой вклад в поиск новых материалов и их смесей [11].

3. Данные

Мы являемся свидетелями возрождения использования данных в производстве. Отчасти это было вызвано внедрением датчиков, беспроводных технологий и прогрессом в области анализа данных. Появился более широкий сбор данных из различных источников, начиная от свойств материалов и технологических параметров и заканчивая заказчиками и поставщиками. Эти данные будут использоваться для обеспечения работы любого предполагаемого приложения, включая построение прогностических моделей. Более того, это будет лучший источник для сохранения прошлой и извлечения новой информации, связанной с производством [12].

4. Разработка прогнозов

Предиктивный инжиниринг – это одно из последних дополнений в области производственных решений, которое приведет к созданию предприятия, ориентированного скорее на прогноз, чем на реактивное производство [13]. Так, традиционно обрабатывающая промышленность сосредоточена на использовании данных для анализа, мониторинга и контроля, например, анализа производительности, мониторинга технологических процессов и контроля качества. Прогнозирующая инженерия предлагает новую парадигму построения высокоточных моделей (цифровых представлений) интересных явлений. Такие широкомасштабные модели могут способствовать реструктуризации. Вполне возможно, что некоторые производства станут сильно распределенными, а некоторые могут быть централизованы. Например, продукция, чувствительная к стоимости транспортировки, срокам выхода на рынок и индивидуализации, может производиться в местах, расположенных в непосредственной близости от потребителей [14].

5. Устойчивое развитие

Экологичность будет иметь первостепенное значение в производстве. Целями усилий по обеспечению устойчивого развития будут материалы, производственные процессы, энергия и загрязняющие вещества, связанные с производством. Отправными точками являются продукт и рынок. Нет сомнений в том, что наибольшие выгоды достигаются тогда, когда разработка осуществляется в соответствии с критериями устойчивого развития. Из-за устойчивости грань между производством и обслуживанием останется размытой. Например, восстановление использованного изделия не является традиционной промышленной деятельностью, однако оно может войти в новый производственный словарь [15].

6. Разделение ресурсов

Поскольку производство становится виртуальным, большая часть творческой деятельности и принятия решений будет осуществляться в цифровом пространстве. Такое цифровое и физическое разделение позволит совместно использовать ресурсы между предприятиями, в том числе конкурирующими [16].

Обрабатывающая промышленность столкнулась с моделями обслуживания и контрактов, при которых производство осуществляется на предприятиях, управляемых третьей стороной. Сервисная модель быстрого прототипирования (*Rapid manufacturing*) была создана десятилетия назад в результате высокой стоимости технологии, низкого уровня использования, кривой обучения и неопределенности в отношении полезности технологии. Модели совместного использования ресурсов добились успеха и расширяются: от совместных поездок, направленных на сокращение трафика на шоссе, до «*Uber*» в сфере транспорта и «*Airbnb*» в сфере услуг по размещению. Интеллектуальное производство, вероятно, выиграет от этих концепций для совместного использования производственного оборудования, программного обеспечения, экспертных знаний и, самое главное, пространства для совместного моделирования и творчества [17].

Погрузочно-разгрузочные работы и транспортировка

Обработка материалов и транспортировка являются неотъемлемыми функциональными областями производства, включающими расстояния, измеряемые в масштабе от нанометров до километров. Термин «погрузочно-разгрузочные работы» обычно используется для описания перемещения материалов, компонентов и изделий по цепочкам поставок, охватывающим

регионы, страны и континенты. Обработка материалов и транспортировка могут вносить значительный вклад в ценовую характеристику продукта, например, 8% стоимости башни ветряной турбины приходится на транспортировку [18], а более высокий процент (например, 20%) – на другие компоненты.

Вполне вероятно, что из-за распределенного характера производства транспортировка материалов, компонентов, изделий и людей станет значительной частью затрат в производстве. Это, естественно, приведет к оптимизации расходов на транспортировку и использование персонала, поддерживающего физическую и цифровую инфраструктуру на нескольких производственных объектах. А эффективность транспортировки материалов, компонентов, изделий и людей повлияет на стоимость производства. Транспортные сети, включающие в себя снабжение и дистрибуцию (включая доставку клиентам), подобные той, что показана на рис. 3, вероятно, будут играть значимую роль. Ограничение рассмотрения вопросов устойчивости рамками производства привело бы к неоптимальному решению из-за взаимосвязи производства с поставками и распределительными сетями. Качество обслуживания клиентов тесно связано с уровнем запасов, временем реагирования производства и транспортировкой [19].



Рисунок 3

Умные транспортные средства

Многие погрузочно-разгрузочные и транспортные средства, работающие сегодня, отправляют и получают данные. Подключение транспортных средств к общим сетям станет более интенсивным, благодаря активному участию в обмене информацией, например, для связи между транспортными средствами или с центром их технического обслуживания для удаленной диагностики и ремонта.

Круг транспортных технологий на рис. 4 классифицирует транспортные средства в зависимости от их типа, топлива и автономности и использования. Регистрируются транспортные средства, основанные на любой комбинации характеристик, например, очевидно, что они могут быть автономными и электрическими. Это относится к системам погрузочно-разгрузочных работ, личным автомобилям, грузовикам и общественному транспорту. Похоже, что технология естественным образом тяготеет к тому, чтобы связать понятия транспорта, энергетики и устойчивого развития с производством. Транспортное средство любого типа, например, вилочный погрузчик, легковой автомобиль, грузовик или поезд дальнего следования могут быть электрическими и автономными. Кроме того, транспортные средства можно было бы использовать совместно [20].

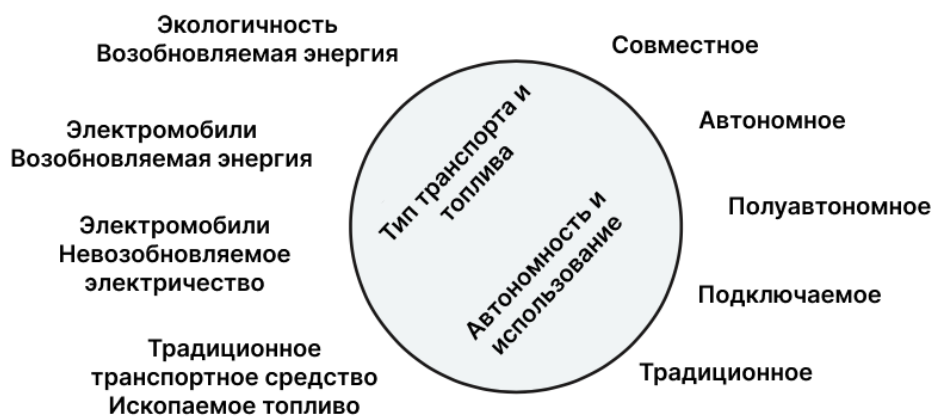


Рисунок 4

Помимо автономности, транспортные средства становятся все более надежными. Прогностические инженерные решения позволят предвидеть будущие события, начиная от компонента транспортного средства, который может нуждаться в ремонте, и заканчивая потенциальной аварией. Бортовая система принятия решений предложит наилучшие варианты действий, чтобы избежать поломки компонента или несчастного случая, влияющего на сроки поставки. Обо всех сбоях будет сообщаться производственным предприятиям, которые могут пострадать в результате транспортировки.

Для поддержки цепочек поставок и распределения продукции будут использоваться различные формы и виды транспорта. Вероятно, для перевозки специалистов, обслуживающих производственные системы, а также материалов, деталей и изделий будет применяться общий вид транспорта [21].

Будущее интеллектуального производства

Интеллектуальное производство открывает новые возможности и ставит новые задачи. Самая большая проблема заключалась бы в принятии формирующейся производственной реальности и перемен. Новая волна автоматизации будет поддерживаться следующим поколением недорогой робототехники. Одно это приведет к созданию новых «кибер» рабочих мест, а не традиционных. «Кибернетическая» часть «умной фабрики» сама по себе является предприятием внутри предприятия с определяемыми должностными инструкциями и рабочей силой, подлежащей обучению [22].

Некоторые характеристики будущего производства отражены в десяти предположениях, изложенных далее. Для каждой гипотезы приводится краткое обоснование. Эти предположения призваны отразить суть интеллектуального производства. Некоторые из них могут подтвердиться или стать менее заметными или даже отброшенными со временем, при этом могут сформироваться новые гипотезы. Они, вероятно, улучшат понимание основных производственных проблем, а также выявят тенденции и изменения, влияющие на интеллектуальное производство.

Гипотеза 1: Цифровизация производства

Производство будет все больше зависеть от данных, что подразумевает необходимость сбора большего их количества. Более широкое использование данных уже происходит во многих секторах обрабатывающей промышленности. Одной из практик, от которой могло бы извлечь выгоду производство, является ветроэнергетика, где используются системы диспетчерского управления и сбора данных (*Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA*) для хранения больших

объемов данных о параметрах технологического процесса. Решения SCADA предлагают удобный способ сбора, хранения и совместного использования технологических данных.

Гипотеза 2: Возросшая зависимость от моделирования, оптимизации и симуляции

Растущий объем данных (гипотеза 1) в интеллектуальном производстве естественным образом откроет двери для извлечения выгоды из данных. Подходы к моделированию, основанные на данных, получают все большее распространение, поскольку они позволяют интегрировать параметры из различных областей (например, продукта, процесса и логистики) в модели, которые было бы трудно построить с помощью традиционных методологий. Динамические прогностические модели будут часто использоваться в интеллектуальном производстве. Виртуальная, дополненная реальность и прогностические модели получают широкое распространение.

Гипотеза 3: Феномен «Материал-продукт-процесс»

Число экземпляров, в которых одновременно разрабатываются новый материал, технологический процесс и продукт, будет расти. Некоторые из прошлых инноваций имели место, когда новый материал и технологический процесс создавались одновременно. Вполне вероятно, что в будущем разработка материалов, процессов и изделий приведет к инновациям, например, модель детали, напечатанной на 3D-принтере, будет оптимизирована в сочетании с новым материалом и технологическим процессом.

Гипотеза 4: Вертикальная делимость физических активов и киберпространства

На многих интеллектуальных предприятиях физический уровень и уровень логистики будут спроектированы таким образом, чтобы обеспечить простоту и скорость подключения устройств друг к другу. Растущая потребность в настройке и реконфигурации физических ресурсов для лучшей поддержки меняющихся потребностей в продуктах, поддерживаемых расширяющейся цифровизацией и стандартизацией, приведет к появлению новых системных архитектур. Новая архитектура будет характеризоваться простотой вертикального разделения физического и кибернетического уровней предприятия.

Гипотеза 5: Корпоративная дихотомия

Вероятно, появятся две экстремальные модели интеллектуального предприятия: одна, в которой физические активы и логистика тесно связаны (гипотеза 3), а другая – с вертикальной делимостью двух уровней (гипотеза 4). Модели жесткой вертикальной связности или вертикальной делимости (дихотомия) могут возникнуть согласно описанию гипотез 3 и 4 соответственно.

Гипотеза 6: Большая горизонтальная связность и интероперабельность

Степень горизонтальных внутренних и внешних связей и интероперабельности интеллектуальных производственных предприятий будет возрастать. Это будет обусловлено необходимостью реконфигурации физических и логистических активов внутри и между различными предприятиями. Стандартизация будет способствовать этому на обоих уровнях. Растущий объем и скорость потока данных на современном предприятии естественным образом приведут к внедрению решений, поддерживающих более широкие горизонтальные связи и интероперабельность систем, обеспечивающих поток данных.

Гипотеза 7: Совместное использование ресурсов

Совместное использование производственных и транспортных ресурсов в рамках производственных цепочек вполне может стать повсеместной практикой. Беспрецедентная степень горизонтальной взаимосвязанности интеллектуальных предприятий (гипотеза 6) в сочетании с динамикой рынков облегчит совместное использование производственного оборудования, транспорта и других ресурсов. Инновации в области производственного оборудования могли бы выиграть от совместного использования ресурсов, поскольку компании могут приобретать оборудование, основываясь на явном предположении, что оно будет общим.

Гипотеза 8: Автономность мониторинга, диагностики и ремонта оборудования

Диагностика и прогнозирование неисправностей оборудования станут рутинной активностью в интеллектуальном производстве. В некоторых случаях может потребоваться автоматический ремонт. Мониторинг оборудования генерирует данные (гипотеза 1), поддерживающие диагностические модели (гипотеза 2), применяемые для мониторинга и прогнозирования состояния работоспособности оборудования и систем. Предотвращение возникновения неисправностей и предвидение будущих сбоев может стать обычной практикой.

Гипотеза 9: Стандартизация и сотрудничество

Совместная разработка стандартов может естественным образом возникнуть для удовлетворения возникающих потребностей в интеграции и взаимосвязанности предприятий. Растущая зависимость от данных (гипотеза 1), совместное использование ресурсов (гипотеза 7) и потребность в вертикальной разделяемости (гипотеза 4) и горизонтальной связности и интероперабельности (гипотеза 6) будут стимулировать потребность в стандартизации и сотрудничестве. Сложность решаемых задач, вероятно, повысит эффективность сотрудничества. Было бы полезно иметь параметрические стандарты, отражающие готовность предприятия к горизонтальным и вертикальным связям и интероперабельности. Основываясь на этих показателях, предприятию может быть присвоен класс, например, предприятие класса 4 (из пяти классов) может легко вести бизнес с любыми другими предприятиями класса 4 или ниже. Такой стандарт ускорил бы реконфигурируемость и интеграцию предприятия.

Гипотеза 10: Кибербезопасность и сохранность

Вопросы кибербезопасности останутся проблемой, требующей постоянного отслеживания и быстрых решений. Растущие объемы и зависимость от данных (гипотеза 1) делают кибербезопасность первостепенной для прогресса в области интеллектуального производства и конкурентоспособности бизнеса. Это особенно важно, поскольку информационные активы станут растущим показателем рыночной стоимости компании. Растущая степень автоматизации и автономности систем повысит важность безопасности людей и машин. Решения для мониторинга состояния и системы оповещения (гипотеза 8) приобретут все большее значение. Фактически, можно изучить общность между решениями, разработанными для диагностики оборудования и обеспечения кибербезопасности.

Ускорение трансформации интеллектуального производства

Жизнеспособный подход к повышению эффективности преобразования производства заключается в широкомасштабном сотрудничестве по ключевым вопросам, относящимся к отраслям, оказывающим наибольшее влияние на общество. Создание открытой платформы разработки с участием ключевых

отраслей промышленности могло бы обеспечить такое сотрудничество, включая разработку моделей, управляемых данными. Как и в любом совместном предприятии, необходимо преодолеть доверие и разглашение информации. Получение более глубокого представления о доверии на платформах меньшего масштаба стало бы первым шагом к решению проблемы обмена информацией и знаниями. Моделирование в различных масштабах необходимо для привлечения промышленности, малой и крупной, к общему предмету сотрудничества. Крайне важно обеспечить, чтобы малые и средние предприятия присоединились к крупным корпорациям. Степень вовлеченности малого и среднего бизнеса в проектирование предприятия будущего неодинакова по всему миру. В то время как предпринимательские инициативы малого бизнеса в целом преобладают в Соединенных Штатах. Азия и Европа проявляют больше интереса к вопросам, влияющим на функционирование малого бизнеса. Для достижения прогресса необходимы разнообразие идей, культур, потребностей и открытость [23].

Заключение

Концепция автоматизированных фабрик была представлена десятилетия назад. В целом, отрасль продолжает стремиться к тотальной автоматизации, но этому препятствует множество факторов. Нет никаких сомнений в том, что некоторые «умные» фабрики будут высоко автоматизированы. Однако интеллектуальное производство – это не только степень автоматизации производственного цеха, речь идет об автономии, эволюции, моделировании и оптимизации производственного предприятия. Объем и временные рамки будут зависеть от доступности данных и инструментов. Уровень «умности» производственного предприятия будет определяться степенью отражения физического предприятия в киберпространстве. В статье проанализированы основные аспекты умного производства, а также описаны предположения относительно дальнейших направлений развития индустрии будущего.

Литература

1. Chun Y., Bidanda B. Sustainable Manufacturing and the Role of the International Journal of Production Research // International Journal of Production Research 51 (23-24), 2013. – P. 7448-7455.
2. Cotrell J., Stehly T., Johnson J., Roberts J.O., Parker Z. Analysis of Transportation and Logistics Challenges Affecting the Deployment of Larger Wind Turbines: Summary of Results, US Department of Energy, Technical Report NREL/TP-5000-61063, 2014.
3. Groumpos P.P. The Challenge of Intelligent Manufacturing Systems (IMS): The European IMS Information Event // Journal of Intelligent Manufacturing, 1995. – № 6 (1). – P. 67-77.
4. Helu M., Libes D., Lunell J., Lyons K. and Moris K.C. Enabling Smart Manufacturing Technologies for Decision-Making Support // Proceedings of the ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE, Charlotte, NC. 1-10. August 21-24, 2016.
5. Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B., Werner F. and Ivanova M.A Dynamic Model and an Algorithm for Short-term Supply Chain Scheduling in the Smart Factory Industry 4.0 // International Journal of Production Research, 2016. – № 54 (2). – P. 386-402.
6. Kan H. S., Lee J.Y., Choi S.S., Kim H., Park J.H. and Son J.Y. Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 2016. – № 3 (1). – P. 111-128.
7. Kim Y.-H., H.-B. Chang. The Industrial Security Management Model for SMBs in Smart Work // Journal of Intelligent Manufacturing, 2014. – № 25 (2). – P. 319-327.

8. Macke N., Rulhoff S. and Stjepandic J. Advances in Smart Manufacturing Change Management // In *Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries*, 2014. – P. 318-328, 2014 IOS Press, (open access publication). DOI: 10.3233/978-1-61499-703-0-318.
9. Moon J.-Y., Park J. Smart Production Scheduling with Time-dependent and Machine-dependent Electricity Cost by Considering Distributed Energy Resources and Energy Storage // *International Journal of Production Research*, 2014. – № 52 (13). – P. 3922-3939.
10. Zhang L., Luo Y.-L., Ta F., Li B.-H., Ren L. and Zhang X. Cloud Manufacturing: A New Manufacturing Paradigm // *Enterprise Information Systems*, 2014. – № 8 (2). – P. 167-187.
11. Thoben K.-D., Wiesner S. and Wuest T. «Industrie 4.0» and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples // *International Journal of Automation Technology*, 2017. – № 11 (1). – P. 4-16.
12. Wei W, Zhou F, Liang P.F. Product platform architecture for cloud manufacturing. *Adv Manuf*, 2020. – № 8. – P. 331-343.
13. Baumann F., Kopp O., Roller D. Abstract API for 3D printing hardware and software resources. *Int J Adv Manuf Tech* 92, 2017.
14. Xu X. From cloud computing to cloud manufacturing. *Robot Comput Integr Manuf*, 2017. – № 28 (1). – P. 75-86.
15. Battleson D.A., West B.C., Kim J., Ramesh B., Robinson P.S. Achieving dynamic capabilities with cloud computing: An empirical investigation. *Eur J Inf Syst*, 2016. – № 25 (3). – P. 209-230.
16. Brant A., Sundaram M.M. A novel system for cloud-based micro additive manufacturing of metal structures. *J Manuf Process*, 2015. – № 20. – P. 478-484.
17. Rudolph J.P., Emmelmann C. A cloud-based platform for automated order processing in additive manufacturing. *Procedia Cirp*, 2017. – № 63. – P. 412-417.
18. Bai T., Liu S., Zhang L. A manufacturing task scheduling method based on public goods game on cloud manufacturing model. In *2018 4th Int Conf Unv Vlg 23 (UV)*, 2018. – pp. 1-6.
19. Tao F., Zhang L., Nee AYC, Pickl S.W. Editorial for the special issue on big data and cloud technology for manufacturing, 2016.
20. Yigit M., Gungor V.C., Baktir S. Cloud computing for smart grid applications. *Comput Netw*, 2014. – № 70. – P. 312-329.
21. Loeser F., Recker J., Brocke J.V., Molla A., Zarnekow R. How IT executives create organizational benefits by translating environmental strategies into Green IS initiatives. *Inf Syst J*, 2017. – № 27 (4). – P. 503-553.
22. Fielte E., Bohmann T., Korthaus A., Conger S., Gable G. Service management and engineering in information systems research. *J Strateg Inf Syst*, 2013. – № 22 (1). – P. 46-50.
23. Giessmann A., Legner C. Designing business models for cloud platforms // *Inf Syst J*, 2016. – № 26 (5). – P. 551-579.