



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(национальный исследовательский университет)»**

---

**Институт №3**

**Кафедра №307**

по дисциплине «Технология приборостроения»

на тему:

«Реализация концепции цифрового производства в 3DEXPERIENCE»

Выполнил: студент группы М30-401С-18

Дзуцев С.С.

Принял: доцент каф.307

Хайрнасов К.З.

Москва – 2021

## Оглавление

Введение .....	3
1. Основная часть .....	5
1.1. Концепция цифрового производства .....	5
1.2. Технологии цифрового производства .....	7
1.3. Сложности организации цифрового производства .....	8
1.4. Переход к цифровому производству в разных отраслях .....	9
1.5. Платформа 3DEXPERIENCE .....	12
Заключение .....	15
Список использованных источников .....	16

## Введение

Согласно отчету Price Waterhouse Cooper за 2014 г., «оцифрованные» продукты и услуги ежегодно генерируют дополнительные доходы на сумму около 110 млрд евро. Отчет показывает, что к 2025 г. более 80 % компаний перейдут на цифровые цепочки создания стоимости. Эти новые, зачастую революционные цифровые бизнес-модели обеспечивают улучшенную производительность и эффективность использования ресурсов, а также повышение рентабельности на 18 % в течение пяти лет после внедрения.

Цифровизация стремительно набирает обороты и, наряду с повышением гибкости производственных процессов, предоставляет новые возможности для промышленных предприятий во всем мире. Это позволяет удовлетворять индивидуальные потребности заказчиков и сократить время выхода на рынок. Цифровая трансформация способствует появлению инноваций, новых сервисов и бизнес-моделей на основе данных.

Развитие цифровой экономики (Digital Economy) в современном мире во многом обусловлено эффективной работой со стремительно увеличивающимися большими объёмами данных (Big Data), включая снижение объёмов «мусорных» данных, а также повышения прозрачности и наглядности процессов генерации и обработки данных.

Центральное место в экономике по праву занимает материальное производство – высокотехнологичная промышленность, отвечающая, в первую очередь, требованиям высокой производительности труда, экономической эффективности и глобальной конкурентоспособности.

Для удовлетворения этим требованиям необходимым и актуальным этапом развития высокотехнологичной промышленности является цифровая трансформация бизнес-процессов и бизнес-моделей, то есть, фактически, трансформация высокотехнологичной промышленности в цифровую промышленность на основе:

- разработки и применении цифровых платформ, для которых ключевой характеристикой является понятие ценности платформы для участников;
- разработки и применения цифровых двойников (Digital Twin);
- осуществления перехода к киберфизическим системам (Cyber-Physical System), в частности, к беспилотным, безэкипажным, «безлюдным» роботизированным производствам, исключаящим негативное влияние человеческого фактора.

Речь нужно вести о рациональной трактовке словосочетаний «безлюдные технологии» и «роботизированное производство». Достижение полного отсутствия человека и человеческого фактора на производстве в большинстве случаев может быть или дорогостоящим, или экономически не эффективным.

Важно отметить, что перечисленные выше глобальные изменения должны сопровождаться развитием принципиально новых бизнес-процессов и бизнес-моделей на всех уровнях и, конечно же, изменением корпоративной культуры компании, в ином случае производство теряет финансы, не получая какого-либо реального результата.

## 1. Основная часть

### 1.1. Концепция цифрового производства

Понятие «цифровое производство» существует уже более 10 лет. Но за это время значение этого термина претерпело существенные изменения.

Сначала под ним понимали предприятие, активно применяющее автоматизированные системы на этапах производства и его подготовки. Акцент делался на ПО, ускоряющее и упрощающее разработку, настройку, эксплуатацию прикладных программ для управления отдельными станками. А также отвечающих за конвейерную сборку и другие производственные процессы.

Сейчас термин понимают более широко: цифровое производство предполагает не только использование технологий для увеличения производительности работы станка конвейерной линии. Помимо этого, речь идёт о создании для изделия либо процесса, или даже всего предприятия, цифрового «двойника».

Например: прежде чем начать превращение железной заготовки в металлоизделие, в виртуальном пространстве создаётся её копия, которая проходит все этапы производства [1]. При этом удаётся увидеть все сложности, издержки, с которыми придётся столкнуться. Таким же образом «рисуются» модели конвейерной сборки или предприятия в целом, например завода, выпускающего 50 видов продукции.

Цифровые производственные модели («цифровые двойники», рис.1.) являются многоуровневыми макетами как технологических и производственных процессов, так и отдельных технологических операций, оперируют огромным количеством производственных объектов (оборудование, рабочие места сотрудников, сервисные службы и т. д) [2]. Функционирование таких моделей требует учёта и анализа огромного количества разнородных данных. Это одна из причин, почему цифровое

производство в современном значении этого слова потребовало значительного развития технологий, прежде чем стать возможным.

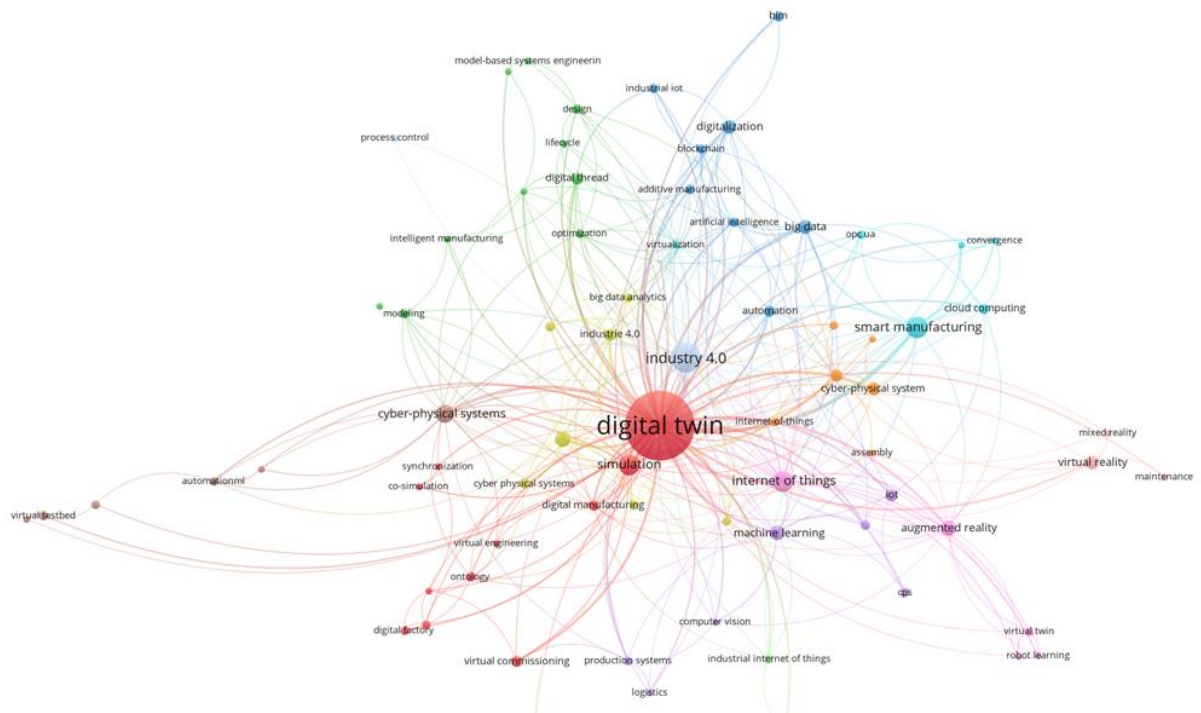


Рис.1. Распределение ключевых слов в статьях, в которых написано про цифровые двойники и цифровое производство

Основные преимущества цифровых технологий в управлении производством [3]:

- Это комплексные инструменты для создания 3D-процессов и планирования ресурсов, позволяющие разрабатывать и оптимизировать производственные системы по принципам изготовления на заказ и бережливого производства.
- Эти инструменты можно использовать для подбора и оптимизации производственных ресурсов параллельно с планированием производства;
- Можно осуществлять мониторинг операций в режиме реального времени, внесения изменений в график, корректировки проекта, планирования технического обслуживания;
- Снижается процент брака и издержки производства.

## 1.2. Технологии цифрового производства

Главная из них – это цифровое моделирование, причём неважно, говорим мы о создании отдельной детали или строительстве всего завода. В промышленности востребовано трёхмерное моделирование. Точная математическая модель предваряет любые реальные процессы и даёт возможность вычислить как издержки, так и эффективность запланированных изменений [4].

Кроме высокой точности, оно полезно тем, что помогает экономить на создании моделей. С помощью компьютерной графики предприятия постепенно уходят от долгих предварительных согласований, толстых документов с детальными описаниями будущего изделия.

Управление жизненным циклом изделия [5] – ещё одна технология, внедрение которой набирает обороты. Исходный посыл: жизненный цикл начинается с моделирования и заканчивается утилизацией. Постоянное наблюдение за состоянием изделия (например, элементом станка) на всех стадиях его «жизни» – ключ к тому, чтобы вовремя проводить ремонт или замену износившихся частей. А значит, станок будет в итоге работать бесперебойно, а если это часть конвейера – то не тормозить своими выходами из строя работу всей линии.

Этот пример хорошо раскрывает одну из важных элементов концепции цифрового производства. Постоянное наблюдение за состоянием, условно говоря, одного крепежа или прокладки позволяет предотвратить поломки производственных линий, протекания агрессивных жидкостей и крупные убытки, принесённые такими форс-мажорами.

Технология «интернета вещей» [6] подразумевает, что каждое устройство самостоятельно подключается к интернету и передаёт туда данные. А также загружает информацию, которая туда поступила от других устройств. Такая технология сейчас внедряется даже в быту, например, в системах «Умный дом». Главные её пользователи – это промышленные предприятия.

Суть этой технологии – в постепенном снижении роли человека-оператора. Если при избыточном давлении в котле 1 контроллер А автоматически прекращает нагнетание туда пара, а контроллер Б переводит мощности на запасной котёл 2, это намного лучше, чем если всё это должен сделать сотрудник, сидящий за пультом. Ведь последний может не успеть отреагировать, и предприятие получит остановку производственной линии и ущерб.

Существуют десятки других технологий, которые можно реализовать в рамках этой концепции [7, 8]. Но суть у них одна: сбор и обработка множества данных от многих систем; моделирование; автоматизация производства.

### 1.3. Сложности организации цифрового производства

Одна из самых больших сложностей – это правильное понимание концепции цифрового производства. Компания может внедрить интернет вещей, 3D-моделирование нескольких производственных линий. Но она всё ещё не будет полноценным цифровым предприятием, если эти технологии внедрены «отрывочно», разобщены между собой, если отсутствует «ядро», которое организует функциональные, логические и информационные связи между всеми технологиями: моделированием, интернетом вещей, роботами RPA, обработкой больших данных [9].

Ещё одна сложность: часто возникает разрыв между экспериментальным использованием технологии, например интернета вещей, и её полномасштабным внедрением. Даже если технология хорошо показала себя в одном цеху или на одной линии производства, не всегда масштабирование происходит быстро. Причиной этому могут быть и большие расходы, и низкая мотивация руководства/непонимание им необходимости масштабирования, и нежелание расставаться с прежними принципами работы [7, 9].

В итоге темпы внедрения новых технологий и самой концепции цифрового производства оказываются ниже, чем могли бы.



В эпоху цифровой трансформации важно не упустить конкурентных преимуществ, не отстать в развитии. Поэтому стоит уделять внимание тому, чтобы такая концепция внедрялась на предприятии, даже если это требует вложений, или необходимость перемен вызывает сопротивление сотрудников. Опыт показывает: новая концепция в итоге сильно снижает расходы предприятия [10]. А дискомфорт от перемен, если провести мягкую политику внедрения технологий, будет компенсирован повышением позиций компании на рынке.

#### 1.4. Переход к цифровому производству в разных отраслях

На промышленных предприятиях регулярно разрабатываются и претворяются в жизнь планы модернизации производства. Конкуренция на рынке высока, и в быстро меняющихся условиях никто не может гарантировать, что успешно работающее предприятие останется на ведущих позициях и в дальнейшем. У каждой отрасли свои особенности, но все их объединяет одно: необходимость всегда иметь под рукой точные, надежные данные в цифровом формате [11, 12]:

- Цифровые технологии в автомобилестроении. В автомобиле- и машиностроении предприятия стремятся работать по принципам бережливого производства: синхронизировать операции и ограничивать объемы складских запасов, чтобы удержать темпы выпуска продукции на требуемом уровне. Отслеживание всех операций в реальном времени на глобальном уровне — основа для оптимизации производственных процессов и контроля качества. Особое внимание во всем мире уделяется беспилотным автомобилям: с одной стороны, в них реализуются самые современные технологии, но, с другой стороны, к ним предъявляются крайне высокие нормативные требования по безопасности.

- Производители промышленного оборудования осваивают передовые технологии, способные помочь закрепиться на новых рынках. Требования заказчиков непрерывно меняются, и для своевременного

реагирования на изменения необходимы новые, увязанные между собой информационные системы, квалифицированный персонал и средства управления данными.

- У производителей в аэрокосмической отрасли часто накапливаются большие объемы незавершенных работ. Для их ликвидации нужно строить воздушные суда быстрее и с меньшими затратами. Однако при выработке мер по ускорению работ ни в коем случае нельзя жертвовать качеством. Современные системы проектирования, инженерного анализа, подготовки производства и управления помогают эффективно решать подобные проблемы.

- Предприятия, выпускающие медицинское оборудование, должны, помимо общих нормативов, соблюдать специализированные стандарты качества. Им нужны решения, в которых интегрированы средства проектирования, подготовки производства и всестороннего нормоконтроля.

Если начинать с внедрения отдельных технологий, то можно в итоге так и не стать цифровым производством. Более оптимально двигаться не центростремительно (сначала внедрить десяток технологий, а потом думать, как их объединить) а центробежно [13]. То есть, начать с цифрового «ядра», а затем уже добавлять новые и новые технологии на периферии, управляемые из «центра».

Таким «ядром» для производственного предприятия, как и для любой другой компании, может стать IT-платформа на основе системы BPM (управления бизнес-процессами). К ней уже «подкручиваются» другие системы, например, MES (Manufacturing Execution System, система контроля производства) и ERP (система учёта ресурсов предприятия).

Зачастую за основу берётся именно система BPM. Системы такого класса помогают не концентрироваться на второстепенных вещах (договоры, документы, деньги, продукция, работа цехов), а начинать с главного: создание ценности для клиента, сквозное прохождение бизнес-процессов через все производственные цеха, бухгалтерию, отделы продаж, закупок, логистики. Не

говоря уже о том, что лишь при таком подходе удаётся успешно выстроить управление жизненным циклом изделия, который тоже мыслится как бизнес-процесс.

Роль “ядра” информационной системы для управления цифровым производством хорошо играют Low-code BPM-платформы, такие как Comindware Business Application Platform.

Проведенный в 2018 году анализ компании IDC показывает, что к 2024 году 50% компаний, входящих в список 2000 крупнейших публичных компаний мира по версии журнала Forbes (Forbes Global 2000), будут использовать цифровых двойников и экосистемы цифровых двойников [14].

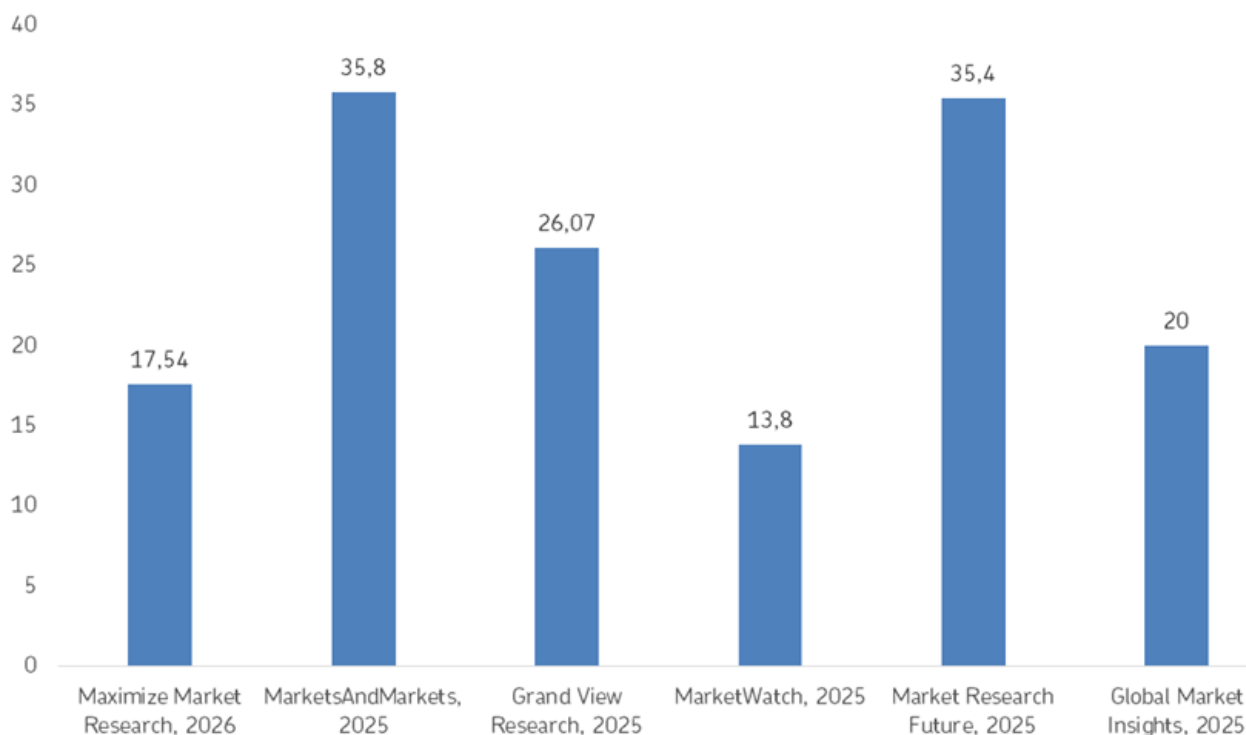


Рис.2. Прогноз объема мирового рынка цифровых двойников, млрд руб. [15]

Будущее, вне всякого сомнения, — за цифровым производством, где необходимые данные доступны в реальном времени всем его участникам. При таком подходе изделия и технологии тщательно испытываются в виртуальной среде, после чего с высокой эффективностью реализуются в производстве.

### 1.5. Платформа 3DEXPERIENCE

Глобальные компании-вендоры (производящие и/или поставляющие товары под собственным брендом) высокотехнологичных систем компьютерного инжиниринга при разработке специализированных решений для цифровых двойников, опираются, как правило, на существующие технологии компьютерного проектирования и моделирования, PLM/PDM-решения, технологии обработки больших данных, интегрированные в единую систему [16].

Разные компании-вендоры могут использовать «дополняющие» технологии, с помощью которых они «усиливают» цифровых двойников: иммерсивные технологии (AR/VR), платформенные решения для промышленного интернета, возможности аддитивного производства, блокчейн.

Представленные инструменты имеют платформенную форму и обеспечивают интеграцию данных, которая позволяет систематизировать и технологизировать процесс формирования цифровых двойников. При этом следует учитывать, что простое наличие представленных платформ не создает «компетенцию» по формированию и развитию цифровых двойников.

Платформа 3DEXPERIENCE — это среда для совместной работы, программное решение, позволяющее предприятиям и специалистам (в масштабах всей организации) внедрять инновации принципиально новыми способами, а также создавать продукты и услуги с использованием виртуальных средств. Это инструмент для формирования цифровых двойников [17].

Компания Dassault Systèmes разработала платформу 3DEXPERIENCE для того, чтобы упростить переход предприятий на цифровые методы моделирования и ведения производства.

Платформа 3DEXPERIENCE предлагает интуитивно понятные 3D-приложения для проектирования продукта, анализа, производства и управления данными в цифровой среде. Она представляет собой единую

платформу для взаимодействия, которая позволяет вырабатывать технические требования, обмениваться идеями, изучать документацию, осуществлять интеграцию и валидацию, выполнять задачи и создавать отчетность, а также позволяет добиваться оптимизации бизнеса за счет обеспечения цифровой преемственности данных на протяжении всех этапов проекта, начиная с создания концепции и заканчивая реализацией.

Ключевым элементом концепции платформы является компас 3DS, четыре квадранта которого символизируют весь комплекс решений, собранных под брендом Dassault Systèmes:

- приложения для 3D-моделирования, обладающие широкими возможностями построения объектов и визуализации в 3D;
- приложения для социального взаимодействия, позволяющие координировать работу специалистов как внутри организации, так и за ее пределами;
- приложения для управления и анализа, соединяющие виртуальный и реальный миры;
- приложения для сбора информации, открывающие доступ к структурированным и неструктурированным данным.

Платформа 3DEXPERIENCE обеспечивает [18]:

- Сокращение продолжительности цикла разработки за счет усиления взаимодействия между инженерными подразделениями и отделами снабжения. Это стало возможным благодаря единому пользовательскому интерфейсу, обеспечивающему унифицированный опыт, с доступом к общему цифровому источнику данных, в результате чего все участники проекта используют актуальную информацию и работают в едином контексте. Все это способствует реализации концепции модельного предприятия.
- Повышение уровня информированности и оптимизация времени реагирования на запросы заказчиков, что стало возможным благодаря

приложениям «бизнес-аналитики», предусматривающим сбор информации в режиме реального времени для отслеживания показателей эффективности.

- Увеличение продуктивности благодаря ориентированности платформы на работу с данными и интуитивным возможностям поиска, что облегчает управление данными и способствует эффективному обмену информацией в масштабах всего предприятия.

Помимо 3DEXPERIENCE существуют другие платформы: General Electric - Predix; Siemens Digital Industries Software - Teamcenter, MindSphere, Digital Enterprise Suite, Simcenter Amesim; «ЛОГОС»; Центр НТИ СПбПУ - CML-Bench™

Все эти приложения, вместе взятые, служат компасом, с помощью которого современное предприятие ориентируется в цифровых рабочих процессах.

## Заключение

Современные решения для цифрового производства поддерживают инновации и эффективность, обеспечивая возможность моделировать как сами изделия, так и глобальные производственные процессы.

Эксперты затрудняются в оценках и прогнозах развития рынка цифровых двойников в России: разброс оценок рынка от нескольких десятках миллионов – до нескольких млрд рублей. Однако в целом формируются положительный прогноз по развитию рынка цифровых двойников, на протяжении ближайших 5 лет рынок будет прирастать почти на  $\frac{1}{3}$  в год, спрос на профильное программное обеспечение будет расти - как и спрос на соответствующие услуги [18].

Согласно материалам выше можно сделать вывод, что переход к технологиям цифрового производства в настоящее время является ведущим трендом мировой экономики и эти технологии должны найти отражение в концепциях и планах развития предприятий в нашей стране, тем более, что уже существуют готовые рыночные решения как отечественного производства, так и зарубежного.

### Список использованных источников

- [1] Федоров Д.О., Лазич Ю.В. Перспективы и сложности внедрения PLM-технологий // Beneficium. 2017. №2 (24).
- [2] Черепанов Н.В. Особенности внедрения систем управления данными (PDM-систем) на предприятиях машиностроительного комплекса // Инновации и инвестиции. 2018. №11.
- [3] Королева Е.И. Особенности цифровой трансформации интегрированных производственных структур // Вестник ВУиТ. 2021. №1 (47).
- [4] Madni, Azad & Madni, Carla & Lucero, Scott. (2019). Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering. Systems. 7. 7. 10.3390/systems7010007.
- [5] S. Spangelo, D. Kaslow, C. Delp, B. Cole, L. Anderson, E. Fosse, B. Gilbert, L. Hartman, T. Kahn, and J. Cutler, “Applying Model Based Systems Engineering (MBSE) to a Standard CubeSat,” in Proceedings of IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, March 2012.
- [6] Бойко Татьяна Алексеевна Анализ основных тенденций развития PLM-систем // Инновации и инвестиции. 2020. №5.
- [7] Кореньков В.Н., Ткач И.И. Эвристический алгоритм синтеза маршрутных технологических процессов // Вестник Херсонского национального технического университета. 2017. №4 (63).
- [8] Scholten, A. Smart Buildings and Their Digital Twins. Realcomm20 Advis. Newslett.2017, 17.
- [9] Чукичев А. В., Тимофеева О. С., Яблочников Е. И. Индустриальная киберфизическая платформа для единичного производства полимерных изделий // Приборостроение. 2020. №9.
- [10] Zhao, Wei & Kapania, Rakesh. (2019). Actuator Energy and Drag Minimizations of Blended-Wing-Body with Variable Camber Continuous Trailing-edge Flaps. Engineering Optimization. 10.1080/0305215X.2019.1660776.



[11] Gough, Kerry & Phojanamongkolkij, Nipa. (2018). Employing Model-Based Systems Engineering (MBSE) on a NASA Aeronautic Research Project: A Case Study. 10.2514/6.2018-3361.

[12] Комаров К.Л. Цифровизация как ключевой механизм современных технологий в организационных структурах транспортного производства // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2018. №2 (45).

[13] Федоров Д.О., Лазич Ю.В. Перспективы и сложности внедрения PLM-технологий // Beneficium. 2017. №2 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-i-slozhnosti-vnedreniya-plm-tehnologiy> (дата обращения: 01.10.2021).

[14] Cityzenith. What are Digital Twins? What the Building and Real Estate Industries Need to Know. Cityzenith, 9 October 2018.

[15] Центр НТИ СПбПУ по материалам Maximize Market Research, PRNewswire, Grand View Research, Market Research Future, Global Market Insights, MarketsAndMarkets, MarketWatch, Juniper Research

[16] Черепанов Н.В. Особенности внедрения систем управления данными (PDM-систем) на предприятиях машиностроительного комплекса // Инновации и инвестиции. 2018. №11.

[17] Хмара Дмитрий Сергеевич, Фирсова Анна Валентиновна Оценка потенциала создания гибкого цифрового производства на базе онежского судостроительно-судоремонтного завода и возможности проецирования полученного опыта на другие предприятия отрасли // Экономика и управление. 2018. №4 (150).

[18] Краюшкин Владимир Анатольевич Автоматизация полного цикла разработки изделий из композиционных материалов с использованием технологий компании Dassault Systèmes // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. №4-2.