

# **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССАМИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА**

**Jacek Stasiak**

Warniński Swobodny Uniwersytet

e-mail: jacek\_stasiak@interia.pl

Аннотация. Статья посвящена вопросам формирования производственного потенциала инновационной деятельности организаций в условиях цифровой трансформации их деятельности на основе использования высококачественного цифрового актива — идеальной платформы для совместной работы на протяжении всего жизненного цикла продукта. Обосновано, что перспективной моделью перехода предприятий в цифровую эпоху является создание цифровых фабрик за счет внедрения общей цифровой экосистемы на предприятии и инвестирования в ключевые цифровые технологии.

Ключевые слова; производственный потенциал, цифровизация, управление, интегрированный подход, бизнес-процессы, оцифровка, интернет вещей (IoT), искусственный интеллект, робототехника, цифровой двойник

Основная тенденция (концепция) цифровизации управления процессами повышения эффективности использования производственного потенциала в условиях инновационного развития – это создание инновационной продукции с высокой добавленной стоимостью, а также разработка энергоэффективной и экологически безопасной техники и технологий с высокими рабочими характеристиками и низкой эксплуатационной стоимостью. Достижению данных целей способствует процесс цифровизации, который можно разделить на две составляющих: цифровизация производимого инновационного продукта и цифровизация процесса управления эффективностью использования производственного потенциала.

Цифровизация использования производственного потенциала заключается в создании «цифровых фабрик» или интеллектуальных производств. Суть подобных цифровых фабрик заключается в возможности точного принятия решений в режиме реального времени с использованием различных информационно-коммуникационных технологий. Внедрение цифровых технологий обеспечивает эффективность кросс-функционального взаимодействия на всех этапах производства, сохраняя при этом качество и надежность продукции.

Среди основных технологических направлений цифровизации эффективного использования производственного потенциала на первом месте стоит оцифровка основных бизнес-процессов и создание единого цифрового информационного пространства, то есть объединения процессов проектирования, подготовки производства, закупок материалов и оборудования, послепродажного обслуживания на единой цифровой платформе. Не менее важна автоматизация производственных процессов, в том числе с применением промышленных роботов, роботизированных технологических комплексов. Еще одна важная область - предиктивная аналитика и симуляторы, которые позволяют предвидеть возможные ситуации заранее. Предиктивная аналитика предполагает анализ больших объемов информации о процессе производства с целью выявления скрытых закономерностей. Симуляторы служат для оценки устройства отдельных систем в различных условиях эксплуатации в процессе проектирования, а также прогнозирования вариантов организации производственного процесса.

Кроме того, необходима стандартизация производственных процессов. Это повышает серийность нового производства, увеличивает рентабельность и одновременно позволяет удовлетворить индивидуальные требования каждого потребителя.

Еще одной актуальной темой является модульность, с помощью которой продукт собирается из отдельных блоков максимально возможной массы, оснащенных всем необходимым оборудованием, что существенно упрощает и снижает сроки его производства.

Интегрированный подход к использованию производственного потенциала помогает упростить рабочие процессы, начиная с этапа формирования справочных материалов и спецификаций оборудования при эскизном проектировании и до окончания производства, одновременно создавая условия для формирования целостного, точного, совместно используемого и, в конечном итоге, высококачественного цифрового актива — идеальной платформы для совместной работы на протяжении всего жизненного цикла продукта.

Оцифровка основных бизнес-процессов составляет основу общей цифровизации, но требует развития следующих процессов:

- оптимизации технологических процессов,
- стандартизации,
- цифровой взаимосвязанности,
- оптимизации информационных потоков,
- взаимодействия управления материальными ресурсами и управления информацией в рамках всей цепочки поставок.

Производителям прежде всего необходимо проводить процедуры по созданию стандартизированной, унифицированной, координирующей инфраструктуры для

проектирования, производства и обслуживания производимого продукта – так называемые системы управления жизненным циклом изделия (PLM или с PLM). Использование цифровых алгоритмов и моделирования на базе технологий «больших данных», машинного обучения и прогнозной аналитики позволяют осуществлять совместную работу в режиме реального времени, что оптимизирует процесс проектирования, а также позволяет улучшить характеристики продукта, сократить время на производство и снизить затраты.

Лучшее в своем роде программное обеспечение по управлению жизненным циклом изделия обычно отдает приоритет автоматизированному проектированию (САПР/CAD) и 3D-моделированию, но жизненные циклы продукта идут гораздо дальше. Система PLM должна быть способна расширяться за счет производства, изготовления, закупок, ввода в эксплуатацию, капитального ремонта, переоборудования, технического обслуживания, ремонта и вывода из эксплуатации.

Процесс управления проектами и ресурсами разделяется на два принципиально разных подхода.

При первом подходе спецификации материалов/оборудования оформляются на этапе проектирования изделия до того, как начинаются процессы материально-технического обеспечения производства и собственно производства.

Разработка спецификаций осуществляется по производственным группам в соответствии с производственным планом. В производство запускается либо серия идентичных изделий, либо изделия изготавливаются на основании predetermined вариантов спецификаций.

При втором подходе конструкторские работы и процесс материально-технического обеспечения производства (строительства) начинаются практически одновременно. Спецификации материально-технического обеспечения изменяются по мере развития конструкторского проекта.

Основное различие между компаниями, следующими тому или иному подходу, состоит в том, что одни занимаются разработкой продукции для серийного производства и, как правило, не имеют конкретного заказчика, в то время как вторые осуществляют разработку продукции на заказ и, как правило, ориентированы на проектную организацию производства, при которой конкретное изделие изготавливается для конкретного заказчика.

При использовании второго подхода для эффективного управления проектами, необходимо использовать такое программное обеспечение, которое синхронизировано с САПР и отражает все изменения в проекте в режиме реального времени.

Учитывая, что основные риски при управлении проектами обычно исходят из новых проектов (прототипов), которые включают проектные чертежи, расчеты и необходимое оборудование, то для эффективного управления необходимо использовать программное обеспечение для проектирования со встроенными шаблонами, что

сокращает сроки выпуска производимого продукта, повышает производительность и упрощает использование передовых технологий, которые в свою очередь снижают возможные риски и позволяют избежать дополнительных задержек.

С помощью новейших САПР (система автоматизированного проектирования) конструкторам и инженерам предоставляется возможность использовать 3D моделирование и 3D визуализацию в контексте определенных рабочих групп, например, отвечающих за отдельные компоненты, отделения, системы и узлы.

Современное программное обеспечение для 3D-моделирования позволяет исследовать детали, пространства и внутренние структуры до их сборки, позволяя проектировщикам проверять и оптимизировать расположение оборудования, трубопроводов и проводов, а также устранять потенциальные проблемы и конфликты задолго до того, как они станут физической реальностью.

Еще одним важным шагом в проектировании является обмен данными между производителями и стратегическими партнерами в реальном времени в форматах данных, стандартизированных ISO, которые могут обеспечить возможность построения 3D-моделей с использованием нескольких САПР, что значительно оптимизирует работу и упрощает процесс управления проектами. Обмен данными может осуществляться через высокочастотную частную сеть (LTE/4G/5G), некоторые ведущие судостроители уже внедрили использование собственных LTE сетей.

Для сокращения затрат на разработку и производство необходимо оптимизировать свои средства и процессы на всех этапах жизненных циклов изделия с помощью программного обеспечения для автоматизации процессов производства.

Цифровое моделирование всех бизнес-процессов позволяет оптимизировать технологические потоки еще до начала производства, а также реализовать принципы «бережливого» производства на ранних стадиях и избежать создания дорогостоящих физических прототипов. Цифровое моделирование рабочих процессов приводит к двузначным процентным улучшениям на существующих производствах и еще большим улучшениям на новых, где процессы и рабочие потоки можно было моделировать и оптимизировать. Использование цифрового моделирования и систем 3D-моделирования позволяет создавать «цифровых двойников» всех процессов и элементов, обеспечивая не только проектирование новой продукции, но и модернизацию действующих.

Прежде всего, необходима синхронизация корпоративной сети снабжения и интеграция ее с системой автоматизированного проектирования (САПР), это позволяет производителям своевременно обмениваться данными со своими поставщиками и партнерами, и обеспечивает наличие необходимых деталей в нужное время.

Планированием ресурсов предприятия следует заниматься задолго до начала проектирования, еще на стадии заключения договоров. При этом вся информация и изменения, добавляемые во время процессов согласования и проектирования, должны

моментально отражаться в единой корпоративной программе, и автоматически переходить в последующие стадии проекта. Начиная со стадии проектирования, эффективность управления контрактами в процессе планирования ресурсов предприятия имеет решающее значение, так как некоторые позиции заказываются заранее в соответствии с определенными спецификациями. При проектировании, по мере изменения проектной документации, данные спецификации могут меняться, и специалистам по закупкам необходимо немедленно пересматривать активные заказы с поставщиками и субподрядчиками.

Без инструментов для передачи изменений в режиме реального времени, позиции с длительным сроком поставки могут сместить график проекта, привести к нарушению договорных обязательств, а также значительно увеличить расходы за счет доработок и срочных платежей.

Другим важным моментом является оценка количества материала, необходимого для фактического использования.

В настоящее время оценки на этапах контракта имеют точность порядка 80%. Среднесрочные оценки имеют более высокие показатели точности, около 90-95%. Внедрение PLM системы позволяет проводить более точную оценку потребности в материалах, за счет использования предыдущего опыта проектирования. Поэтому, наличие интегрированного программного обеспечения для планирования ресурсов предприятия позволяет согласовывать структуру разбивки работ и структуру разбивки затрат, а также отслеживать всю логистическую цепочку, лежащую в основе успешного осуществления проекта.

Передовые производители уделяют особое внимание требованиям устойчивого развития и процессу непрерывного совершенствования в вопросах доступности и надежности, а также сокращению циклов капитального ремонта. Решение PLM позволяет предприятиям разрабатывать и выпускать всю сопутствующую документацию, включая спецификации, контракты и т.д. в единой информационной среде.

Компании и предприятия могут значительно повысить качество управления всеми нормативными требованиями по обслуживанию, такими как планирование технического ремонта, обслуживание судов, отслеживание показателей и сохранение отчетности.

Следующим шагом в развитии производства является расширение общей цифровой платформы для всех партнеров, членов цепочки поставок, чтобы максимизировать общую производительность предприятия и снизить общую стоимость владения.

Большинство крупных предприятий и компаний переходят к облачной стратегии развертывания корпоративного программного обеспечения и бизнес-систем. Облачные решения предоставляют всем сотрудникам предприятия и участникам цепочки поставок свободный и своевременный доступ к любой необходимой информации и

данным, что значительно повышает производительность и эффективность. Однако данные решения требуют разработки серьезной системы безопасности, что накладывает дополнительные финансовые расходы.

Ключевым этапом перехода предприятий к цифровой эпохе является создание цифровых фабрик (Smart factory, smart yard, digital yard), за счет внедрения общей цифровой экосистемы на предприятии и инвестирования в ключевые цифровые технологии, которые внедряются на протяжении всего жизненного цикла продукта, а не только на отдельных этапах, таких как проектирование или производство.

Внедрение цифровых технологий приводит к значительному снижению затрат и увеличению эффективности производства. По данным консалтингового агентства McKinsey, отрасли, которые инвестируют в цифровизацию, могут сократить свои операционные расходы в среднем на 3,6% и повысить эффективность на 4,1%. Агентство McKinsey также считает, что повышение производительности на 3-5% возможно за счет инвестиций в такие технологии, как Интернет вещей, интеллектуальное потребление энергии, удаленный мониторинг и контроль. Прогнозируемое техническое обслуживание и мониторинг могут снизить затраты на техническое обслуживание судов на 10-40%.

По данным ежегодного исследования - Digital IQ, проводимого консалтинговым агентством PwC, выгода от инвестиций в цифровизацию, по мнению руководителей зарубежных компаний, может способствовать росту выручки до 50% (рис. 5). Комплексный подход к цифровой трансформации за счёт интеграции технологических решений в структуру и процессы предприятия позволяет создавать новые, а также значительно увеличить эффективность существующей бизнес модели предприятия. Однако, организации сталкиваются с несколькими препятствиями на пути к цифровой трансформации, большинство из которых связаны с модернизацией внутренних процессов, повышением квалификации персонала и обновлением потоков операций.

Основными цифровыми технологиями для внедрения в производство являются: интернет вещей (IoT), искусственный интеллект, робототехника, цифровой двойник и другие.

Внедрение интернета вещей (IoT) позволяет существенно улучшить работу. Сеть датчиков, измеряющих все аспекты производимых операций, позволяют сотрудникам получать всю необходимую информацию, оценивать, какие системы работают в штатном режиме, а какие нуждаются в техническом обслуживании, и предлагать рекомендации по необходимому сервису.

Производство становится все более сложным и, ведущие производители уже внедряют элементы IoT, предназначенные для на основе профилактического и прогнозного обслуживания.

Другая используемая инновационная технология - искусственный интеллект (ИИ). Рост автоматизации в цепочке поставок привел к увеличению спроса на ИИ. Очевидное

применение ИИ – это автономность, но на самом деле есть гораздо более интересные приложения, разрабатываемые для оптимизации бизнес-процессов, планирования и обслуживания. Прогнозное обслуживание, интеллектуальное планирование и аналитика в реальном времени с помощью искусственного интеллекта будут играть все более важную роль.

Благодаря глобальной технологии «умных подключений» и IoT поток данных, охватывающих потребление топлива, производительность и сотни других переменных, становится все больше и больше.

С помощью искусственного интеллекта и машинного обучения можно обрабатывать разрозненные массивы данных из различных источников, анализировать и систематизировать, а затем использовать в качестве основы для принятия решений, иногда с минимальным или нулевым участием человека.

Основанные на искусственном интеллекте системы навигации позволяют отслеживать и прогнозировать будущие позиции, повышая ситуационную осведомленность для принятия решений.

Новые интеллектуальные системы навигации будут включать дата-центры и элементы искусственного интеллекта, а также высокоинтеллектуальные системы для независимого управления, выявления препятствий и коммуникаций. Все это позволит значительно сократить расходы и увеличить безопасность.

Наряду с этим искусственный интеллект может помочь производителю лучше реагировать на новые экологические нормы и работать в соответствии с ними. Все больше организаций рассматривают искусственный интеллект и машинное обучение как ключ к достижению конкурентного преимущества.

На основе данных технологий IoT и ИИ ведущие компании мира начинают создавать «умные производства». Концепция интеллектуальных производств охватывает целый спектр возможностей: от прогнозного технического обслуживания, оптимизации производительности, инструментов поддержки принятия решений, повышения автоматизации и робототехники, беспилотного дистанционного или автономного управления.

«Умные производства» способствуют снижению эксплуатационных издержек. На этапе эксплуатации подключенные датчики в сочетании с большими объемами данных и увеличившейся вычислительной мощностью обеспечивают новые способы управления безопасностью и производительностью.

По мере того, как бизнес-процессы становятся все более сложными и изоциренными, робототехника все чаще используется для поддержки и выполнения определенных задач. Роботы могут использоваться для сборки, сварки, проведения инспекций в труднодоступных местах, обработки грузов, пожаротушения, очистки корпуса и т.д. Использование робототехники обычно характеризующихся суровыми погодными

условиями и окружающей средой, несомненно, повышает эффективность и безопасность, и снижает затраты, а также уменьшит потребность в рабочей силе.

Использование современных инструментов для проектирования и оценки производительности систем, безопасности и структурной целостности создает целый ряд цифровых моделей и оборудования.

«Цифровой двойник» - это концепция, введенная в индустрию в качестве платформы для эффективной визуализации и обмена всем цифровым контентом, созданным для актива. Технологию «цифрового двойника» можно рассматривать как инструмент для более системного подхода в создании ценности для всех заинтересованных сторон.

«Цифровой двойник» - это цифровое представление физического актива, связанных с ним процессов, систем и информации. «Цифровые двойники» объединяют современные инженерные модели и аналитику с конкретными эксплуатационными данными для создания цифровых имитационных моделей и информационных моделей, которые обновляются и изменяются на протяжении всего жизненного цикла их физических аналогов. «Цифровой двойник» интегрирует данные из различных источников, включая аналитические модели, информационные модели, 3D-визуализацию, системные модели, системы автоматизации, сети и данные датчиков. «Цифровой двойник» дает возможность обмениваться информацией, системными данными и результатами анализа через платформу для управления информацией и совместной работы, где эксперты могут работать вместе, что позволяет предотвращать дорогостоящие ошибки и переделки. Доступ к данным датчиков, дистанционному мониторингу и аналитике, ставшим возможным благодаря технологии «цифрового двойника», обеспечивает более прибыльные, безопасные и устойчивые операции.

Поскольку современные производственные системы становятся все более сложными и интегрированными, оптимальная производительность зависит от оптимальной работы всех подсистем, как индивидуальных, так и агрегированных. Трудно иметь полный обзор этих систем, но в то же время важно, чтобы проектировщики, системные интеграторы и операторы имели глубокое понимание того, как системы взаимодействуют и как их выбор и действия влияют на общую производительность и надежность системы. «Цифровой двойник» — это идеальный инструмент для построения этого общего понимания, поскольку он облегчает:

- обмен всей соответствующей информацией, данными, аналитикой и моделями, обновляемыми в реальном времени для отражения состояния всех систем;
- платформа совместной работы для проектирования и моделирования;
- контролируемый обмен данными, моделями и обновленной информацией между заинтересованными сторонами.

Для производителей технология «цифрового двойника» представляет инструмент для облегчения интеграции систем, демонстрации производительности технологий,



обеспечения качества системы и продвижения дополнительных услуг по мониторингу и техническому обслуживанию.

Центральное место в концепции «цифрового двойника» занимает создание экосистемы цифровых активов или платформы управления активами. Экосистема цифровых активов представляет собой сеть взаимосвязанных и взаимодействующих моделей данных, программного и аппаратного обеспечения, относящихся к судну и его системам. Одним из мощных аспектов данного подхода является создание нового поколения передовых методов прогнозной аналитики, которые играют центральную роль в улучшении управления производительностью в будущем.

За счет создания платформ для «цифровых двойников», где можно обмениваться и анализировать имитационные модели, документацию и эксплуатационные данные, предприятия смогут иметь мощный инструмент, поддерживающий проектирование, производство, эксплуатацию.

Последствия подобных изменений способствуют созданию более оптимальных и интегрированных проектов.

В процессе эксплуатации «цифровой двойник» становится системой непрерывной интеграции, обработки и анализа данных датчиков, характеризующих его работоспособность и целостность.

Использование «цифрового двойника» позволяет:

- создавать решения на основе облачной платформы, где все соответствующие данные, анализы и модели доступны в любое время;
- обновлять информацию в режиме реального времени на протяжении всего жизненного цикла, от этапа проектирования до вывода из эксплуатации;
- создавать аналитические и временные имитационные модели, обновленные и уточненные с использованием оперативных данных и данных датчиков, чтобы точно отражать реальные показатели активов;
- создавать контролируемый обмен данными, моделями и обновленной информацией об активах между заинтересованными сторонами;
- позволяет на ранних стадиях проектирования распознавать потенциальные слабые места;
- повышает качество и эффективность процессов утверждения и сертификации.

Ведущие предприятия и компании адаптируют технологию «цифрового двойника» для различных технических областей, например:

- аналитические модели для структур и гидродинамики важны в качестве инструментов проектирования, для верификации проектов и для оптимизации производительности;

- информационные модели для систем и компонентов имеют важное значение для обеспечения надлежащей эксплуатации и технического обслуживания, обеспечения безопасности и отчетности перед органами власти;
- 3D-модели визуализации могут применяться для проектирования, оперативного планирования и обучения;
- модели изменения компонентов и систем во времени обеспечивают основу для оптимизации процессов, тестирования систем управления, оперативного планирования и обучения;
- сенсорные и технологические данные с реального объекта используются для мониторинга производительности, технического обслуживания на основе условий и поддержки принятия решений;
- программные алгоритмы управления и виртуальные сети связи используются для тестирования и проверки обновлений программного обеспечения, а также для виртуальных операций.

Вышеуказанный тренд напрямую связан с трансформацией ИТ рынка в целом. Изначальная бизнес-стратегия разработчиков строилась на разработке конечного продукта, с последующим получением прибыли за счет прямых продаж. Если обратить внимание на экономические и правовые трансформации в начале 2010-х, то можно заметить, что разработчики сменили принцип формирования продукта, разрабатывая не единицу продукции, а линейку цифровых решений под определенные задачи с регулярными обновлениями ПО и постоянным анализом эффективности, сбоев, безопасности систем и прочего. Правовая и экономическая составляющие начали базироваться на лицензионном договоре с ежемесячными/ежегодными платежами за использование продукта.

Таким образом, существующая тенденция рынка поставщиков ПО сфокусирована на интеграции собственных цифровых решений в совокупности с предоставлением проектных, аналитических и консалтинговых услуг, которые также интегрированы в существующие платформы (учитывая возможности совместной работы как над проектами, так и в рамках составления годовой отчетности, дорожных карт реализации стратегии компании, отчетов по внутреннему аудиту и др.). Текущий рынок поставщиков ИТ решений трансформируется в рынок представления услуг, фактически развивая долгосрочные партнерские отношения с заказчиком, а не основывается исключительно на создании прибыли за счет продаж продукта. Будущий рынок ИТ решений – фактическое оказание услуг по цифровому сопровождению бизнеса на основе абонентского / лицензионного договора.

Оптимизация производства сегодня осуществляется за счет применения новой логики управления технологическими и бизнес-процессами предприятия, базирующейся на использовании инноваций и цифровых технологий. Стратегическое управление предприятием, включая политику в сфере НИОКР и инвестиций, напрямую

определяет последующий финансовый результат компании, а также возможность оперативно противостоять вызовам динамично меняющегося рынка.

В итоге можно сделать вывод, что основным этапом оптимизации использования инновационно-производственного потенциала в условиях инновационного развития является внедрение цифровых инновационных технологий и формирование единого цифрового пространства.

Цифровая трансформация влечет за собой преобразование структуры процессов и бизнес модели предприятия. Однако комплексный подход к цифровой трансформации за счёт интеграции технологических решений в структуру и процессы предприятия позволяет создавать новые более эффективные бизнес модели предприятия, а также значительно увеличить эффективность существующей.

Ключевым этапом перехода предприятия к цифровой эпохе, является создание «цифровых фабрик», за счет создания общей цифровой экосистемы на предприятии и инвестирования в ключевые цифровые технологии, которые внедряются на протяжении всего жизненного цикла продукта, а не только на отдельных этапах, таких как проектирование или сборка. Сегодня можно утверждать, что в мире существуют компании, которые претерпели значительную цифровую трансформацию.

#### Список использованной литературы

1. Инновационные бизнес-модели в цифровой экономике и их конкурентные преимущества / А. Л. Алексеев [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Радиолокационная техника (РЛТ). - 2018. - Вып. 1, № 9. - С. 99-104.
2. Колотухин Владимир Александрович. Рынок интеллектуальной собственности Беларуси и Китая: сравнительный анализ коммерциализации объектов интеллектуальной собственности / В. А. Колотухин, И. В. Пашкевич // Проблемы управления. - 2018. - № 3. - С. 29-35.
3. Тимофеев Александр Гурьевич, Ольга Гурьевна Лебединская. Актуализация перехода от цифрового труда к цифровой фабрике//Инновации.Инвестиции | (85) УЭКС, 3/2016
4. Яшин С.Н., Кулыгина Е.Н. Актуальные аспекты формирования инновационной политики промышленных предприятий (на примере Нижегородской области)//Инновации.Инвестиции | (78) УЭКС, 6/2015