

**Ключевые слова:**

цифровизация, инновации, ракетно-космическая отрасль, «Индустрия 4.0», автоматизация процессов

ОПЫТ ФГУП «НПО «ТЕХНОМАШ» В ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА УРОВНЯ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Евгений ЮРЦЕВ, Евгений РАХМИЛЕВИЧ, Игорь ЧЕРНОДЕД, Василий ЗАХАРОВ, Александр ШУРКО, Дмитрий КАРГАПОЛЬЦЕВ

В статье рассмотрены назначение и ключевые этапы проведения технологического аудита уровня цифрового развития на примере одной интегрированной структуры ракетно-космической промышленности. Представлены основные результаты выполненной работы и предложения по дальнейшему развитию данного направления.

Конкурентоспособность любого машиностроительного предприятия зависит от разных факторов, прежде всего от уровня и эффективности применяемых организационно-технических решений (технический уровень оборудования, прогрессивность организации производства, квалификация персонала, способность быстро адаптироваться под условия рынка и новые производственные условия и др.). В настоящее время развитие технологий подводит промышленность многих стран к переходу на «цифровое производство» (ЦП) в рамках концепции «Индустрия 4.0». В различных странах разрабатываются свои концепции современного производства.

В целях поддержания конкурентоспособности и успешного развития на мировом рынке различных отраслей промышленности, в первую очередь необходимо разработать объективную, единую методику анализа и оценки уровня цифрового развития предприятий, образующих основу данных отраслей. В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации [1] обо-

значено одно из девяти приоритетных направлений развития страны: «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта». Реализуется национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [2], к выходу готовится первая серия национальных стандартов (технический комитет 194 «Кибер-физические системы» [3]).

Однако на данный момент комплексное внедрение цифрового производства сдерживается несколькими факторами. В первую очередь, на многих предприятиях в производственных процессах участвует разнородное по техническому уровню оборудование (разных технологических укладов), не всё из которого подходит для встраивания в цифровое производство. На ряде предприятий (отраслей) существуют трудноуправляемые процессы, которые требуют повышенного внимания при внедрении

цифровых решений, так как они несут в себе технологические риски и издержки (часто для их обеспечения в технологии закладываются «технологические потери») из-за недостаточной формализации производственно-технологической информации. Также сдерживающим фактором является использование неэффективных организационных структур и систем корпоративного управления, которые не позволяют в должной мере создать производственную культуру «цифровой трансформации». Многие отечественные компании до сих пор применяют ситуативные методы анализа данных, а в большинстве из них отсутствует организация управления на основе системного анализа данных [4]. Как правило, данные собираются, но не анализируются надлежащим образом. Факторы, сдерживающие корректный сбор и анализ данных, заложены в слабом развитии цифровых технологий внутри конкретных предприятий: бумажный документооборот, выдача заданий в устной форме, отсутствие фиксирования в электронном виде текущих процессов (параметров). Данные факторы возникают по причине слабой формализации процессов и, как следствие, недостаточного использования информационных технологий в практике управления предприятием.

Компании (группы компаний, отрасли), разрабатывающие и внедряющие цифровые технологии на своих предприятиях, получают весомое преимущество по сравнению с теми, кто этого не делает [4]. Так, в частности, перспективным направлением цифровой трансформации является возможность создания «самодиагностируемой» системы, способной выявлять отклонения и своевременно устранять их причины (как по фактическому состоянию, так и на основании прогнозов и предиктивной аналитики).

Важно отметить, что одной из первых отраслей, сформировавшей свою собственную стратегию цифрового развития, является ракетно-космическая промышленность. Так, в конце 2019 года утверждена «Стратегия цифровой трансформации Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года» [5].

Основополагающим этапом реализации любой долгосрочной стратегии является проведение технологического аудита, который позволяет определить текущее состояние предприятий и на основе его анализа разработать комплекс мер по развитию для достижения заданных целевых показателей.

В 2019 году в рамках проекта цифровой трансформации одной из интегрированных структур (ИС) Госкорпорации «Роскосмос» проведен технологический аудит уровня цифрового развития входящих в нее предприятий. При этом применялись такие методы анализа, которые позволяют получить прозрачное



Рис. 1. Этапы технологического аудита предприятия

сравнение одинаковых направлений деятельности на различных предприятиях. Один из таких подходов и использовался при проведении аудита интегрированной структуры Госкорпорации «Роскосмос».

Технологический аудит предприятий включает в себя этапы, представленные на рис. 1.

На первом этапе всем обследуемым предприятиям были предоставлены формы для самостоятельной оценки уровня автоматизации бизнес-процессов. Каждая форма содержала показатели с фиксированной шкалой оценки.

Для определения уровня автоматизации рассматриваемых процессов введено понятие «Нормированный уровень автоматизации», который вычислялся для каждой из форм самооценки на основе показателей.

Расчет нормированного уровня проводился по следующей формуле:

$$P = \frac{100}{k(m-n)} \sum_{i=0}^{m-n} (a_i - 1)_{(a_i > 0)}, \%,$$

где P – нормированный уровень; k – максимальное значение ответа для показателя формы; m – общее количество показателей в форме, по которой производится расчет нормированного показателя; n – общее количество показателей в форме, по которым автоматизация нецелесообразна; a_i – оценка показателя, выставленная по шкале.

Указанный нормированный уровень рассчитывался на этапе заполнения форм самооценки автоматически, что позволяло исполнителю визуально получить предварительную оценку уровня автоматизации соответствующего бизнес-процесса.

На втором этапе технологического аудита проводилась экспертиза проведенной самооценки путем



Рис. 2. Уровень цифровизации предприятия

проведения интервью с ключевыми пользователями, очным ознакомлением с уровнем цифровизации и методами использования информационных технологий в производственном процессе предприятий.

На третьем этапе работ проводилась обработка результатов обследования (самооценки и экспертного анализа). Нормированный уровень автоматизации, определенный на первом этапе и верифицированный на втором, позволил провести анализ уровня цифровизации, определить наиболее узкие места и первоочередные задачи, которые рекомендуется решать для повышения эффективности использования цифровых технологий в управлении предприятием. Кроме этого, формализованный и единый подход в самооценке всех предприятий позволил провести сравнительный анализ уровня цифровизации бизнес-процессов и выявить предприятия, чей опыт должен быть тиражирован для достижения стратегических целей.

Технологический аудит направлен на решение многоуровневых задач, начиная с конкретных проблем обследуемого предприятия и заканчивая реализацией отраслевой Стратегии.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ НА УРОВНЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

При обобщении итогов проведенной самооценки и экспертной оценки представленных предприятием данных рассчитывается нормированный уровень

цифровизации по всем направлениям производственной деятельности предприятий. Сводная диаграмма уровня цифровизации на примере одного обследуемого предприятия представлена на рис. 2, где зеленым контуром обозначены целевые показатели, достижению которых планируется к 2025–2030 годам, а красным – фактические показатели предприятия, определенные в процессе технологического аудита.

В результате технологического аудита выявлены проблемы предприятия, из которых стоит выделить общесистемные (встречающиеся на многих предприятиях):

- подлинником конструкторской документации (КД) является бумажный экземпляр, и согласование проходит на бумажном носителе;
- трудноуправляемые технологические процессы, планирование по которым ведется экспертным способом;
- проведение планово-предупредительного ремонта (ППР) осуществляется по показаниям времени эксплуатации без учета фактического состояния оборудования.

Схематично последовательность этапов конструкторской подготовки приведена на рис. 3. Разработка КД начинается с построения 3D-модели с последующим формированием 2D-чертежа в электронном виде, так как подлинником КД является бумажный экземпляр, и согласование проходит на бумажном

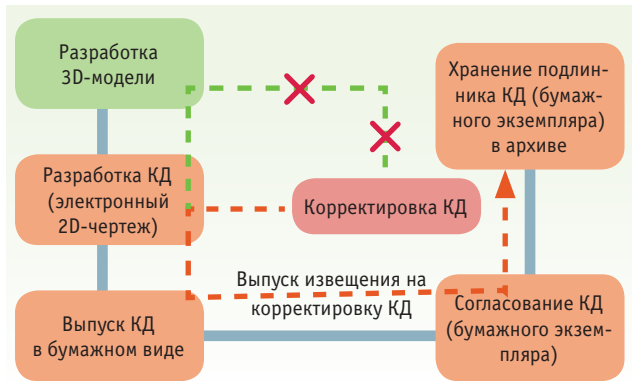


Рис. 3. Процесс разработки и корректировки КД

носителе. При необходимости внесения изменений в КД (корректировка КД) обеспечивается актуальность подлинника в бумажном виде. При этом часто, идя по пути наименьшего сопротивления, изменения вносятся сразу в электронный 2D-чертеж, а не в электронные модели, что приводит к рискам потери актуальности данных моделей.

Решение обозначенной выше проблемы возможно за счет перехода к 3D-модели, как подлиннику КД. В качестве пилотного проекта предлагается на одном из заказов отказаться от бумажных экземпляров (при согласовании с заказчиком), а в качестве КД использовать 3D-модель с аннотациями.

Отсутствие на предприятиях автоматизированных систем диагностики работы технологического оборудования вынуждает предприятия проводить ППР по показаниям времени эксплуатации без учета фактического состояния оборудования. В современных условиях такой подход к обслуживанию достаточно затратен и неэффективен. Необходимо внедрить систему управления состоянием оборудования на уровне предиктивного анализа (по фактическому техническому состоянию), что позволит сократить затраты на обслуживание оборудования и повысить качество производственных процессов.

При внедрении элементов цифрового производства необходимо пересмотреть ряд норм, которые получены в результате экспертной оценки. Объективность (правильность формирования) нормативов существенно влияет на ключевые показатели эффективности деятельности предприятий. Одним из приоритетных направлений для предприятий должно стать создание системы нормирования с использованием технически обоснованных норм времени при планировании производства на базе технологий ЦП. Необходимо разрабатывать и внедрять СТО (стандарт организации) по оперативному диспетчированию процесса производства в комплексе с внедрением MES-системы, систем мониторинга работы оборудования и ведения электронных технологических паспортов (штрихкодирование, метки). Расчет

потребного количества основных производственных рабочих и оборудования проводить на основании данных этих систем и с учетом анализа общей эффективности работы оборудования. На основании данных систем возможна реализация ресурсного планирования производства.

На предприятиях существуют трудноуправляемые технологические процессы, планирование по которым ведется экспертным способом. Для таких процессов целесообразно рассмотреть внедрение SCADA-системы для определения и набора статистики по параметрам изготовления с последующим анализом данных и возможностью осуществления адаптивного управления или управления на базе выявленных зависимостей (моделей). В дальнейшем предлагается расширить данную систему до особо ответственных, критических операций с развитием функционала сбора статистических данных отклонений в сменно-суточных заданиях для распространения на всю производственную систему предприятия.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ НА УРОВНЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУР

Немаловажной целью технологического аудита является определение лидеров ИС, на базе которых наиболее эффективно запускать пилотные проекты, направленные на повышение уровня цифровизации. Единая методология оценки позволила сделать сравнительный анализ «цифровой зрелости» обследуемых предприятий между собой и ее соответствия целевым показателям (рис. 4).

На рис. 4 видно, что «Предприятие 1» наиболее развито с точки зрения внедрения элементов цифрового производства. Данное предприятие является головным в рассматриваемой интегрированной структуре. В организации действует стратегия развития информационных технологий, в которой предусмотрены мероприятия, направленные на

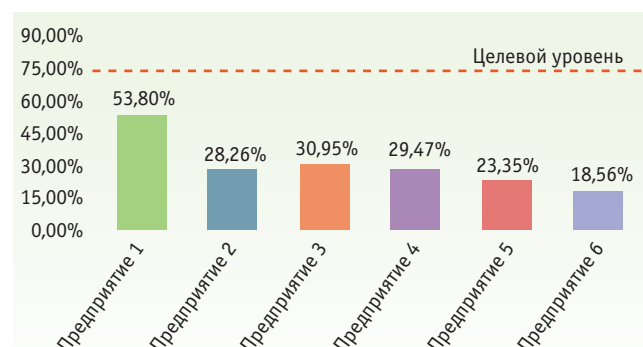


Рис. 4. Уровень цифровизации предприятий интегрированной структуры

цифровую трансформацию предприятия. Данный факт доказывает, что системный переход на цифровые технологии работы производственной системы более эффективен в связи с синергетическим взаимодействием внедряемых элементов друг с другом. Именно на этом предприятии по результатам аудита рекомендовано запускать пилотные проекты, параллельно подготавливая и улучшая инфраструктуру на менее развитых предприятиях для успешного масштабирования ИТ-решений. Такой подход направлен на унификацию внедряемых цифровых технологий для всех предприятий интегрированной структуры.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ НА ОТРАСЛЕВОМ УРОВНЕ

Проведение технологического аудита позволяет выявить потенциальные центры компетенции в отрасли и, по аналогии с запуском пилотных проектов внутри интегрированных структур, начать внедрение новых элементов «Индустрии 4.0» на наиболее подготовленных предприятиях. Проводить пилотные проекты необходимо при непосредственном участии отраслевых ГНИО, так в части производственной деятельности и технологической подготовки производства – ФГУП «НПО «Техномаш», что позволит сконцентрировать весь положительный опыт и создать научно-технический задел для повышения уровня цифровизации ракетно-космической промышленности (РКП) в целом.

Проведенный технологический аудит предприятий выявил разный уровень внедрения и использования цифровых технологий в практике управления производством. При этом все обследуемые предприятия понимают необходимость внедрения и развития (функционального расширения) технологий ЦП.

В целях организации ИТ-поддержки корпоративного управления интегрированной структуры необходимо создать единое информационное пространство, которое должно быть построено на единых программных средствах (единых требованиях). Проведенный технологический аудит показал, что в качестве цифровых решений целесообразно использовать опыт и наработки «Предприятия 1» в данном направлении, как лидера и наиболее «зрелого», с точки зрения уровня цифрового развития, предприятия обследуемой интегрированной структуры. Для перехода на единую информационную платформу предприятиям необходимо выполнить значительный объем работ, причем, для каждого этот объем будет зависеть от текущего уровня цифровизации. Одним предприятиям необходимо провести работы по передаче данных, накопленных в информационных базах данных. В то время как другим – только предстоит разработать бизнес-процессы для полномасштабного внедрения цифровых решений.

Предложенные обследуемым предприятиям по результатам аудита мероприятия, нацеленные на внедрение технологии ЦП для обеспечения реализации Стратегии цифровой трансформации Госкорпорации «Роскосмос» [5], позволят вывести их на современный уровень, что будет способствовать повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции на мировом рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642 «О стратегии научно-технического развития Российской Федерации».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 марта 2019 года № 234 «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».
3. Технический комитет 194 «Кибер-физические системы». – Режим доступа: <http://tc194.ru/>
4. Промышленность 4.0: создание цифрового предприятия. Основные результаты исследования по металлургической отрасли за 2016 год. – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/ru/publications/industry-41.html>
5. Стратегия цифровой трансформации Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года.

ЮРЦЕВ Евгений Сергеевич –

директор Центра технологического развития РКП ФГУП «НПО «Техномаш»

РАХМИЛЕВИЧ Евгений Георгиевич –

заместитель директора Центра технологического развития РКП ФГУП «НПО «Техномаш»

ЧЕРНОДЕД Игорь Иванович –

начальник отделения Центра технологического развития РКП ФГУП «НПО «Техномаш»

ЗАХАРОВ Василий Антонович –

главный специалист Центра технологического развития РКП ФГУП «НПО «Техномаш»

ШУРКО Александр Николаевич –

ведущий инженер-технолог Центра технологического развития РКП ФГУП «НПО «Техномаш»

КАРГАПОЛЬЦЕВ Дмитрий Михайлович –

студент МГТУ им. Н.Э. Баумана, практикант ФГУП «НПО «Техномаш»

При поддержке:



Организатор:



26-я Международная
промышленная выставка

Металл Экспо'2020



Ежегодный
выставочный
аудит с 2006 г.

Генеральный
информационный партнер:



**10-13
НОЯБРЯ**

Москва, ВДНХ
пав. 75

12+

www.metal-expo.ru

Оргкомитет выставки:
тел./факс +7 (495) 734-99-66



Оборудование и технологии
для металлургии
и металлообработки
МеталлургМаш'2020



Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2020



Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГК
МеталлТрансЛогистик'2020