

# Цифровая трансформация дискретного производства: стратегия перехода

Определению того, что же такое “Индустрия 4.0”, Промышленный Интернет Вещей (IIoT), как эффективно следовать этим тенденциям, какие задачи надо при этом решить и какие видимые преимущества при этом можно получить – этому в последние полтора-два года посвящено множество обсуждений [1]. На взгляд авторов настоящей статьи, наиболее полные и обоснованные предложения, имеющие к тому же перспективу практического применения, содержит концепция “Индустрия 4.0” от компании PTC.

Концептуальная разработка компании PTC предлагает готовую к применению в Российской Федерации результативную и опробованную методику определения “Индекса зрелости” предприятий машиностроения, отражающего их готовность к переходу в статус предприятия “Индустрии 4.0” (Industrie 4.0 Maturity Index). Предлагаемая методика позволяет предприятию определить, на какой стадии цифровой трансформации (применяемости информационных технологий) оно находится в данный момент и как стратегически правильно выстроить дорожную карту перехода к “Индустрии 4.0”. Подход PTC основан на том, что переход к “Индустрии 4.0” рассматривается как гармонизация и развитие основных производственных процессов предприятия при организации единого информационного пространства. При этом подразумевается, что единое информационное пространство является единственным источником актуальных (цифровых) данных, доступных в том объеме и в то время, которые требуются для эффективного осуществления всех производственных процессов предприятия. Концепция разработана в соответствии с рекомендациями двух основных “драйверов” внедрения цифровой трансформации производства – европейского некоммерческого объединения производителей Industrie 4.0 и американского консорциума Industrial Internet Consortium [2].

Собственно процессный “ландшафт” современного предприятия, который будет вовлечен в процесс цифровой трансформации, можно представить в виде схемы на рис. 1.

Если представить стратегические задачи цифровой трансформации применительно к процессам производственного цикла так, как они показаны на рис. 1, то эти задачи образуют структуру групп, условно обозначенных как “стадия понимания”, “стадия продвижения” и “стадия опережения”, что схематически изображено на рис. 2.



Рис. 1. Процессы производственного цикла современного предприятия, которые подвергаются или должны быть подвергнуты цифровой трансформации при переходе к “Индустрии 4.0”

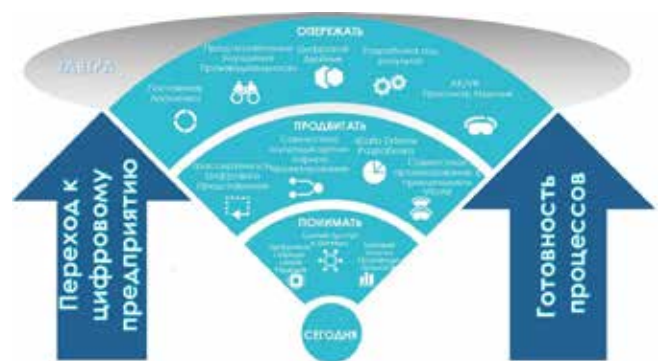


Рис. 2. Три группы задач цифровой трансформации применительно к процессному ландшафту современного предприятия

Рассмотрим, какие задачи, стоящие перед современным предприятием в процессе цифровой трансформации, включает в себя каждая из обозначенных групп.

## Три стадии перехода: первая стадия – ПОНИМАНИЕ

Задачи стадии “понимание” сводятся к решению хорошо известного вопроса полного электронного определения изделия, дополненного разработкой и внедрением единого источника актуальных проектных данных и комплекса средств для определения производительности трансформируемых процессов (рис. 3).

Обычно первая подгруппа задач – разработка и сопровождение цифрового аннотированного макета изделия – решается внедрением современных промышленных САПР (рис. 4).



Рис. 3. Процессы, которые необходимо трансформировать для выполнения задач первой стадии перехода к предприятию "Индустрии 4.0"

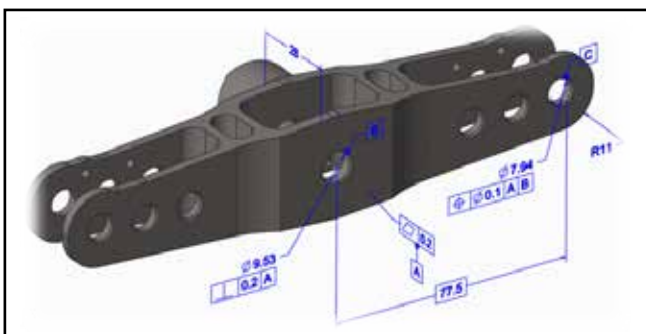



Рис. 4. Пример цифрового аннотированного макета детали, выполненного в САПР Creo5.0



Рис. 5. Электронная структура изделия – комплексная информация об изделии

Вторая подгруппа требует освоения единой в рамках предприятия системы PDM/PLM, интегрированной с другими корпоративными информационными системами (ERP, CRM, SCM), для которых электронная структура изделия (рис. 5), информация о компонентах, узлах, процессах и участниках разработки должна быть всегда достоверной. А это означает наличие единого источника актуальных данных во всех контекстах ведения разработки.

Третья подгруппа необходима для оценки успешности или применимости результатов.











Авторизованный реселлер решений PTC в России


## ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ


Для отечественных предприятий любого масштаба

### Наши компетенции это:


-  Цифровое проектирование
-  Аддитивное производство и проектирование под него
-  Имитационное моделирование
-  Цифровое производство
-  Дополненная и виртуальная реальности
-  Онлайн мониторинг изделий и оборудования
-  Пост-процессоры для всех видов оборудования







servigistics® arbortext®



thingworx®

ptc mathcad®

ООО "ПРОДУКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ"

WWW.PTS-RUSSIA.COM      Тел.: +7 (495) 737-7878

119049, г. Москва, ул. Крымский Вал, д.3, стр.2, офис 305





Рис. 6. Процессы, которые необходимо трансформировать для выполнения задач второй стадии перехода к предприятию “Индустрии 4.0”

На первой стадии на предприятии реализуется доступ ко всем релевантным данным, внедряются цифровые технологии мониторинга данных проекта (AR/VR) и создается полнофункциональная среда цифрового проектирования для всех участников разработки. Формирование необходимого для достижения этих целей состава решений должно считаться успешным результатом решения задач первой стадии цифровой трансформации и основой для перехода на вторую стадию.

## Три стадии перехода: вторая стадия – ПРОДВИЖЕНИЕ

Задачи стадии “продвижение” решают вопросы получения преимуществ от тех решений цифровой транс-

формации, которые были внедрены на первой стадии (рис. 6). При этом происходит охват смежных процессных областей с переводом их в цифровую форму. Схематично постановка задачи охвата показана на рис. 7.

За счет организации и распространения единого доступа к цифровым данным предприятия достигается трансформируемость полного электронного определения изделия включая все произведенные изменения. За счет управления проектным контентом в рамках единого цифрового определения разрабатываемого изделия достигается выполнение принципа Design for Connectivity для эффективного мультидисциплинарного проектирования.

На этом этапе для эффективного решения задач мультидисциплинарного проектирования на все группы проектного управления должны быть распространены методы релевантного AR/VR-доступа к единому пространству проектных данных (рис. 8), а также применена аналитика, опробованная на первой стадии для потока цифровой информации о всех вариантах разработок (рис. 9). Системы мультидисциплинарного проектирования должны быть выбраны и использованы с учетом применения их для разработок в технологии аддитивного производства (рис. 10).

В результате на данном этапе достигается (должен быть достигнут) новый уровень инновационности разработок и обеспечивается получение конкурентных преимуществ в результате введения в проектную практику технологий IoT/IIoT. Полученные преимущества, аналитика для определения которых была заложена на первом этапе, служат основой для перехода на следующую стадию.

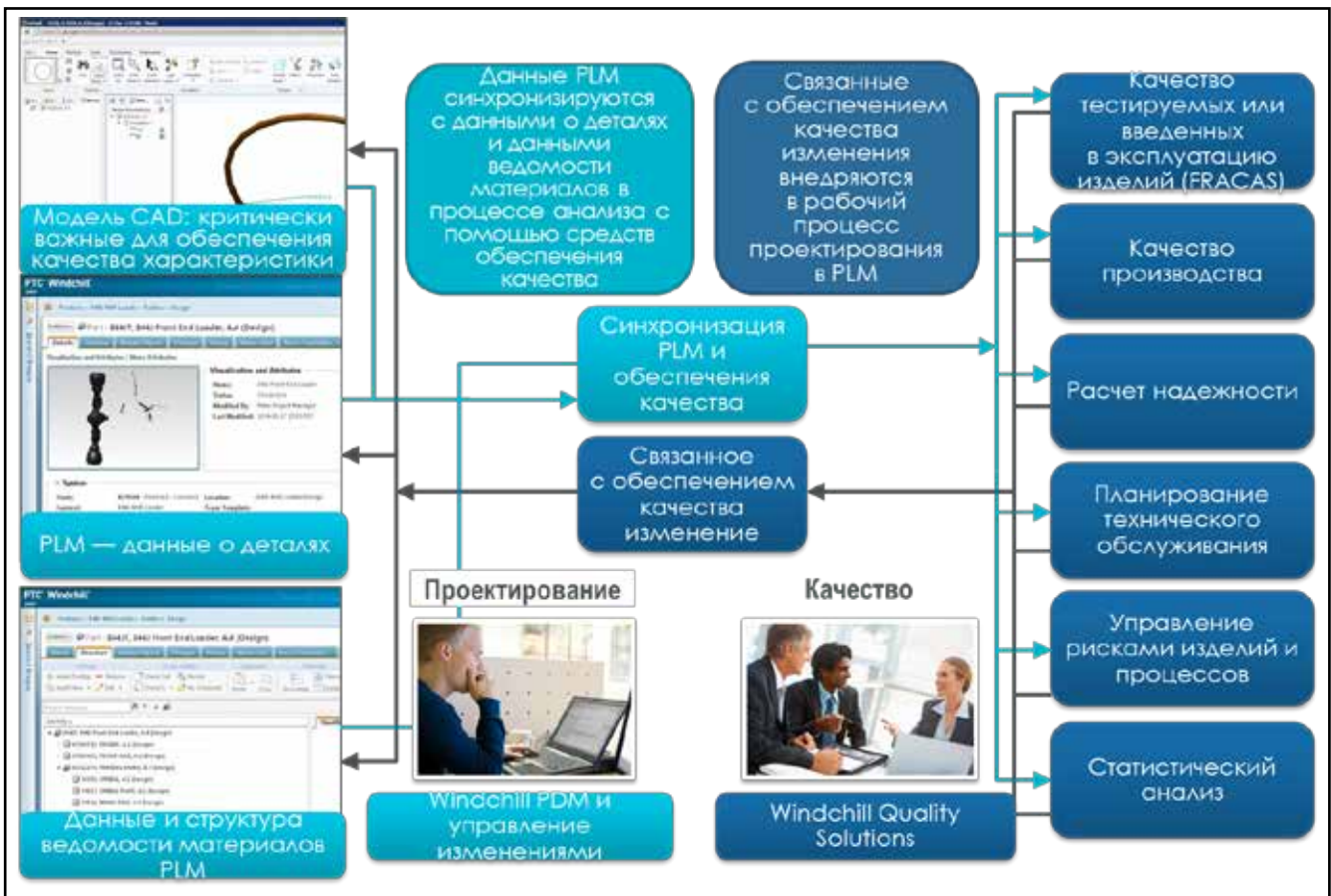


Рис. 7. Структура обмена цифровыми данными для задач второй стадии



Рис. 8. Визуализация, инструкции, интерактивное взаимодействие

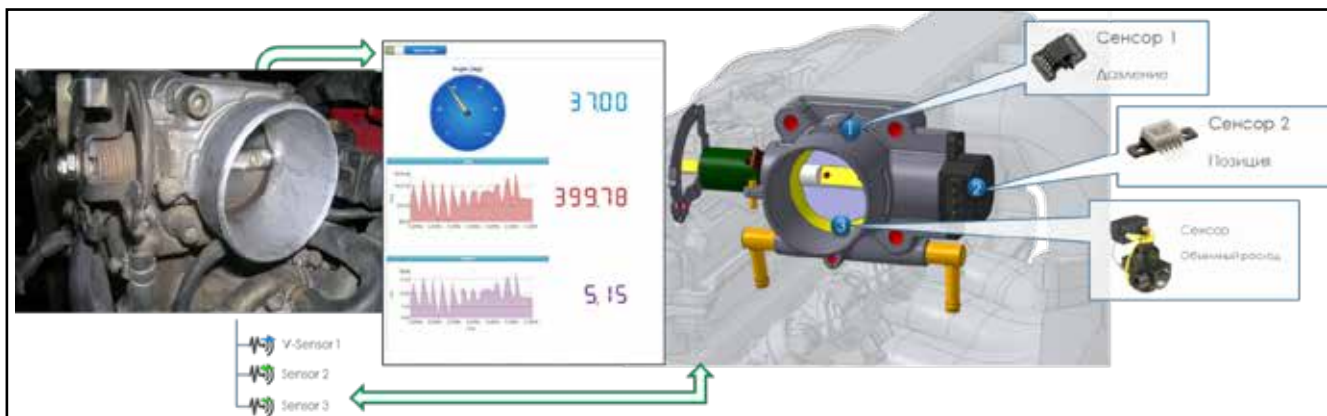


Рис. 9. Аналитика вариантов разработки



Рис. 10. Прямое производство – аддитивные технологии

## Три стадии перехода: третья стадия – ОПЕРЕЖЕНИЕ

Задачи цифровой трансформации на стадии “опережение”, или стадии опережающего развития, состоят в том, чтобы добиться применения цифровых технологий не только на этапах разработки, но и при изготовлении, сопровождении, эксплуатации, выполнении ТОиР новой техники (рис. 11). Речь прежде всего о новейших информационных технологиях, составляющих основное ядро IIoT: технологиях обработки широкого потока данных (Big Data), решениях в области предиктивного анализа, сопровождении выпущенной продукции по технологии “Цифровой Двойник” (DT), использовании AR для подготовки и применения сборочной, эксплуатационной и ремонтной документации (рис. 12). Все это может быть реализовано на третьей стадии цифровой трансформации за счет опыта использования результатов цифровой трансформации, которые были получены на первой и развиты и дополнены на второй стадии. При этом проис-

ходит и дальнейший охват смежных процессных областей с переводом их в цифровую форму.

Благодаря результатам, полученным на третьей стадии, и распространению этих результатов на все предприятие, оно на деле переходит на стандарты цифрового производства “Индустрия 4.0”.

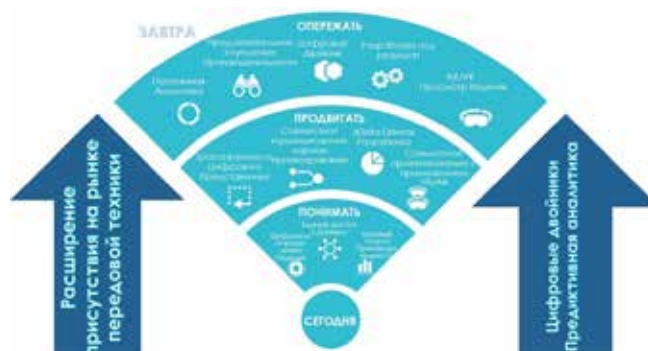


Рис. 11. Процессы, которые необходимо трансформировать для выполнения задач третьей стадии перехода к предприятию “Индустрия 4.0”





Рис. 12. Применение AR- и DT-технологий (сотрудничество РТС и Caterpillar)

## Инструментальные средства цифровой трансформации

Методология цифровой трансформации для промышленного сектора экономики России, предложенная компаниями РТС и ПТС (партнером компании РТС), в основу которой положены принципы и понятия трехстадийного перехода, изложенные выше, является результатом глубокой научно-практической разработки, проводимой совместно специалистами компании РТС, научным центром по концептуализации Industrie 4.0 в университете г. Аахена (ФРГ), Гарвардской бизнес-школой (США) и консорциумом Промышленного Интернета вещей (ИИТС). Одним из практических результатов этого сотрудничества, имеющим большое значение для предприятий, планирующих переход к цифровой экономической модели, стали типовые карты выстраивания стратегии цифровой трансформации – так называемые “путевые карты переходов”, “роад-мапы”.

Разработка таких карт в терминах и понятиях трехстадийного перехода и степени зрелости предприятия ведется специалистами как указанных академических структур, так и консалтинговым подразделением РТС.

Разработка таких карт специфична не только для различных отраслей, но подчас и для различных предприятий внутри одной и той же отрасли. Однако, если обобщить опыт, приобретенный за последнее время аналитиками РТС, можно в самом общем виде представить карту стратегии перехода (цифровой трансформации) предприятия к уровню “Цифровое предприятие Индустрии 4.0” (рис. 13).

Результаты консалтинговых разработок по внедрению “дорожных карт” доказывают, что при следовании стратегии перехода к предприятию “Индустрии 4.0” достижимы следующие практические результаты:

- ▶ на 35% сокращается время развертывания информационной инфраструктуры, включая реструктуризацию потоков, процессов и инсталлированного ПО;
- ▶ от 20 до 40% достигается экономия затрат на развертывание решений цифровой трансформации.

Компания РТС не просто рекомендует методики эффективного осуществления перехода к “Индустрии 4.0”, но и вывела на рынок новое семейство ПО, содержащее интегрируемые модули для решения задач цифровой транс-

формации на всех трех этапах предлагаемых дорожных карт. С 2016 года РТС через сеть региональных привилегированных партнеров поставляет на рынок систему ThingWorx, по сути представляющую собой платформу разработки решений IoT/IIoT, программ предиктивной



Рис. 13. Типичное верхнеуровневое представление карты стратегического развития современного машиностроительного предприятия до уровня “Индустрия 4.0” (по материалам РТС)

аналитики потоков данных, создания Цифровых Двойников и решений AR. В то же время PTC первой из лидеров рынка промышленных САПР дооснастила свой флагманский CAD/CAM/CAE-продукт встроенными средствами дополненной реальности, а для расширения PDM до уровня Design for Connectivity разработала среду Navigate, также интегрируемую в общий комплекс новых средств выполнения цифровой трансформации. Для интеграции с другими корпоративными информационными системами “нижнего” уровня (MES, SCADA, PI System от OSIsoft и т.д.), “верхнего” уровня (ERP, SCM, CRM и т.д.), системами инженерного анализа (например, ANSYS) предусмотрены особые механизмы взаимодействия, вплоть до заключения межкорпоративных соглашений о совместных поставках комплексных интегрированных решений для промышленности.

## Примеры внедрения IoT

### Удаленная диагностика и аналитика насосного оборудования

В решении по диагностике электродвигателей насосных станций электрооборудование выполнено по схеме “умное предприятие” с использованием комплекса датчиков NI, сервер IoT Thinworx находится в Москве, сервер сбора данных от датчиков на местах – в Перми, пользователь – в Санкт-Петербурге. В решении используется технология дополненной реальности для отображения реальных эксплуатационных физических характеристик электродвигателей. На рис. 14 показана демонстрация работы с Цифровым Двойником мотора в режиме AR.



Рис. 14. Пример решения в соответствии с методиками “Индустрия 4.0” для насосного оборудования

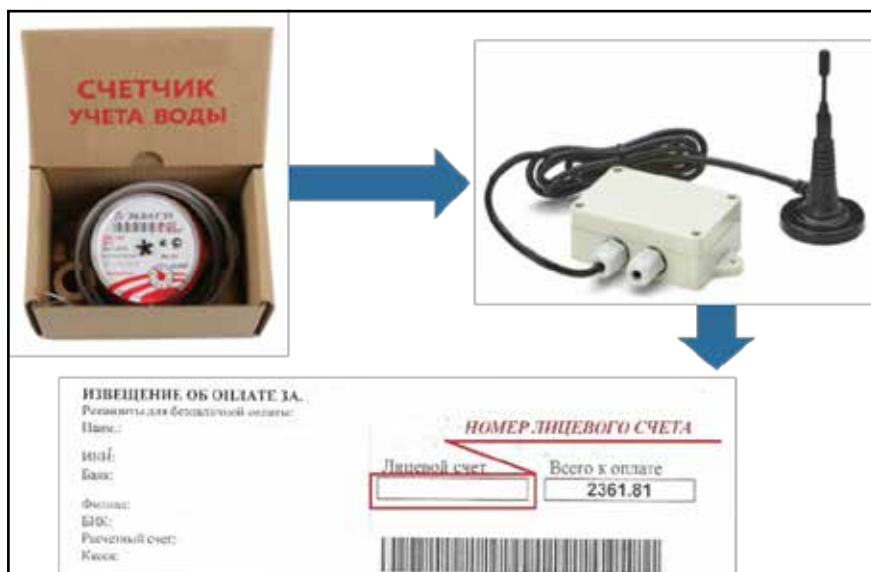


Рис. 15. Использование аналитики в технологиях IoT

### Удаленная диагностика. Умный дом

Внедренное решение (рис. 15) позволяет осуществлять:

- ▶ сбор данных с подключенных устройств (импульсных счетчиков учета воды) и внешних баз данных;
- ▶ обработку и хранение данных для дальнейшего использования;
- ▶ вычисление финансовых расчетных показателей на основе входных данных;
- ▶ визуализацию информации на домашней странице пользователя, автоматическое выставление счета;
- ▶ проведение аналитики по объемам потребления и т.д.

### Производство литий-ионных батарей в центре Индустрия 4.0 в Аахене

Путем трансформации технологического процесса в цифровой контролируемый процесс была получена полностью цифровая линия производства аккумуляторных батарей. Данный результат был достигнут благодаря оснащению всех машин и аппаратов датчиками контроля и подключению их к единому серверу ThingWorx для сбора, анализа информации и внесения корректирующих действий в технологический процесс на основе анализа качества изделия на каждом этапе (рис. 16).





Рис. 16. Производство 4.0. в Аахене

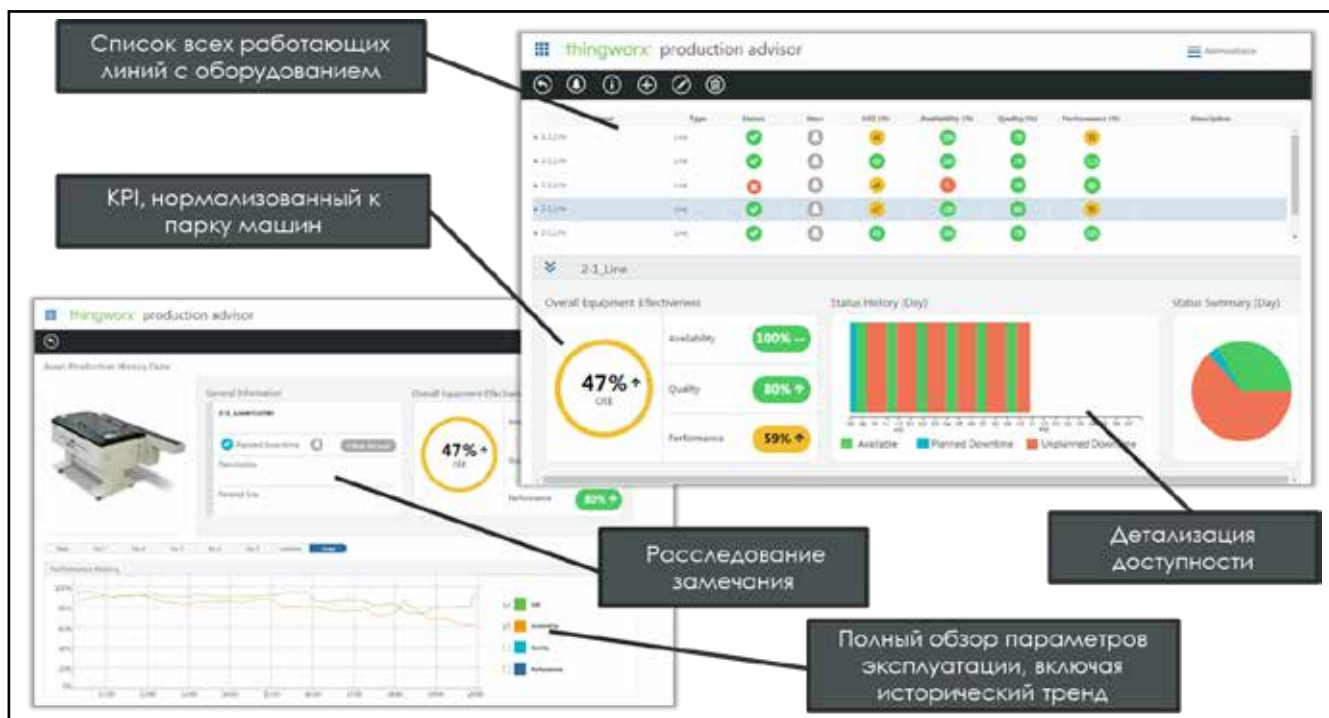


Рис. 17. Интерфейс анализа КРП

В качестве датчиков анализа качества используются камеры высокоскоростной съемки, которые могут в реальном времени отследить потерю качества и заставить систему откорректировать процесс. Для наблюдения за качеством мастер производства использует приложение PTC Manufacturing APPS, отображающее состояние производство в КРП (рис. 17).

## Заключение

Жесткие реалии рынка не оставляют современному промышленному предприятию иного выбора, как встраиваться в "Индустрию 4.0". На этом пути справиться со сложностью задач цифровой трансформации, а также получить необходимые решения помогут специалисты, овладевшие методами, разработанными компанией PTC. Для получения дополнительной информации как по возможностям выполнения цифровой трансформации, так

и по программным решениям для ее осуществления все интересующиеся могут связаться с российским представителем компании PTC или с ее привилегированным партнером компанией ПТС (<http://pts-russia.com>).



Владимир Краюшкин,  
Марина Пирогова,  
Дмитрий Солонцов,  
компания ПТС

## Литература

1. Индустрия 4.0: цифровая трансформация промышленного предприятия – "Рациональное Управление Предприятием", № 3-4 2017 г., стр. 30-36.
2. The Industrial Internet of Things, Volume B01: Business Strategy and Innovation Framework. IIC: PUB: B01: V1.0: PB: 20161115, 2016, p. 20-28.