

ИННОВАЦИОННЫЕ ТРЕНДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В СРЕДЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

А.В. Кораблев (Концерн R-Про)

Рассмотрены современные тренды, которые характерны для автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП) в условиях Industry 4.0. Приведено определение цифрового двойника производства. Показаны области эффективного применения цифрового двойника на стадии технологической подготовки производства.

Ключевые слова: цифровой двойник, технологическая подготовка производства, виртуальная реальность, проектирование, цифровизация.

Современное производство становится все более высокотехнологичным. В борьбе за рост производительности менеджеры производства стремятся как можно более активно внедрять решения из области автоматизации, роботизации, цифрового управления производством. Уже очевидным становится факт, что в индустриальной конкурентной борьбе выигрывают предприятия, обладающими производствами нового технологического уклада — Industry 4.0.

Основными чертами производства Industry 4.0 являются высокотехнологичность и рациональность организации процессов, обеспечивающие высокую производительность и экономическую эффективность.

Переход к Industry 4.0 приводит к необходимости изменения подходов, связанных с организационно-технологической подготовкой производства. В первую очередь современная технологическая служба должна обеспечивать производства такими технологиями, которые максимально быстро внедряются и трансформируются под требуемые инновационные изменения, будь то выпуск кастомизированной продукции или ее новых типов, или же модернизация производственно-технологического оборудования. Другими словами, время на «отладку» и «доводку» технологии должно в современных условиях быть минимизировано, что справедливо практически для всех отраслей, типов и видов производств — массовое, серийное или даже единичное производство.

Технолог на отечественных предприятиях традиционно привык работать в автоматизированной системе технологической подготовки производства (АСТПП), обеспечивающей его табличным редактором технологических маршрутов и набором технологических справочников, включая справочники нормативов как трудовых, так и материальных. АСТПП также предоставляет технологам средства для просмотра 3D моделей и чертежей, а также средства генерации выходной технологической документации (отчетов). Как правило, АСТПП интегрирована с САПР и системой управления данными об изделии (PDM) на входе и с системой производственного управления уровня MES или ERP на выходе. Причем функции проектирования технологической оснастки, а также программирования оборудования с ЧПУ не содержатся непосредственно в АСТПП и реализуются в соответствующих CAD/CAM-системах.

Для технологической подготовки производства нового уклада этой функциональности недостаточно. Рассмотрим современные тренды, которые характерны для АСТПП, обеспечивающие инновационную технологическую подготовку производства — технологическое проектирование 4.0 [1].

Первое, на что обратим внимание: в новых условиях технологический процесс должен быть разработан максимально эффективным. Это значит, что в ходе технологического проектирования технолог должен оценить,

на сколько рационально разработанное им решение, какие организационно-технологические параметры могут быть достигнуты при его исполнении.

Далее, процесс должен внедряться в производство максимально быстро и с минимальными трудозатратами. Industry 4.0 — это высокоавтоматизированное и роботизированное производство. Персонала, занятого операционной деятельностью непосредственно на производстве нового технологического уклада, становится все меньше. Таким образом, времени на «доводку» технологических процессов на рабочих местах, как правило, уже нет.



Рис. 1. Цифровой двойник производства

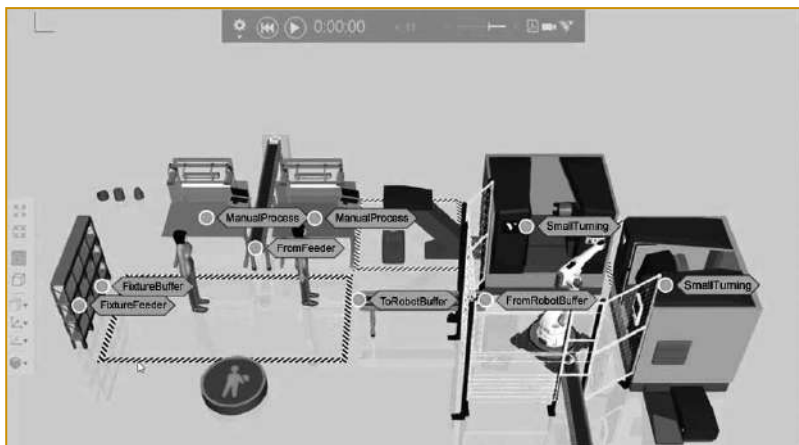


Рис. 2. Проектирование технологических процессов



Рис. 3. Проектирование транспортных процессов (процессов внутрицеховой логистики)

Кроме того, в производстве задействуется все больше оборудования с цифровым управлением, причем это не только станки и роботы, но средства технологического оснащения, производственная инфраструктура и пр., требующие программирования. Поэтому технологическое проектирование должно быть реализовано в единой среде для всех производственно-технологических процессов, выполняемых как ручным способом, с помощью инструментов и оборудования, управляемого вручную, так и для автоматизированного, и для роботизированного оборудования, в том числе с ЧПУ.

Для обеспечения этих требований, характерных для технологического проектирования 4.0, процесс технологической подготовки производства (ТПП) переносится в цифровой двойник производства (Digital Twin).

Цифровой двойник производства — это компьютерная 3D имитационная, динамическая, оптимизационная модель протекающих в производстве процессов на всем протяжении его жизненного цикла. Причем в двойнике могут быть смоделированы и оптимизированы не только технологиче-

ские, но и все прочие производственные процессы как на базе инженерно-технических, так и организационно-экономических данных (рис. 1) [2–5].

Таким образом, технолог на стадии ТПП не только определяет последовательность операций и перечень оборудования и СТО для выполнения этих операций. Он начинает работу с формирования 3D схемы размещения производства и затем моделирует «внутри» этой схемы протекание процессов как технологических (рис. 2), так и всех прочих производственных (например, транспортных процессов внутрицеховой логистики) процессов (рис. 3). Такой подход создает на порядок более целостную и связанную технологическую модель, чем при традиционном подходе.

При этом технологическое проектирование ведется в визуальной среде «дружественно» и быстро. Естественно, что табличный вид, который полезен для систематизации технологических данных и наглядного представления формируемого маршрута, также может быть использован технологом, причем возможно и совмещение таких представлений на одном экране (рис. 4).

Отметим, что в целях унификации, ускорения и повышения качества ТПП в современных АСТПП могут применяться библиотеки готовых цифровых двойников или визуальных компонентов используемого промышленного оборудования. Эти библиотеки полезны как для создания 3D схемы размещения, так и для проектирования технологических процессов. При наличии такой библиотеки (рис. 4) технологу остается лишь выбрать, как в конструкторе «Лего», нужный двойник, разместить его в своей схеме производства и указать в соответствующем технологическом маршруте. При этом цифровой двойник обо-



Рис. 4. Библиотека цифровых двойников производственно-технологического оборудования



Рис. 5. Киберфизический программно-аппаратный комплекс цифрового нормирования и внедрения научно-обоснованных нормативов, форм и методов организации ручного труда

дования в создаваемой модели будет выполнять ровно те производственно-технологические операции, что и реальное оборудование в реальном производстве. Электронный каталог визуальных компонентов (Visual Components eCatalog) — это мощный ресурс совершенствования ТПП, поэтому АСТПП, обладающие такими библиотеками, имеют конкурентные преимущества. Подчеркнем, что речь идет не просто о наборе 3D моделей оборудования, а именно о их двойниках, обладающих возможностями моделирования выполнения оборудованием производственно-технологических операций в цифровой среде.

В современных электронных библиотеках оборудования, поставляемых в составе АСТПП уровня 4.0 содержатся тысячи моделей различных станков, роботов, конвейеров, трансбордеров, позиционеров, кранов и пр. Вендоры АСТПП сотрудничают с производителями оборудования, и сами производители, как только выпускают свои новые продукты, создают их цифровые двойники и размещают в соответствующие библиотеки.

Наличие готовых технологических моделей оборудования от их производителей существенно повышает качество технологического проектирования, так как производители, создавая цифровые двойники своего оборудования, закладывают в эти модели объективные нормы выполнения этим оборудованием технологических операций.

Существенная проблема, которая сдерживает внедрение передовых цифровых систем ТПП на многих предприятиях, заключается в невозможности в АСТПП нового уклада осуществлять нормирование операций ручного труда, нормирование операций, выполняемых с ис-

пользованием оборудования и СТО, для которых нет цифровых норм от их производителей. При отсутствии объективных норм внедрение новой АСТПП не даст ожидаемого эффекта, так как будет опираться на несовершенную нормативную базу. Поэтому данную проблему нельзя игнорировать при переходе на использование современных АСТПП. Решение этой проблемы также связано с внедрением инновационных технологий, основанных на применении цифровых двойников. Примером возможного решения указанной проблемы является киберфизический костюм (рис. 5), который может быть использован для цифровых хронометража и фотографии рабочего дня операторов производства, на основе которых в цифровой двойник производства поступает абсолютно объективная цифровая аналитика, необходимая для формирования норм выполнения трудовых операций.

Очередным и во многом наиважнейшим преимуществом использования цифрового двойника при ТПП является возможность его применения для off-line программирования роботов, оборудования с ЧПУ и другой производственной инфраструктуры, управляемой цифровыми датчиками, контроллерами, сенсорами и пр.. Кроме того, если предприятие само создает оснастку и приспособления для реализации своих процессов, то в цифровых двойниках также может быть отлажена их работа и произведен весь комплекс соответствующей ТПП.

Таким образом, вся совокупность технологического проектирования реализуется в единой цифровой среде и на основе единой модели данных.

Ведение всего комплекса ТПП в единой цифровой среде позволяет использовать полученные модели как инструмент для организационно-технологической оптимизации создаваемой технологии. В ходе под-

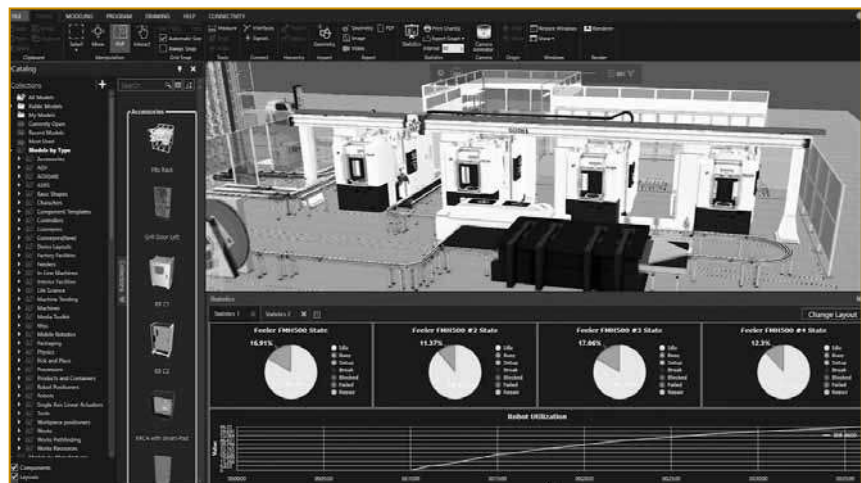


Рис. 6. Цифровая аналитика



Рис. 7. Цифровая учебная фабрика

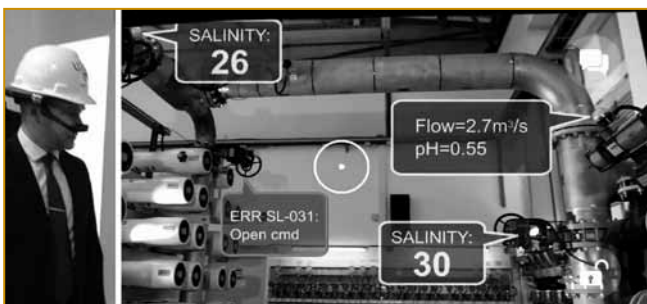


Рис. 8. Цифровая on-line система технологической поддержки персонала с использованием цифровых двойников и VR /AR технологий

готовки производства в имитационной модели схемы размещения производства и протекающих в ней процессов может быть собрана и проанализирована цифровая аналитика, характеризующая все аспекты производства (рис. 6).

Оптимизация может быть многокритериальной, что позволит достичь как лучших показателей технологичности в разрезе каждого созданного процесса, так и лучших интегрированных организационно-технологических и экономических показателей производства в целом.

Другим аспектом современных АСТПП 4.0, обеспечивающим их стратегические преимущества, является возможность применения цифровых способов освоения созданных технологий. Это достигается, во-первых, за счет возможности формирования не только стандартной выходной технологической документации, такой как маршрутные и маршрутно-

операционные карты, различные ведомости и технологические эскизы, но и 3D видео инструкций для операторов, инженеров сервиса и пр. Во-вторых, тот же цифровой двойник, который создан в АСТПП для технологического проектирования, может быть передан в службу подготовки кадров для тренировки в нем операторов, в том числе и используя средства виртуальной и дополненной реальности – VR/AR (Virtual and Augmented Reality) [6]. Такое обучение в среде VR в цифровом двойнике реального производства называется Цифровая учебная фабрика (рис. 7).

И в-третьих, в АСТПП из цифрового двойника может быть организована система on-line технологических подсказок персоналу, которая может им передаваться средствами интерактивных VR/AR технологий (рис. 8).

Таким образом, современные АСТПП 4.0 призваны внедрить более комплексный и модели-регулируемый процесс ТПП, который позволяет эффективно проектировать процессы для современных высокотехнологичных производств Industry 4.0, обеспечивая их рациональность, высокую производительность и эффективность, а вместе с тем интегрировать все производственно-технологические и организационно-экономические данные в единой цифровой среде, которая становится средой формирования и трансфера технологических знаний предприятия.

Список литературы

1. Боровков А.И. Цифровые двойники и цифровые тени в высокотехнологичной промышленности. 2018. <http://4science.ru>
2. Кораблев А.В. Ключевые функциональность и преимущества использования цифровых двойников в промышленности // Цифровая экономика. 2019. №2(6).
3. Кораблев А.В. Аналитические возможности и статистический анализ операционных процессов с использованием цифровых двойников. 2019. <https://umnpro.com>
4. Кораблев А.В. Дигитализация - лекарство от скудности российской экономики. Экономические предпосылки цифровизации, на основе анализа трендов, заданных ПМЭФ 2019 // Цифровая экономика. 2019. №4(8).
5. Кораблев А.В. Цифровые двойники как средство «осушения» цифровых озёр. 2019. <https://www.it-world.ru>
6. Литун В.В. Визуализация: ключевой элемент для успешного взаимодействия системного интегратора и производителя. 2019. <https://umnpro.com>

Кораблев Александр Владимирович – канд. эконом. наук, президент Концерна R-Про, ген. директор Института инновационных технологий в бизнесе, Академик инженерной академии.
E-mail: korablev.a@r-p-c.ru

Умеллеет присутствует повсюду, где есть суждение, состоящее в том, чтобы направить прошлый опыт на опыт настоящий, положив начало изобретению.

Анри Бергсон