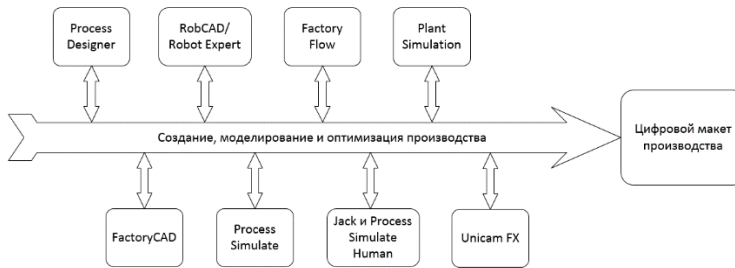


## 1.22. КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА СИНТЕЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

**Цель лекции:** изучение комплексной методики синтеза производственных систем.

Предполагаемая схема взаимодействия модулей, отражающая последовательность проектирования, моделирования и оптимизации сборочного производства электронных модулей, представлена на рис. 1.171.



**Рис. 1.171.** Взаимодействие программных модулей пакета Tescomatix

Process Designer – модуль разработки техпроцесса; RobotExpert / Robcad – модули проектирования роботизированных операций; Factory Flow – модуль оптимизации компоновок производственных помещений; Plant Simulation – модуль дискретного имитационного моделирования производства; Factory CAD – модуль компоновки производственных помещений; Process Simulate – модуль проверки сборочных процессов; Jack / Process Simulate Human – модули моделирования ручных операций; UniCam FX – модуль подготовки управляющих программ для технологического оборудования сборки изделий электроники

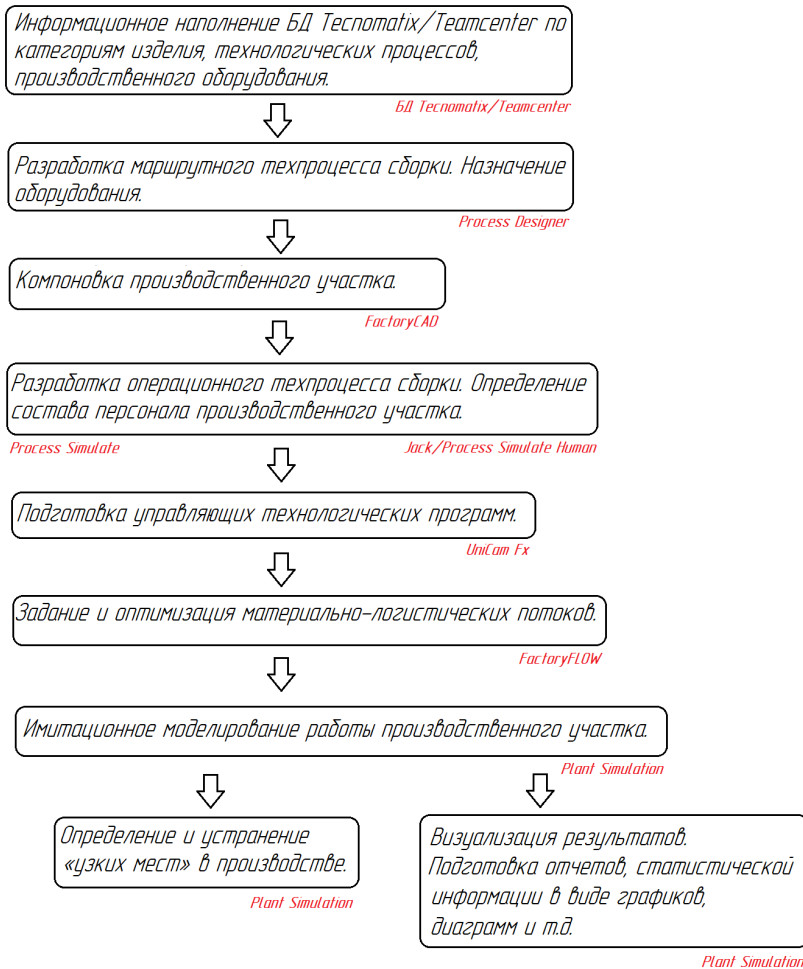
Данное решение позволяет построить макет цифрового производства, промоделировать его работу, выявить коллизии и «узкие места», чтобы затем выполнить оптимизацию, в частности, по критерию повышения производительности, сокращения такта выпуска, минимизации простоев оборудования и прочих непроизводительных потерь, уменьшения количества обслуживающего персонала, сокращения путей перемещения материалов и пр., а также визуализировать работу производственного участка и выпустить необходимые отчеты по производству.

Обобщенный алгоритм создания, моделирования и оптимизации производства в системе Tescomatix представлен на рис. 1.172.



**Рис. 1.172.** Обобщенный алгоритм работы с системой Tecnomatix

Выделим набор подзадач, специфичных для сборочного производства ЭА (рис. 1.173). Рядом с соответствующими задачами на рисунке отмечены модули системы Tecnomatix, отвечающие за их решение.



**Рис. 1.173.** Последовательность задач создания модели цифрового производства изделий приборостроения на базе систем Tecnomatix/Teamcenter

В качестве входных данных для среды Tecnomatix необходимо наличие комплекта конструкторской документации на изделие в электронном виде, в который входит (применительно к блоку электронной аппаратуры):

- комплект КД на изделие в электронном виде, в том числе законченный проект печатной платы в ECAD-системе с выполненной трассировкой, назначением и расстановкой компонентов, конструкторская 3D-модель изделия, перечень элементов, рабочий чертеж печатной платы, сборочный чертеж изделия, спецификации;
- данные по номенклатуре (если есть варианты исполнения) и программе выпуска изделия;
- данные по комплектующим (электронным компонентам), включая размеры, допуски, виды упаковки для автоматизированной сборки, рекомендуемые технологические материалы и режимы пайки и пр.

Информация об изделии хранится в БД PLM-системы Teamcenter. Далее необходимо наполнить базу данных Tecnomatix моделями и шаблонами для последующего моделирования цифрового производства:

- типовыми и групповыми технологическими процессами по данному классу изделий;
- типовыми планировками производственных участков с подведенными коммуникациями;
- моделями технологического оборудования для выполнения операций групповых техпроцессов с набором характеристик (массогабаритных, производительности, точности, надежности, времени переналадки) и элементов электрического/механического сопряжения для работы в составе автоматизированной технологической линии; среди рассматриваемых операций – трафаретная печать/дозирование, установка компонентов, пайка (волной, оплавлением, парофазная, селективная и пр.), автоматическая оптическая инспекция, отмывка, нанесение влагозащитных покрытий, визуальный контроль, рентгеновский контроль, функциональный контроль, вспомогательные операции – транспортировка, накопление/выдача, переворот плат и пр.;
- ручными/полуавтоматическими операциями – подготовка паяльной пасты, формовка выводов, дозирование, монтаж, упаковка.
- моделями типового технологического оснащения – тележки питателей, питатели (ленточные, вибрационные, поддоны) и вакуумные насадки сборочных головок для автоматов установки компонентов, монтажные рамы и трафареты для нанесения пасты, паллеты для пайки волной и селективной пайки, адаптеры типа «ложе гвоздей» для установок функционального контроля и пр.;
- моделями рабочих мест, ручного инструмента и приспособлений (для формовки, вязки жгутов, визуального контроля и пр.);
- моделями технологической тары;

- моделями технологических материалов в соответствующих упаковках – припой и паяльная паста (бруски, катушки, банки, шприцы, картриджи и пр.), флюс (шприцы, канистры и пр.), жидкости для отмывки и пайки в паровой фазе (канистры), влагозащитные материалы и пр.
- данными по организации производства, производственным нормативам, охране труда.

Дополнительно следует задать модели неавтоматизированных и автоматизированных складов комплектующих, готовых изделий, технологических материалов, оснастки, в том числе шкафов сухого хранения компонентов и плат и т.д.

Ограничим типовой набор задействованных операций, характерных для производства ЭА – модулей I уровня на печатных платах:

- трафаретная печать/дозирование;
- установка компонентов;
- пайка (волной, оплавлением, парофазная, селективная и пр.);
- автоматическая оптическая инспекция;
- отмывка/сушка;
- нанесение влагозащитных покрытий;
- визуальный контроль;
- рентгеновский контроль;
- функциональный контроль;
- вспомогательные операции – транспортировка, накопление/выдача, переворот плат и пр.;
- ручные/полуавтоматические операции – подготовка паяльной пасты, формовка выводов, дозирование, монтаж, визуальный контроль, упаковка.

Имея указанный набор исходных данных и наполненную технологической информацией базу данных Tecnomatix, можно приступить непосредственно к моделированию производства, которое начинается с разработки маршрутного технологического процесса с помощью модулей Process Designer и FactoryCAD. Данный этап включает в себя построение схемы сборки, назначение операций и выделения среди них автоматизированных и ручных, назначение оборудования и выпуск маршрутных карт.

Далее разрабатывается и оптимизируется операционный технологический процесс сборки. При этом составляется технологическая линия, назначаются модели оборудования, осуществляется трехмерная компоновка производственного участка и сопряжение с коммуникациями, определяется необходимое количество персонала и организуются потоки материальных ресурсов.

С помощью модулей Process Simulate, Jack, Plant Simulation, FactoryFLOW и пр. визуализируются и оптимизируются участки, потоки материальных ресурсов и количество обслуживающего персонала, проводится автоматизиро-

ванная калькуляция времен выполнения операций, а также выполняется имитационное моделирование с использованием моделей операторов, позволяющее проводить балансировку и поиск «узких мест» в работе линий, оптимизировать операции переналадки оборудования. Далее обеспечивается вариативность техпроцесса для изделий различной номенклатуры (вариантов исполнения), окончательно составляются операционные карты, выполняется подготовка управляющих программ для автоматизированного сборочного оборудования (модуль Unicom FX).

Результат работы системы по приведенному алгоритму представляет собой макет («цифровой двойник») оптимизированного цифрового производства, который может быть описан с помощью сгенерированных отчетов, эскизов и схем сборки, а также маршрутных и операционных карт. Пример визуализации готовой производственной 3D-структуры представлен на рис. 1.174.

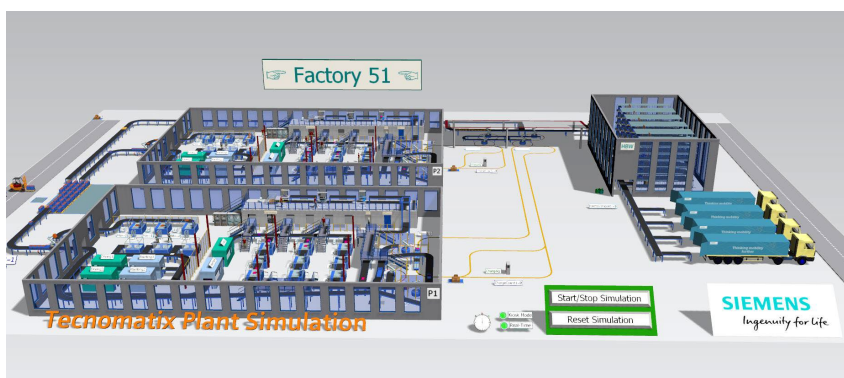


Рис. 1.174. Пример производственной 3D-структуры, сформированной в модуле Plant Simulation

## Тесты к лекции 22

1. Какие задачи необходимо решить в рамках создания модели цифрового производства изделий приборостроения на базе систем Tecnomatix/Teamcenter? (Выберите один или больше правильных ответов.)

- а) компоновка производственного участка;
- б) задание и оптимизация материально-логистических потоков;
- в) разработка конструкции электронного модуля на печатной плате.

2. Что необходимо в качестве входных данных для среды Tecnomatix со стороны выпускаемого изделия? (Выберите один или больше правильных ответов.)

- а) цифровые модели технологического оборудования и оснащения;
- б) комплект КД на изделие в электронном виде;
- в) данные по номенклатуре и программе выпуска изделия.

3. Какими составляющими наполняется БД PLM-системы Teamcenter? (Выберите один или больше правильных ответов.)

- а) моделями рабочих мест, ручного инструмента и приспособлений;
- б) данными по организации производства, производственным нормативам, охране труда;
- в) типовыми планировками производственных участков с подведенными коммуникациями.

4. Какие технологические операции характерны для сборочного производства ЭА – модулей I уровня на печатных платах? (Выберите один или больше правильных ответов.)

- а) автоматическая оптическая инспекция;
- б) функциональный контроль;
- в) фрезерование печатной платы по контуру.