

УДК 681.7.068



В.Ф. Булавин, Т.Г. Булавина
Вологодский государственный университет

ЦИФРОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В МАЛЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Производство кастомизированных изделий современного дизайна с эргономическими качествами, а также создание наукоемких отраслей в промышленности приводят к выпуску глобально конкурентоспособной продукции. Новые тренды сопровождаются интеллектуализацией технологических процессов и соединением материальных и виртуальных процессов производства. Интеллектуальная бизнес-модель предполагает принятие эффективных решений и способность к ускоренной адаптации в изменяющихся условиях.

Технологическое сопровождение производства, информационное пространство, малые предприятия, 3D-прототип, цифровое сопровождение.

Для существующего технологического уровня требуется интеграция малых машиностроительных предприятий в цифровое поле виртуальных фабрик на основе стратегии перехода к цифровому производству в рамках инициативы «Технет» [1, 2].

Цифровое проектирование включает конструкторско-технологическую подготовку производства (КТПП) и инженерные расчеты деталей и элементов изделий по тепловым воздействиям, прочностным факторам, а также оптимизационные вопросы [3–7]. В ходе КТПП уточняются компоновка и кинематика, состав изделия и общая конфигурация конструкции при соблюдении требований унификации и предельного наполнения его стандартными комплектующими. Здесь задаются свойства материалов и прогнозируются энергетические показатели проектируемого механизма.

Содержанием цифровой КТПП являются: проектирование в 3D-стандарте, автоматизированное технологическое сопровождение и имитационное моделирование [3–7].

Автоматизированное проектирование базируется на классификации и кодировании деталей и связано с поиском их аналогов в банках данных типовых компонентов, либо в реализованных ранее проектах, с использованием методов синтеза и адресации. Технологии 3D предполагают оформление электронных моделей изделий (ЭМИ) согласно ГОСТ 2.052-2015, а также цифровых образов деталей, сборочных единиц (ДСЕ) и конструкции [3–7]. Реализация стратегии проектирования – «сверху-вниз», «снизу-вверх» или др. – определяется целесообразностью и является прерогативой конструктора-разработчика. Формирование в 2D-формате рабочих чертежей деталей и спецификаций сборок осуществляется в САД-платформе автоматически. На рисунке 1 представлен электронный прототип изделия «3-D принтер» аддитивных технологий, выполненного в платформе «Компас-3D».

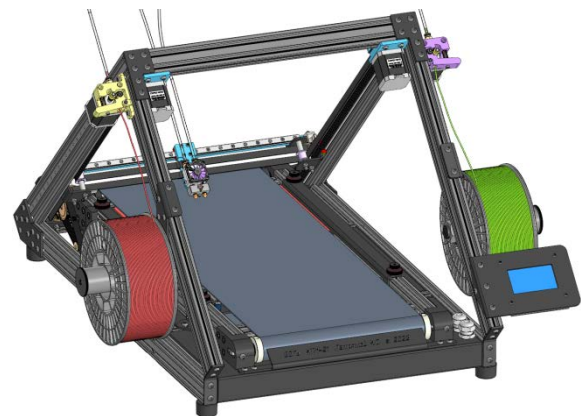


Рис. 1. Конвейерный принтер

Достижение эффекта фотореалистичности при визуализации ДСЕ или изделия выполняется посредством цветowych гамм, с использованием оптических свойств и различных текстур [3–7]. Конструкторская документация дополняется электронным каталогом готового изделия. Электронные сборки позволяют выявить на этапе проектирования ошибки при сборке и возможные коллизии. Анимация предполагает проверку на соударения и исследование кинематики механизма с учетом сопряжений в узлах.

Параметрическое представление ЭМИ содержит информацию о связях и ограничениях, позволяет получить сведения о характеристиках объекта, что позволяет определить правила поведения геометрии форм при их изменении [3–7]. Параметризация определяет возможности управления изменениями и быстрого перестроения объекта, что обеспечивает разнообразие в формообразовании для моделей сходных изделий на основе единой созданной цифровой двойника.

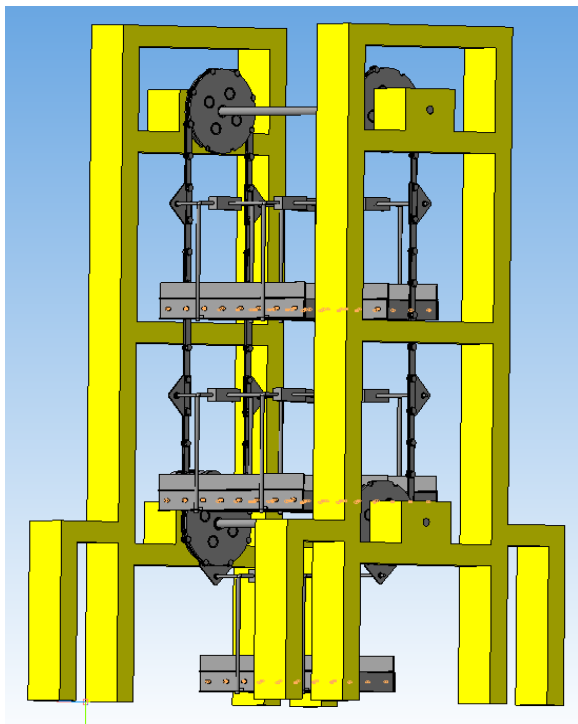


Рис. 2. Линия с роликовыми транспортерами и карусельным механизмом

На рисунке 2 представлен цифровой прототип линии с роликовыми транспортерами и карусельным механизмом для малых предприятий строительного профиля. Опция – деталь с исполнениями, опирается на технологию параметризации и реализует принцип «одна модель – много разнообразий», и базируется на большом числе вспомогательных переменных (предельных отклонений, параметров операций, пользовательских и т.д.). У различных исполнений детали – одинаковая геометрия, но разные размеры, которые устанавливаются с помощью аргументов. Эта опция поддерживается оформлением требуемой документации на ДСЕ.

Значительное сокращение трудозатрат и сроков выполнения проектов позволяет работу с приложениями в случае, когда проектирования осуществляется помощью средств объектного моделирования, а при разработке конструкции из сходных модулей – средствами зеркального отражения.

Интеллектуализация управления производством. Завершение конструкторского раздела сопровождается автоматическим контролем технической документации посредством экспертного модуля «Компас-Эксперт», в чьи функции входит поиск пропусков и неточностей в оформлении ЭМИ и 2D-чертежей. Передача информации о проекте КТПП и продолжение бизнес-процесса осуществляется через инструментальное обеспечение и сетевое взаимодействие в систему PDM/MES (PLM/ERP). Эти стратегии интегрируют все инженерные данные через информационное пространство системы управления производством в единый поток данных.

Организационно-инструментальная система PDM обеспечивает управленческие подразделения информацией о номенклатуре продуктов предприятия, взаимодействии подразделений и доступ ко всем циклам изготовления/разработки. В главные функции PDM входят контроль и управление:

- документацией САПР и архивацией;
- номенклатурой продуктов;
- клиентскими заказами и логистикой;
- инженерными решениями, графическими объектами и т.д.

Оперативно-календарная система MES выступает в качестве диспетчеризации, внутрицехового планирования, регулятора для учета и контроля межоперационных заделов. Таким образом, она фокусируется на вопросах координации производства в режиме реального времени. Опираясь актуальными данными о производственных процессах, MES дает возможность корректировать производственные задания и информацию неоднократно за рабочую смену [3–7].

MES-платформы ориентированы на контроль и управление мелкосерийного, единичного и позаказного производства. Для серийного и массового производства планирование ведется на уровне ERP. MES выступает как связующее звено между управлением технологическими процессами и ERP.

Системы сопровождения жизненным циклом (PLM) обеспечивают более комплексный функционал и предоставляют дополнительные, помимо опций управления проектированием и изготовлением изделий, модули контроля: персоналом, финансами и др. Концепция PDM рассматривается при этом как система нижнего уровня. В верхний уровень (PLM) входят блоки:

- взаимодействия и интеграции различных систем в единое информационное пространство;
- проектирования и планирования создания продуктов;
- информационного, технического и эксплуатационного обеспечения;
- исследования рынков;
- закупки комплектующих и входного/выходного контроля;
- упаковки, продаж и утилизации, хранения;
- транзакционные операции.

Использование PLM-/ERP-систем актуально для предприятий с большой степенью кооперации и с территориально удаленными подразделениями. Цель – выстраивание логистики сотрудничества, масштабирование решений и уменьшение затрат при объединении сходных вопросов в единый пакет. Функционал PLM/ERP отслеживает как единичные экземпляры продукции, так и учитывает индивидуальные потребности. ERP нацелены на выполнение заказов при средне- и долгосрочном планировании. PLM координирует взаимодействия структурных подразделений и механизмы согласований, извещений и утверждений. В функции ERP входят функции стандарта MRP II, моделирования финансов, модули планирования и маркетингового обеспечения, управления производством и потребностями, ресурсами и поставками. Специализированные модули ориентированы на конкретный бизнес-процесс или отдельные сферы деятельности [3–7].

Использование высокотехнологичных программных платформ характеризует тенденцию к созданию производств с цифровым отображением и сопровождением. Это приводит к росту производительности труда и повышению потребительских свойств товаров и услуг. Проникновение цифровых технологий в деятельность

малых машиностроительных предприятий находит отражение во внедрении и активном использовании CAD-/CAPP-/CAM-/CAE-/CAO-, PDM-/MES-платформ. Новые технологические вызовы определяют направление в развитии производства и приводят к ускоренному проектированию и выпуску новых видов продукции. Усиление цифрового сопровождения позволяет проектировать оборудование и механизмы, отличающихся пониженными значениями энергоёмкости и материалоемкости, с высокими эргономическими показателями.

Литература

1. Боровков, А. О дорожной карте «Технет» (переходные производственные технологии) национальной технологической инициативы / А. Боровков, Ю. Рябов // Двигатели для гражданской авиации. – 2017. – № 10. – С. 8–11. – URL: assets.fea.ru/uploads/fea/news/2017/04_april/13/Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_10_2017_O_Technet_Nti.pdf (дата обращения: 01.12.2022). – Текст : электронный.

2. Цифровое производство. Методы, экосистемы, технологии // Рабочий доклад Департамента корпоративного обучения Московской школы управления «Сколково», ноябрь 2017. – URL: assets.fea.ru (дата обращения: 6.11. 2019). – Текст : электронный.

3. Цифровая трансформация технологического сопровождения производства в малых предприятиях / В. Ф. Булавин, Т. Г. Булавина, Д. В. Кошутин [и др.]. – DOI: 10.18698/0536-1044-2021-9-15-29 // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2021. – № 9. – С. 15–29.

4. Булавин, В. Ф. Политика цифровых технологий на малых машиностроительных предприятиях / В. Ф. Булавин, В. В. Яхричев, А. С. Степанов. – DOI: 10.18698/0536-1044-2019-9-35-45 // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2019. – № 9. – С. 35–45.

5. Цифровой формат подготовки приборостроительного производства. Часть I. Конструкторский этап / В. Ф. Булавин, Т. Г. Булавина, В. В. Яхричев, А. С. Степанов. – DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-3-157-166 // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – № 3. – С. 1–8.

6. Bulavin, V. F. Digital Space of Small Enterprises in Engineering / V. F. Bulavin, T. G. Bulavina, A. S. Stepanov // Proc. ICIE 2020. – Springer, 2021. – PP. 462–468.

7. Digital Support of Production Small Business Preparation in Engineering / V. F. Bulavin, T. G. Bulavina, A. S. Stepanov [et al] // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1399. – P. 033045.

V.F. Bulavin, T.G. Bulavina
Vologda State University

DIGITAL DESIGN IN SMALL MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

The production of customized products of modern design with ergonomic qualities, as well as the creation of knowledge-intensive industries in industry lead to the production of globally competitive products. New trends are accompanied by the intellectualization of technological processes and the combination of material and virtual production processes. An intelligent business model assumes effective decision-making and the ability to adapt rapidly in changing conditions.

Technological support of production, information space, small enterprises, 3D prototype, digital support.