

формы и качество поверхности изделия.

В целом нужно заметить, что реализация принципа сквозного проектирования с помощью CAD- и CAM-систем предоставляет возможность снизить объём рутинной работы по программированию станков с ЧПУ, снизить количество возможных ошибок, значительно сократить необходимое для проектирования время и существенно повысить качество получаемых изделий. Использование CAM-систем является необходимым условием для повышения эффективности и конкурентоспособности производства.

УДК 621.7

## **ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЯ «КОЛПАК ДЫМОХОДА»**

***Белов П. П., студ., Климентьев А. Л., ст. преп., Ковчур А. С., к.т.н., доц.***

*Витебский государственный технологический университет,*

*г. Витебск, Республика Беларусь*

Цифровой двойник представляет собой цифровую (виртуальную) модель объекта, системы, или процесса, которая воспроизводит форму или функционирует аналогично оригиналу и синхронизирована с ним.

Считается, что впервые концепцию цифрового двойника представил в 2002 году М. Гривс в работе «Происхождение цифровых двойников». По мнению М. Гривса, «в идеальных условиях вся информация, которую можно получить от изделия, может быть получена от его цифрового двойника» [1].

Цифровые двойники являются одним из направлений Индустрии 4.0, которая характеризуется широким внедрением цифровых технологий в производственный процесс, включая автоматизацию, искусственный интеллект и интернет вещей.

Цифровые двойники делят на следующие виды [1]:

- прототип (DTP) – представляет собой виртуальный аналог реального объекта, который содержит все данные для производства оригинала;
- экземпляр (DTI) – содержит данные обо всех характеристиках и эксплуатации физического объекта, включая трёхмерную модель, и действует параллельно с оригиналом;
- агрегированный двойник (DTA) – вычислительная система из цифровых двойников и реальных объектов, которыми можно управлять из единого центра и обмениваться данными внутри.

Процесс создания цифрового двойника может быть реализован различными способами: на основе пространственной геометрической модели; на основе модели на базе интернета вещей; на базе интегрированных математических моделей (например, при использовании CAE-систем); на основе различных технологий визуализации, в том числе AR и VR-технологий.

При производстве изделия «Колпак дымохода» первичным цифровым двойником выступает пространственная геометрическая модель изделия. Следует отметить, что вследствие специфики изделия модель должна быть представлена в двух вариантах: собственно изделия и в варианте, представляющим собой развертку изделия.

Также при создании модели должна быть обеспечена полная ассоциативная связь между общей моделью изделия и моделями его деталей и компонентов, между моделями и необходимой конструкторской документацией на изделие.

Таким образом, первичным цифровым двойником при производстве изделия «Колпак дымохода» является цифровая 3D-модель изделия, или CAD-модель (computer-aided design, компьютерная поддержка проектирования) изделия. Данная модель позволяет как определить необходимые характеристики и структуру изделия, так и обеспечить переход к технологической подготовке его производства, реализуя принцип сквозного проектирования.

#### Список использованных источников

1. Что такое цифровые двойники и где их используют / РБК Тренды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb>. – Дата доступа: 08.03.2025.

## 4.9 Аддитивные технологии

УДК 621.7

### МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПОСТОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Шелепень Д. А., маг-т., Попок Н. Н., д.т.н., проф., Портянко С. А., к.т.н., доц.  
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,  
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

В процессе каталитической очистки, сопровождающейся удалением связующих компонентов, элементы деталей, лишенные механической прочности, подвергаются деформации или разрушению под воздействием гравитационной силы. Причиной таких дефектов зачастую выступают ошибки в проектировании конструкции или некорректная ориентация детали во время 3D-печати.

Компьютерное моделирование исследования влияния напряжений на конструкцию корпуса позволяет выявить критические зоны с учетом конструктивных особенностей деталей. Корректировка геометрии и ориентации печати повышает устойчивость процесса удаления связующих, сокращая время производства и улучшая качество деталей.

Условия моделирования.

1. Позиционирование детали при удалении связующих и спекании соответствует ориентации, заданной на этапе подготовки 3D-печати и предполагает отсутствие дефектов печати.

2. Контактные поверхности задаются как фиксированные граничные условия с рабочей пластиной и объектом моделирования являются монолитные структуры со 100 % плотностью заполнения.