

УДК 621.914

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЛОСКОГО ШЛИФОВАНИЯ ПЕРИФЕРИЕЙ КРУГА ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОЦЕССА**

*Л.В. Шипулин*

Приведены данные о четырех промышленных революциях, произошедших на этапе становления индустриального и информационного общества. Рассмотрено понятие цифрового двойника процесса или системы. Предлагается использование ранее созданной комплексной имитационной модели процесса шлифования при разработке цифрового двойника процесса шлифования.

Ключевые слова: шлифование, комплексная имитационная модель, цифровой двойник, индустрия 4.0.

В современном мировом сообществе все чаще употребляется понятие цифровой двойник в рамках концепции Индустрии 4.0, или по-другому, четвертой промышленной революции. Всего в истории человечества принято выделять четыре промышленных революции.

Первая промышленная революция, произошедшая в ведущих государствах мира в XVIII–XIX веках, обуславливается массовым переходом от ручного труда к машинному, от мануфактуры к фабрике. Основной чертой первой промышленной революции явилась индустриализация – переход от преимущественно аграрной экономики к промышленному производству, в результате которого произошла трансформация аграрного общества в индустриальное.

Вторая промышленная революция начинается со второй половины XIX века по начало XX века и характеризуется массовым освоением поточного производства, широким применением электричества и химикатов. Понятие о второй промышленной революции введено в широкое употребление Дэвидом Лэндисом [1].

Третья промышленная революция сопровождалась повсеместным переходом в производстве к применению информационно-коммуникационных технологий, способствовавших формированию постиндустриального общества. Поэтому третья промышленная революция также носит название «цифровая революция». Массовые публикации о третьей революции появились в начале XXI века.

Несмотря на то, что концепция третьей промышленной революции по состоянию на сегодняшние дни до конца не устоялась, есть уже представления и о «четвёртой промышленной революции» – с этим термином свя-

зывается германская частно-государственная программа Индустрия 4.0 (Industrie 4.0), в рамках которой крупные немецкие концерны при грантовой поддержке исследований Федеральным правительством создают полностью автоматизированные производства, линии и изделия на которых взаимодействуют друг с другом и потребителями в рамках концепции Интернета вещей, за счёт чего обеспечивается выпуск индивидуализированной продукции. В рамках концепции Индустрии 4.0 важное место занимает понятие цифрового двойника.

Цифровой Двойник (Digital Twin) – это программный аналог физического устройства, моделирующий внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействий помех и окружающей среды. Важной особенностью цифрового двойника является то, что для задания на него входных воздействий используется информация с датчиков реального устройства, работающего параллельно. Работа возможна как в online, так и в offline режимах. Далее возможно проведения сравнения информации виртуальных датчиков цифрового двойника с датчиками реального устройства, выявление аномалий и причин их возникновения. На рис. 1 приводится концепция цифрового двойника. Согласно рис. 1, реальный объект (промышленный робот), на котором установлены все необходимые датчики, посылает информацию с датчиков в некоторый облачный сервис, на котором производятся расчеты и аналитика, а также установлен цифровой двойник этого же промышленного робота, который представляет собой виртуальную техническую систему с внутренними взаимосвязями и аналогичными реальным датчиками.

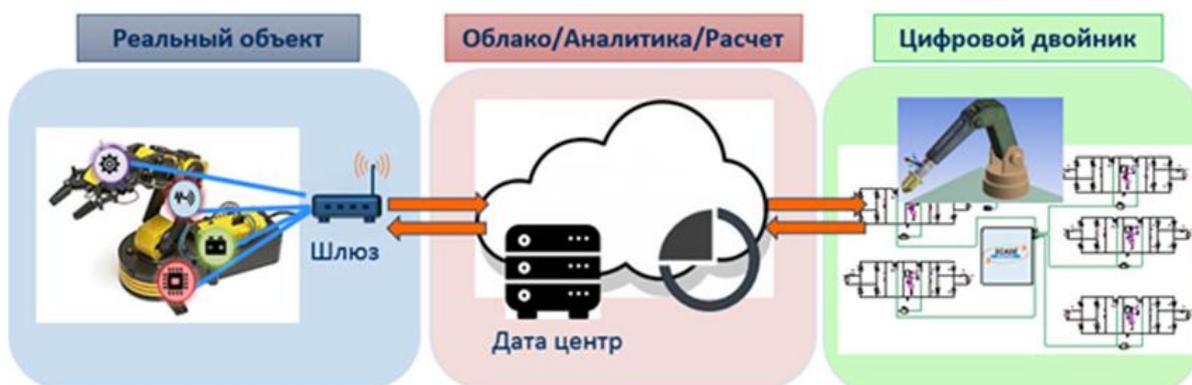


Рис. 1. Схема цифрового двойника и его использования

Рассматривая процессы шлифования, можно отметить, что на сегодняшний день отсутствуют работы, посвященные разработке цифровых двойников этого процесса. По своей сути, цифровой двойник является набором нескольких связанных между собой высокоточных компьютерных моделей. В связи с этим ранее выполненная автором работа по созданию

комплексной имитационной модели может быть принята за основу при разработке цифрового двойника процесса шлифования [2]. Рассмотрим комплексную имитационную модель процесса плоского шлифования периферией круга.

На рис. 2 представлена компоновка комплексной имитационной модели процесса плоского шлифования. Комплексная имитационная модель содержит в себе следующие блоки: моделирование топографии шлифовального круга с учетом законов случайного распределения его характеристик, Модель механического взаимодействия, прогнозирующая топографию изделия и шероховатость, теплофизическая и силовая модели.

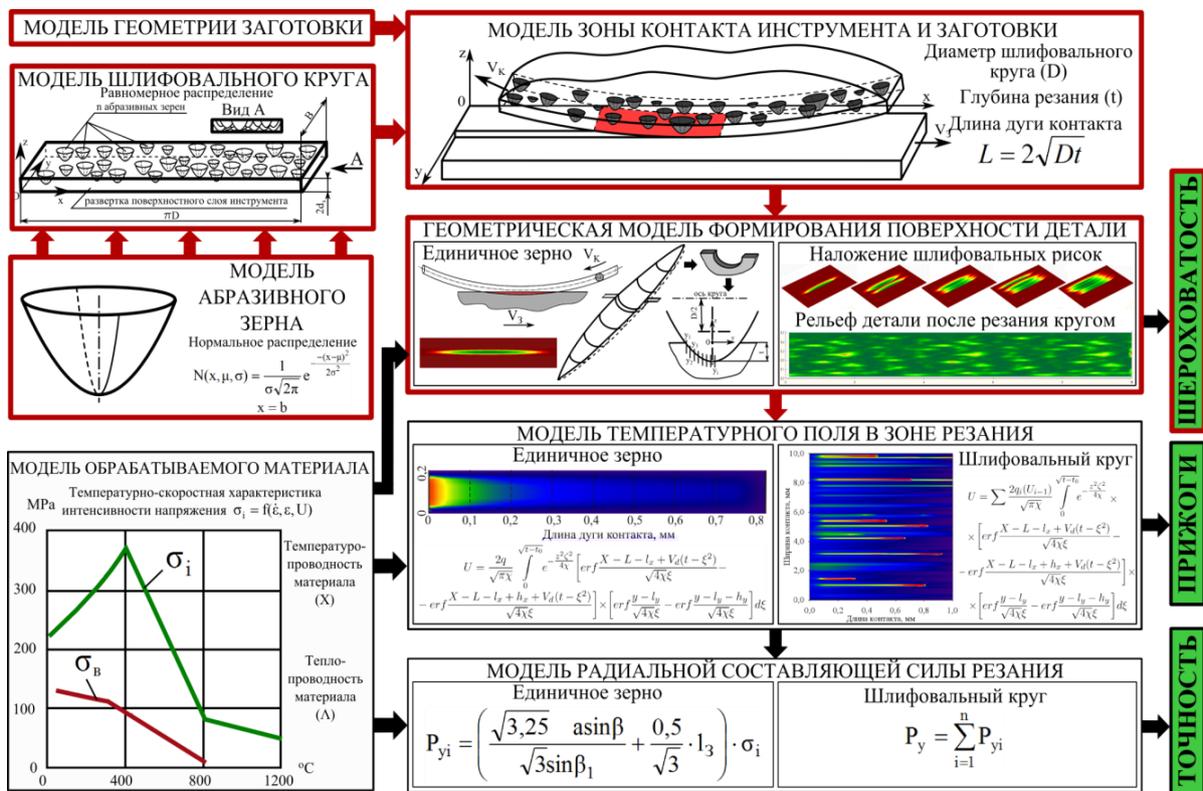


Рис. 2. Компоновка комплексной имитационной модели

**Заключение.** В современном производстве только начинает вырисовываться концепция четвертой промышленной революции, именуемая Индустрией 4.0. Основопологающим элементом в рамках этой концепции является цифровой двойник, который дублирует реальный промышленный объект и позволяет на основе этого отслеживать и улучшать работу реального объекта. Показано, что созданная ранее комплексная имитационная модель может являться основой при разработке цифрового двойника процесса шлифования.

Библиографический список

1. Hull, J. The Second Industrial Revolution: The History of a Concept / J. Hull // *Storia Della Storiografia*. – 1999. – Issue 36. – Pp 81–90.
2. Дьяконов, А.А. Комплексное моделирование процесса плоского шлифования периферией круга / А.А. Дьяконов, Л.В. Шипулин // *Научно-технические технологии в машиностроении*. – 2013. – № 6 (24). – С. 14–18.

[К содержанию](#)