

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ИЗДЕЛИЙ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПО В ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

Афанасьев А.А.¹, Болдырев А.А.², Колбая Т.Ч.¹

¹АО КБХА, г. Воронеж, timur2607@rambler.ru

²ФГБОУ ВО «ВГТУ», г. Воронеж

Ключевые слова: цифровой двойник, электронный макет изделия, математическая модель, виртуальные испытания, программное обеспечение, подготовка инженерных кадров

Актуальность

Внедрение современных средств разработки и эксплуатации цифровых двойников (ЦД) в процесс подготовки инженерных кадров представляет собой важный шаг к улучшению качества образования и повышению конкурентоспособности подготавливаемых специалистов, позволяя получить актуальные знания и навыки, необходимые для работы в современной парадигме непрерывного развития используемых изделий как совокупности механического объекта, начинки применяемых электронных элементов и программного обеспечения (ПО). Этот процесс требует тщательной подготовки, начиная от выбора ПО и создания учебных курсов, и заканчивая обучением преподавательского состава. ЦД – это виртуальная модель реального изделия или системы, которая используется для мониторинга, анализа и оптимизации его характеристик на всех стадиях жизненного цикла. В образовательной среде это может быть модель, отражающая физические, механические или иные характеристики изучаемого объекта. Технология ЦД может широко применяться на различных стадиях жизненного цикла от разработки до утилизации. Несмотря на то, что теория применения ЦД в целом освещена в литературе [1, 2], методология применения ЦД для изделий [3] в различных отраслях не отработана, а нормативная и руководящая документация отсутствует в принципе.

Цели внедрения и разработки ЦД изделий

- *Повышение качества образования:* ЦД позволяют студентам работать с точными моделями реальных объектов, что дает более глубокое понимание процессов и различных взаимодействий.

- *Ускорение процесса обучения:* С помощью симуляций на виртуальных моделях обучающиеся могут быстрее осваивать сложные конструкции изделий и их функционирование, если доступ к ним ограничен или не возможен в принципе, или минимизируя необходимость работы с физическими объектами, не боясь вывести из строя дорогостоящую материальную часть при всестороннем изучении.

- *Подготовка к реальной работе:* Использование ЦД реальных изделий приближает обучающихся к условиям, в которых они будут работать, что повышает их готовность по выбранному направлению деятельности.

Проблема выбора типа и характера используемого ПО

Используемое в методологии ЦД ПО можно условно разделить на:

1) *PLM/PDM-системы:* Автоматизированные системы для консолидации и управления всей информацией об изделии на протяжении жизненного цикла.

2) *CAD-системы:* ПО для 3D-моделирования, позволяющее создавать и оформлять электронные макеты цифровых двойников изделий.

3) *CAE-системы:* ПО для проведения инженерного анализа, симуляции функционирования и оптимизации характеристик изделий.

4) *ПО собственной разработки и кроссплатформенные решения:* Платформы для разработки приложений, связанных с IoT (интернет вещей, умный дом) и ЦД.

Необходимо отметить, что в каждой категории имеется значительное количество ПО (в том числе отечественного), которые имеют свои преимущества и недостатки: стоимость и

доступность, трудоемкость освоения и внедрения, наличие техподдержки, опытных специалистов и пр. Поэтому выбор конкретного ПО для использования является сложной задачей.

Если для промышленных предприятий и конструкторских бюро список может быть ограничен по естественным причинам, то для образовательных учреждений, подготавливающих инженеров современного уровня, должен быть доступен к изучению и овладению навыками использования весь спектр отечественного ПО и лучших пакетов иностранного ПО (в условиях санкций – не обязательно лицензионного).

Проблемы использования и поддержания актуальности

- *Высокие требования к оборудованию:* Для полноценной работы с ЦД, как правило, требуется мощное компьютерное и вычислительное оборудование.

- *Необходимость постоянного развития:* Важно регулярно обновлять используемое ПО, чтобы оно соответствовало современным требованиям. Следить за появлением аналогов, тенденциями развития и применения ЦД и ПО.

Необходимая интеграция в учебный процесс

- *Создание учебных курсов:* Внедрение курсов по работе с конкретным ПО для ЦД изделий определенного типа. Обучающиеся могут изучать, как моделировать изделия, проводить анализ конструкции и характеристик, их исследование и оптимизацию.

- *Практическое применение:* Лабораторные работы и курсовые проекты, основанные на реальном ПО и изделиях, с использованием ЦД.

- *Коллаборативное обучение:* Создание проектов, в которых обучающиеся работают в командах над разработкой и эксплуатацией ЦД, что способствует развитию навыков командной работы и междисциплинарного взаимодействия.

Подготовка преподавательского состава

- *Повышение квалификации преподавателей:* Обучение преподавателей современным методам работы с ЦД и соответствующему ПО.

- *Методическая поддержка:* Разработка методических материалов и учебных пособий для преподавателей и обучающихся, учитывающих особенности использования ЦД в учебном процессе.

Преимущества для обучающихся

- *Улучшение понимания теоретических знаний:* Работа с ЦД изделий позволяет наглядно увидеть применение теоретических знаний в реальных задачах.

- *Развитие навыков анализа и оптимизации:* Возможность анализировать работу ЦД изделий, выявлять возможные проблемы и оптимизировать их работу.

- *Подготовка к реальной работе:* Знания и умения работы с ЦД и соответствующим ПО становятся все более востребованным в современных инженерных профессиях.

Заключение

Внедрение ЦД в образовательный процесс является важным шагом к качественному повышению уровня подготовки инженерных кадров, позволяя обучающимся получить актуальные знания и навыки, необходимые для работы в современных условиях с передовыми изделиями и устройствами. Этот процесс требует тщательной подготовки, начиная с выбора ПО, разработки ЦД и создания учебных курсов, и заканчивая обучением преподавательского состава.

Список литературы

1 Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт // Корпоративное издание. М.: ООО «АльянсПринт». 2020. 401 с.

2 Боровков А.И., Рябов Ю.А., Кукушкин К.В., Марусева В.М., Кулемин В.Ю. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК // Оборонная техника. 2018. № 1. С. 6–33.

3 Афанасьев А.А., Колбая Т.Ч., Якуш Д.Ю. Разработка методологии применения технологии цифровых двойников на различных стадиях жизненного цикла жидкостного

ракетного двигателя // Научно-технический и информационно-аналитический журнал «Морской вестник» (Санкт-Петербург), июнь 2023, специальный выпуск № 1 (16), дата опубл. 30.06.2023 г., стр. 68-72.

Сведения об авторах

Афанасьев Александр Александрович, кандидат физико-математических наук, главный специалист по моделированию отдела 116, АО КБХА, г. Воронеж, Россия; Область научных интересов: разработка цифровых двойников агрегатов сложных технических систем, турбонасосные агрегаты, вычислительная гидрогазодинамика, механика деформируемого твердого тела, системное моделирование, телефон: +7(919)232-00-21, e-mail: afanasev.a.a@kbkhavrn.ru

Болдырев Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой ракетных двигателей, ФГБОУ ВО «ВГТУ», г. Воронеж, Россия; Область научных интересов: технологии производства изделий ракетно-космической техники, комбинированные методы обработки, САПР, электронные интерактивные технологические руководства, телефон: 8-904-212-61-83, e-mail: alexboldyrev@yandex.ru

Колбая Тимур Чичикович, кандидат технических наук, заместитель начальника КБ по PLM, АО КБХА, г. Воронеж, Россия; Область научных интересов: математическое моделирование сложных технических систем, разработка цифровых двойников агрегатов сложных технических систем, разработка систем функционального контроля, технического диагностирования и аварийной защиты, телефон: 8-909-215-52-70, e-mail: timur2607@rambler.ru

THE INTRODUCTION OF MODERN TOOLS FOR THE DEVELOPMENT AND OPERATION OF DIGITAL TWIN OF PRODUCTS BASED ON DOMESTIC SOFTWARE IN THE PROCESS OF TRAINING ENGINEERING PERSONNEL

Afanas'ev A.A.¹, Boldyrev A.A.², Kolbaya T.Ch.¹

¹KBKHA JSC, Voronezh, timur2607@rambler.ru

²VSTU, Voronezh

The introduction of DT into the educational process is an important step towards a qualitative improvement in the level of training of engineering personnel, allowing students to gain relevant knowledge and skills necessary to work in modern conditions with advanced products and devices.