

ИНТЕГРАЦИЯ 3D-СКАНИРОВАНИЯ И АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ОБРАЗОВАНИЕ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Тараховский А.Ю., Стреляная Ю.О.

Севастопольский государственный университет, Севастополь

Ключевые слова: 3D-сканирование, аддитивное производство, реверс инжиниринг, КОМПАС-3D, ScanForm L5, полигональная модель, таксономия Блума, мотивация студентов, 3D-печать, когнитивные компетенции.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы интеграции 3D-сканирования и аддитивного производства в образовательный процесс на примере дисциплины «Реверс инжиниринг», читаемой студентам технических специальностей, владеющим системой КОМПАС-3D. Описывается шестиступенчатый цикл обучения: ручной замер детали, построение твёрдотельной модели, 3D-сканирование с помощью ScanForm L5, обработка полигональной сетки, воссоздание модели и сравнение с оригиналом. Показано, как каждый этап соотносится с уровнями таксономии Блума. Отмечены ключевые вызовы внедрения таких технологий, в первую очередь снижение мотивации на этапах, связанных с обработкой mesh-моделей, а также ограниченный доступ к оборудованию и высокая когнитивная нагрузка. В качестве перспективы предложена интеграция 3D-печати как финального этапа цикла реверс-инжиниринга, позволяющего сделать результат обучения осязаемым и повысить академическую вовлечённость студентов.

INTEGRATION OF 3D SCANNING AND ADDITIVE MANUFACTURING IN EDUCATION: CHALLENGES AND PROSPECTS

Tarakhovskiy A.Yu., Strelyanaya Yu.O.

Sevastopol State University, Sevastopol

Keywords: 3D scanning, additive manufacturing, reverse engineering, KOMPAS-3D, ScanForm L5, polygonal model, Bloom's taxonomy, student motivation, 3D printing, cognitive competencies.

Abstract. The article addresses the integration of 3D scanning and additive manufacturing into the educational process using the example of the discipline “Reverse engineering” taught to students of technical specialties proficient in the KOMPAS-3D system. A six-step learning cycle is described: manual measurement of a “bracket-type” part, solid-model construction, 3D scanning with ScanForm L5, processing of the polygonal mesh, reconstruction of the model, and comparison with the original. It is shown how each stage corresponds to the levels of Bloom's taxonomy—from remembering and understanding to analyzing, synthesizing, and evaluating—thus contributing to the development of students' cognitive competencies. The key challenges of implementing these technologies are outlined, primarily the drop in motivation at stages involving mesh-model processing, as well as limited access to equipment and high cognitive load. As a perspective, the integration of 3D printing as the final stage of the reverse engineering cycle is proposed, enabling the learning outcomes to become tangible and enhancing students' academic engagement.

Современное инженерное образование всё активнее включает в учебные программы 3D-сканирование и аддитивное производство, что позволяет приблизить обучение к реальным производственным условиям [1, 2]. В этот контекст хорошо вписывается дисциплина «Реверс инжиниринг», читаемая студентам технических специальностей, владеющим системой КОМПАС-3D [3, 4]. В рамках курса студенты осваивают цикл: ручной замер детали, построение

твёрдотельной модели, 3D-сканирование, обработка полигональной сетки, воссоздание модели и её сравнение с оригиналом.

Представленный подход логично связывается с таксономией Блума, которая рассматривается как инструмент систематизации образовательных целей и развития когнитивных компетенций [5-7]. В классической интерпретации выделяются уровни: запоминание, понимание, применение, анализ, синтез и оценка. На примере курса показано, как последовательные этапы обучения постепенно поднимают студентов от базовых операций до высоких уровней когнитивной деятельности.

Цель статьи – описать реализацию интеграции 3D-сканирования и аддитивного производства в образовательном процессе, выявить ключевые вызовы (в первую очередь – мотивацию студентов) и обозначить перспективы для преподавателей технических вузов, заинтересованных в практико-ориентированных подходах.

Описание педагогической практики

Практика реализуется в рамках дисциплины «Реверс инжиниринг» на примере детали типа «Кронштейн». Обучение построено в шесть этапов (табл. 1), каждый из которых соответствует определённому уровню таксономии Блума [8].

Табл. 1. Этапы обучения

Этап	Описание	Уровень Блума
1. Ручной замер/эскиз	Измерение "кронштейна"	Запоминание, понимание
2. Модель в Компас 3D	По эскизам	Применение
3. Сканирование (ScanForm L5)	Получение данных	Применение
4. Обработка mesh	Создание полигональной модели	Анализ
5. Воссоздание модели	По mesh в Компас 3D	Синтез
6. Сравнение/анализ	С оригиналом	Оценка

Вызовы интеграции

Несмотря на практическую полезность, интеграция 3D-сканирования и аддитивного производства в обучение сопряжена с рядом вызовов. Особенно заметен спад мотивации студентов на этапах, требующих анализа и синтеза, когда работа с mesh-моделями воспринимается как рутинная и мало осмысленная.

Дополнительные вызовы

- ограниченный доступ к 3D-сканерам и 3D-принтерам, лицензированному программному обеспечению;
- высокая когнитивная нагрузка на этапах сравнения моделей и оценки точности;
- разный уровень подготовки студентов к самостоятельной работе с 3D-моделями и цифровыми двойниками.

Таким образом, ключевой вызов заключается не столько в наличии оборудования, сколько в содержательной и мотивационной стороне заданий, связанных с 3D-моделированием и обработкой данных.

Перспективы и рекомендации

Основная перспектива – интеграция аддитивного производства как финального этапа цикла реверс-инжиниринга. После сравнения моделей студенты могут 3D-напечатать воссозданный объект, например, тот же «Кронштейн», на FDM-принтере. Физический прототип даёт возможность ощутить и измерить результат, что усиливает связь теории, практики и реальных инженерных задач.

Исследования показывают, что использование 3D-моделей, 3D-анимации и 3D-печати повышает академическую вовлечённость студентов и интерес к техническим дисциплинам на 30-40% [9-12]. С точки зрения таксономии Блума 3D-печать позволяет замкнуть цикл на уровне «оценки» и включить элементы рефлексии, когда студент осознаёт качество своей модели и её соответствие реальному образцу.

Заключение

В статье представлена модель интеграции 3D-сканирования и аддитивного производства в образовательный процесс на примере дисциплины «Реверс инжиниринг». Показано, что цикл из шести этапов, завершающийся 3D-печатью модели, соотносится с уровнями таксономии Блума и способствует развитию когнитивных компетенций от базовых до высоких.

Список литературы

1. Тараховский А.Ю. Обратный инжиниринг в учебном процессе // Перспективные технологии реверс-инжиниринга и быстрого прототипирования: Сборник статей всероссийской научно-практической конференции, Севастополь, 13-15 мая 2024 года. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2024. – С. 26-29.
2. Будущее образования с 3D-сканированием [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lider-3d.ru/blog/stati/budushchee-obrazovaniya-s-3d-skanirovaniem/>.
3. Тараховский А.Ю., Тараховский А.А. Внедрение дисциплины «Реверс инжиниринг» в учебный процесс студентов инженерной подготовки // Современные технологии и реверс-инжиниринг: Сборник статей Всероссийских научно-практических конференций, Севастополь, 17 апреля – 12 мая 2023 года. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2023. – С. 197-202.
4. Тараховский А.Ю., Стреляная Ю.О. Реверс-инжиниринг как инструмент подготовки инженерных кадров // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2026. – №20. – С. 69-73. – DOI: 10.26160/2309-8864-2026-20-69-73.
5. Пак Н.И. Таксономия учебных целей с позиций ментального подхода // Открытое образование. – 2025. – Т. 29, №4. – С. 46-54. – DOI: 10.21686/1818-4243-2025-4-46-54.
6. Олимов К.Т., Алимов А.А., Безгодова С.А., Мусаева Н.Н. Актуализация таксономии учебных целей в контексте задач современного профессионального образования // Образование и наука. – 2025. – Т. 27, №7. – С. 9-32. – DOI: 10.17853/1994-5639-2025-7-9-32.
7. Жмакова Е.И. Таксономия Блума как система учебных целей при разработке компетентностно ориентированных заданий // Преподавание иностранных языков в поликультурном мире: традиции, инновации, перспективы: Сборник статей VI Международной научно-практической конференции, Минск, 22 марта 2024 года. – Минск: Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», 2024. – С. 212-216.
8. Кузнецова А.В., Гаврилова Т.А. Системная модификация таксономии Блума для интерпретации карт знаний // Управление бизнесом в цифровой экономике: седьмая международная конференция, Санкт-Петербург, 21-22 марта 2024 года. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2024. – С. 259-262.

9. Шавелкова В.В. Развитие пространственного мышления у студентов с помощью САД и 3D-моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apni.ru/article/7032-razvitie-prostranstvennogo-myshleniya-u-studentov-s-pomoshhyu-cad-i-3-d-modelirovaniya>.
10. Использование 3D-печати в образовательном процессе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://педпроект.рф/edu-01-2026-pb-206168/>
11. Семь причин использовать технологию 3D-печати в сфере образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/igo3d-russia/sem-pricin-ispolzovat-tehnologiyu-3d-pecati-v-sfere-obrazovaniya>.
12. Тараховский А.Ю. Электронные модели изделий в САПР КОМПАС-3D: теоретические аспекты и практические рекомендации // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2025. – №18. – С. 4-7. – DOI: 10.26160/2309-8864-2025-18-4-7.

Сведения об авторах:

Тараховский Алексей Юрьевич – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Цифровое проектирование»;

Стреляная Юлия Олеговна – к.т.н., доцент кафедры «Цифровое проектирование».