

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2026-53-120-125>

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ОСНОВЕ ТАКСОНОМИИ БЛУМА ДЛЯ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА ПО РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГУ

Тараховский А.Ю., Стреляная Ю.О., Перевай Т.А.

Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

Ключевые слова: трёхмерное моделирование, таксономия Блума, реверс-инжиниринг, сканирование, полигональная модель, твердотельная модель, КОМПАС-3D, инженерная подготовка.

Аннотация. В статье анализируется подготовка инженерных кадров в условиях цифровизации производства, с акцентом на реверс-инжиниринг как ключевой навык восстановления CAD-моделей по физическим объектам. На примере elective курса для студентов Севастопольского государственного университета рассматривается образовательный процесс, включающий работу с 3D-сканером и САПР КОМПАС-3D. Авторы отмечают, что традиционные методы оценки не позволяют фиксировать уровни освоения компетенций, и предлагают внедрить модель оценки на основе адаптированной таксономии Блума. Описана иерархия когнитивных уровней от «Запоминания» до «Создания» с практическими задачами и критериями оценки для каждого этапа. В результате применение таксономии Блума структурирует обучение, способствует формированию у студентов инженерных умений и сквозных цифровых компетенций, устраняя пробелы в подготовке будущих специалистов.

DEVELOPMENT OF A COMPETENCE ASSESSMENT MODEL BASED ON BLOOM'S TAXONOMY FOR AN ELECTIVE COURSE IN REVERSE ENGINEERING

Tarakhovskiy A.Yu., Strelyanaya Yu.O., Perevay T.A.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Keywords: three-dimensional modeling, Bloom's taxonomy, reverse engineering, scanning, polygonal model, solid-state model, COMPASS-3D, engineering training.

Abstract. The article analyzes the training of engineering personnel in the context of digitalization of production, with an emphasis on reverse engineering as a key skill for restoring CAD models based on physical objects. Using the example of an elective course for students of Sevastopol State University, the educational process is considered, including work with a 3D scanner and a COMPASS-3D CAD system. The authors note that traditional assessment methods do not allow recording the levels of competence development, and suggest implementing an assessment model based on an adapted Bloom taxonomy. The hierarchy of cognitive levels from «Memorization» to «Creation» with practical tasks and evaluation criteria for each stage is described. As a result, the application of Bloom's taxonomy structures learning, promotes the formation of engineering skills and end-to-end digital competencies among students, eliminating gaps in the training of future specialists.

Реверс-инжиниринг – ключевой навык в цифровизации производства, позволяющий восстанавливать CAD-модели по физическим объектам. В Севастопольском государственном университете (Высшая технологическая школа «Севастопольский приборостроительный институт», Инженерный

факультет) студенты 2-го курса изучают его в рамках элективного курса: в дисциплину помимо лекций входят практические работы, включающие в себя последовательность: сканирование объектов машиностроения ручным лазерным сканером Scanform L5, обработка полигональной сетки с последующим твердотельным моделированием в КОМПАС-3D [1].

Традиционная оценка (экзамены, отчеты) не фиксирует уровни освоения, что приводит к пробелам в подготовке кадров. Ревизованная таксономия Блума [2-6] решает эту проблему, структурируя цели обучения глаголами и фокусируясь на высших уровнях. Цель статьи – разработать модель оценки на основе таксономии для элективного курса реверс-инжиниринга.

Таксономия Блума (Bloom's Taxonomy) – иерархическая классификация образовательных целей по уровням когнитивных процессов: от простого запоминания до творчества.

Ревизованная таксономия Блума (Revised Bloom's Taxonomy) – обновленная версия 2001 г. (авторы: Андерсон, Кратвол) с глаголами вместо существительных и «Созданием» на вершине (рис. 1).

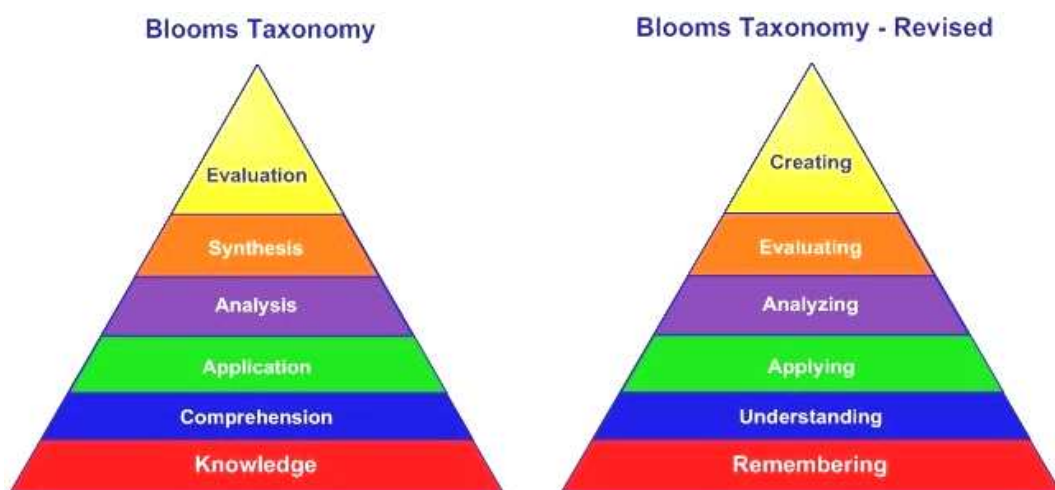


Рис. 1. Пересмотренная версия таксономии Блума

В таблице 1 представлено распределение учебных задач и ожидаемых результатов по уровням когнитивной сложности в соответствии с адаптированной таксономией Блума для дисциплины «Реверс-инжиниринг».

Обратимся к разработке адаптированной модели таксономии Блума для оценки результатов элективной дисциплины «Реверс-инжиниринг».

Табл. 1. Распределение учебных задач и ожидаемых результатов

Уровень таксономии	Суть уровня (определение)	Пример из курса «Реверс-инжиниринг»
Запоминание	Воспроизведение фактов, терминов, основных понятий	Перечислить этапы сканирования с помощью Scanform L5
Понимание	Объяснение, интерпретация, преобразование информации из одной формы в другую	Объяснить процесс обработки полигональной сетки (mesh)
Применение	Использование знаний и методов в новых, конкретных ситуациях	Построить базовую 3D-модель в системе КОМПАС-3D
Анализ	Разбор структуры, выявление взаимосвязей и ошибок	Выявить геометрические отклонения и дефекты с помощью ПО
Оценка	Суждение о ценности, качестве и соответствии результата критериям	Проверить качество модели на соответствие требованиям аддитивного производства
Создание	Генерация нового продукта, планирование и синтез	Оптимизировать 3D-модель для производства (например, снизить вес или улучшить прочность)

1. Запоминание

Задача: Перечислить 8 этапов сканирования с помощью ручного 3D сканера с лазерным подсветом Scanform L5.

Критерии: Назвать: калибровка, фиксация маркеров, сканирование, выравнивание сканов, слияние, очистка, экспорт STL.

Пример: Тест «Соотнеси шаг с картинкой сканера».

Метод: Метод обучения включает просмотр видеоинструкций по работе со сканером Scanform L5 и последующее теоретическое объяснение ключевых этапов работы, принципов сканирования и обработки данных, которое проводит преподаватель.

2. Понимание

Задача: Объяснить, почему полигональная сетка требует сглаживания и декарпации.

Критерии: Нарисовать диаграмму: облако точек → шум → сглаженная сетка → готовый STL.

Пример: Схема артефактов (шум, дыры, самопересечения).

Метод: Mind maps (Интеллект-карты), объяснение сверстникам.

3. Применение

Задача: Обработать полигональную сетку призмы в MeshLab → импортировать в КОМПАС-3D.

Критерии: Отклонение <5%, faces (грани/полигон) <50k, без «дырок».

Пример: STL призмы → базовая поверхностная модель.

Метод: Пошаговые чек-листы.

4. Анализ

Задача: Выявить 5 дефектов модели призмы в КОМПАС-3D (анализ в разделе «Измерения»).

Критерии: Отчет: таблица отклонений (мм), графики, причины (шум сканирования, калибровка).

Пример: Сравнение CAD с STL (цветовая карта).

Метод: Кейс-стади с реальными дефектами.

5. Оценка

Задача: Выбрать оптимальный метод моделирования (NURBS-поверхности или твёрдотельная модель) для 3D-печати.

Критерии: Обоснование метода моделирования на основе: времени, затрачиваемого на процесс моделирования, получаемая точность модели, совместимость полученной модели со слайсером.

Пример: Матрица решений для выбора между технологиями SLA и FDM

Метод: Групповая дискуссия в формате дебатов.

6. Создание

Задача: Провести топологическую оптимизацию 3D-модели для подготовки к аддитивному производству с учётом минимальной толщины стенок (более 1 мм, кратно диаметру сопла) и обеспечить наличие дренажных отверстий (в случае необходимости).

Критерии: Оценка осуществляется по двум критериям: наличие функционирующего прототипа и предоставление отчёта с обоснованием внесённых конструктивных улучшений.

Пример: Призма с улучшенной внутренней структурой.

Метод: Комплексный подход, включающий последовательные этапы: 3D-сканирование объекта, его печать и последующее тестирование готового изделия.

Таким образом для каждого из уровней сформулированы конкретные задачи, определены критерии проверки и предложены методы обучения. В ходе выполнения практических работ студенты помимо обучения работе со сканером Scanform L5 и САПР КОМПАС-3D учатся анализировать дефекты, получаемые при сканировании, предлагать пути их устранения и обосновывать принятые инженерные решения. Этот подход позволяет не просто проверять, выполнено ли задание, а оценивать и развивать навыки студента на каждом этапе: от простого запоминания порядка сканирования до умения создать и оптимизировать модель для 3D-печати.

Следовательно, адаптированная таксономия Блума выступает в качестве эффективного средства для формирования у студентов необходимых цифровых навыков и позволяет преодолеть пробелы в системе подготовки инженерных кадров.

Список литературы

1. 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.
2. Таксономия Блума: что это такое и зачем она педагогам и методистам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skillbox.ru/media/education/taksonomiya-bluma-cto-eto-takoe-i-zachem-ona-pedagogam-i-metodistam/>
3. Зыкова Т.В. Применение таксономии Блума для классификации результатов обучения в электронной информационно-образовательной среде // Открытое образование. – 2025. – Т. 29, №4. – С. 55-63. – DOI: 10.21686/1818-4243-2025-4-55-63.
4. 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.
5. 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. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет, 2024. – С. 259-262.
6. Тараховский А.Ю. Реверс-инжиниринг в техническом образовании: как готовить востребованных специалистов // Машиностроение: инновационные аспекты развития: Материалы международной научно-практической конференции, – СПб.: НИЦ МС, 2025. – №8. – С. 73-78.

References

1. Tarakhovsky A.Yu., Strelyanaya Yu.O. Reverse engineering is a tool for teaching computer engineering // Design personnel helping in mechanical engineering. 2026, no. 20, pp. 69-73. DOI: 10.26160/2309-8864-2026-20-69-73⁴
2. Bloom's Taxonomy: what is it and why is it for teachers and methodologists [Electronic resource]. – Access mode: <https://skillbox.ru/media/education/taksonomiya-bluma-cto-eto-takoe-i-zachem-ona-pedagogam-i-metodistam/>
3. Zykova T.V. application of Bloom presence for classification of academic results in electronics and information environment // Open education. 2025, vol. 29, no. 4, pp. 55-63. DOI: 10.21686/1818-4243-2025-4-55-63
4. Zhmakova E.I. Bloom's taxonomy as a system of educational goals in the development of competence-oriented tasks // Teaching foreign languages in a multicultural world: traditions, innovations, prospects: Collection of articles of the VI International Scientific and Practical Conference, Minsk, March 22, 2024. – Minsk: Educational Institution Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University, 2024. – P. 212-216.
5. Kuznetsova A.V., Gavrilova T. A. Systemic modification of Bloom's taxonomy for the interpretation of knowledge maps // Business management in the digital economy : seventh International Conference, St. Petersburg, March 21-22, 2024. – SPb.: Saint Petersburg State University, 2024. – P. 259-262.

6. Tarakhovsky A.Yu. Reverse engineering in technical education: how to train in-demand specialists // Mechanical engineering: innovative aspects of development: proceedings of the international scientific and practical conference. – SPb.: SRC MS, 2025. – No. 8. – P. 73-78.

Тараховский Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Цифровое проектирование»	Tarakhovsky Aleksey Yurievich – candidate of technical sciences, associate professor, head of the Department of digital design
Стреляная Юлия Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование»	Strelyanaya Yulia Olegovna – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of digital engineering
Перевай Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование»	Perevay Tatiana Anatolyevna – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of digital engineering
aytarakhovskiy@sevsu.ru	

Received 27.04.2026