

МРНТИ 14.07.01
УДК 378.147:004.946[DOI 10.53002/093](https://doi.org/10.53002/093)

Ибраева А.Е., Гуменчук О.Н.

¹*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан
(E-mail: a.ibrayeva@tttu.edu.kz, O_Gumenchuk@mail.ru)***Использование виртуальных лабораторных работ в подготовке студентов инженерных направлений**

Данная статья посвящена педагогическим и методическим аспектам использования виртуальных лабораторных работ в инженерном образовании в условиях цифровизации. Рассматриваются дидактические преимущества виртуальных лабораторий, такие как наглядность, доступность, интерактивность и возможность многократного воспроизведения эксперимента. Приведён пример виртуальной лабораторной работы «Испытание материалов на сжатие» с описанием методики моделирования, применения программного комплекса DEFORM Viewer и расчёта кривой упрочнения. Показано, что виртуальные лаборатории повышают качество подготовки студентов, способствуют формированию профессиональных компетенций, развитию аналитического мышления и навыков работы с цифровыми инструментами.

Ключевые слова: испытание на сжатие, пластические свойства, математическое моделирование, механическое испытание, DEFORM Viewer.

Введение

Современная система высшего образования переживает период активной цифровизации, в ходе которой традиционные формы обучения дополняются инновационными технологиями, основанными на моделировании и виртуализации учебного процесса. Одним из наиболее перспективных направлений является внедрение виртуальных лабораторных работ, позволяющих моделировать реальные физические и технологические процессы в цифровой среде.

Переход к цифровым образовательным технологиям продиктован необходимостью обеспечения качества обучения при ограниченных материальных и временных ресурсах. Особенно это актуально для инженерных направлений подготовки, где проведение реальных лабораторных экспериментов требует сложного оборудования, расходных материалов и соблюдения правил техники безопасности. Виртуальные лаборатории позволяют решить эти проблемы, предоставляя студентам возможность выполнять эксперименты в интерактивной и безопасной форме, при этом сохраняя научную достоверность результатов.

Цель данной статьи — рассмотреть педагогические и методические аспекты использования виртуальных лабораторных работ в инженерном образовании, проанализировать их дидактический потенциал и представить пример лабораторной работы «Испытание материалов на сжатие» как эффективного инструмента формирования профессиональных компетенций.

Педагогическая сущность виртуальных лабораторных работ

Педагогика высшей школы рассматривает лабораторные занятия как одну из основных форм практического обучения, направленную на закрепление теоретических знаний и развитие исследовательских умений. В условиях цифровой трансформации образования их логическим продолжением стали виртуальные лаборатории, сочетающие в себе элементы теоретического моделирования, аналитической деятельности и самостоятельного поиска решений.

С точки зрения дидактики, виртуальные лабораторные комплексы реализуют сразу несколько принципов обучения:

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

- 1) наглядность – за счёт визуализации сложных физических процессов;
- 2) доступность – возможность работы без ограничений времени и пространства;
- 3) активность и самостоятельность – студент сам управляет процессом, анализирует и интерпретирует результаты;
- 4) интеграция теории и практики – теоретические знания сразу применяются в имитационной деятельности.

Использование виртуальных лабораторий способствует формированию компетентного подхода, когда обучение направлено не только на усвоение знаний, но и на развитие профессиональных умений, аналитического мышления, способности принимать решения на основе экспериментальных данных.

Для выполнения виртуальной лабораторной работы используется персональный компьютер или ноутбук с операционной системой Windows 7, 8, 8.1 или 10 (64-разрядная).

Минимальные технические требования включают:

- не менее 4 ГБ оперативной памяти;
- процессор не ниже уровня Intel Core2Duo;
- свободное пространство на диске не менее 4 ГБ.

В лабораторной работе применяется специализированный программный комплекс DEFORM Viewer v13.0, предназначенный для визуализации процессов пластического деформирования.

Работа выполняется с использованием трёх модулей:

1. проекционного модуля;
2. базы данных лабораторной работы;
3. модуля расчёта кривой упрочнения.

Программный продукт обеспечивает возможность поэтапного моделирования испытания материала на сжатие с фиксацией результатов каждого шага и последующим построением графических зависимостей.

Методика проведения виртуального эксперимента

Сжатие является одним из основных видов механических испытаний материалов для определения их прочностных и пластических свойств. Для испытания используются стандартные образцы определенной формы и размеров, регламентированные различными ГОСТами. В данной лабораторной работе будет использоваться цилиндрический образец с диаметром рабочей части 20 мм и длиной 40 мм, определенной по приложению А в соответствии с ГОСТ 25.503-97 - Метод испытания на сжатие для алюминия (образец 3го типа).

Суть испытания на сжатие сводится к следующему. Образец устанавливается на нижнюю плоскую плиту испытательной машины, после чего верхней плоской плите сообщается движение. По мере сжатия образца на его боковой поверхности начинает образовываться утолщение утонение (бочка), при этом также растет диаметр образца в зоне контакта с плитами.

Целью данной работы является построение кривой упрочнения и определение предела текучести испытуемого материала. Кривая упрочнения представляет собой зависимость σ (напряжение течения) – ε (логарифмическая деформация). После ее построения имеется возможность найти предел текучести визуально.

Логарифмическая деформация определяется по формуле:

$$\varepsilon = \ln \left(\frac{h_0}{h_k} \right),$$

где: h_k - длина образца после сжатия;

h_0 - исходная длина образца.

Напряжение течения определяется по формуле:

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

$$\sigma = \frac{F}{A_k},$$

где: A_k – площадь поперечного сечения образца после сжатия;
 F – усилие сжатия, Н.

Усилие сжатия определяется из кривой усилия, получаемой в модели. Площадь поперечного сечения образца после сжатия находится по формуле:

$$A_k = \frac{\pi d_k^2}{4},$$

где d_k – средний диаметр поперечного сечения образца после сжатия, определяемый как среднее арифметическое между диаметром образца в зоне бочки d_{max} и диаметром образца в зоне торца на контакте с плитой d_t .

Ход выполнения лабораторной работы

Процесс моделирования включает 30 шагов, каждый из которых соответствует уменьшению высоты образца на 1 мм. Для каждого шага фиксируются геометрические параметры и усилия сжатия.

Этапы работы:

1. Установка необходимых модулей и базы данных.
2. Запуск программы DEFORM Viewer и настройка интерфейса.

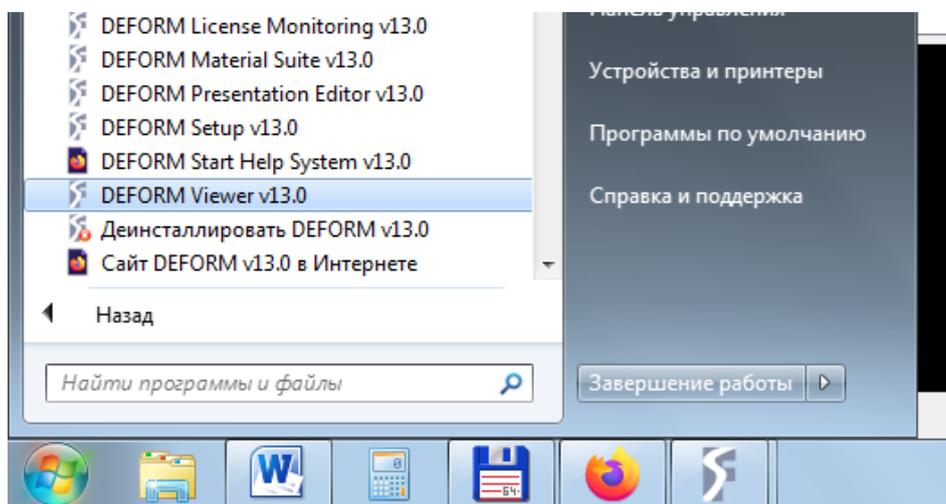


Рисунок 1 – Запуск выювера из меню Пуск

3. Включение режима отображения всех шагов моделирования.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

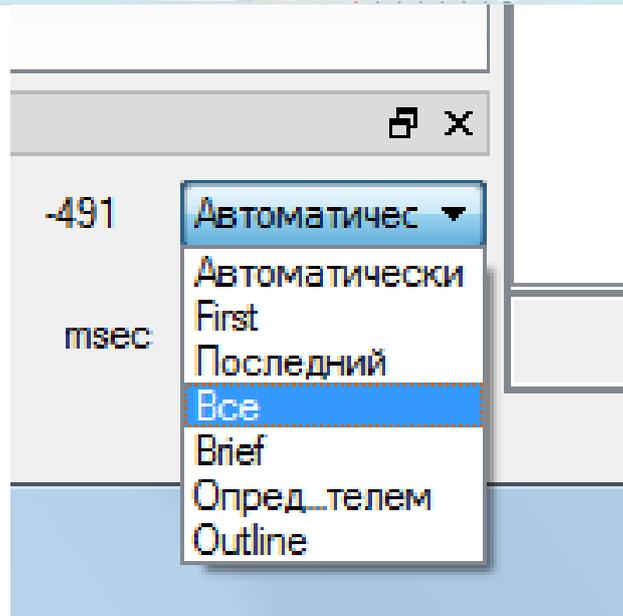
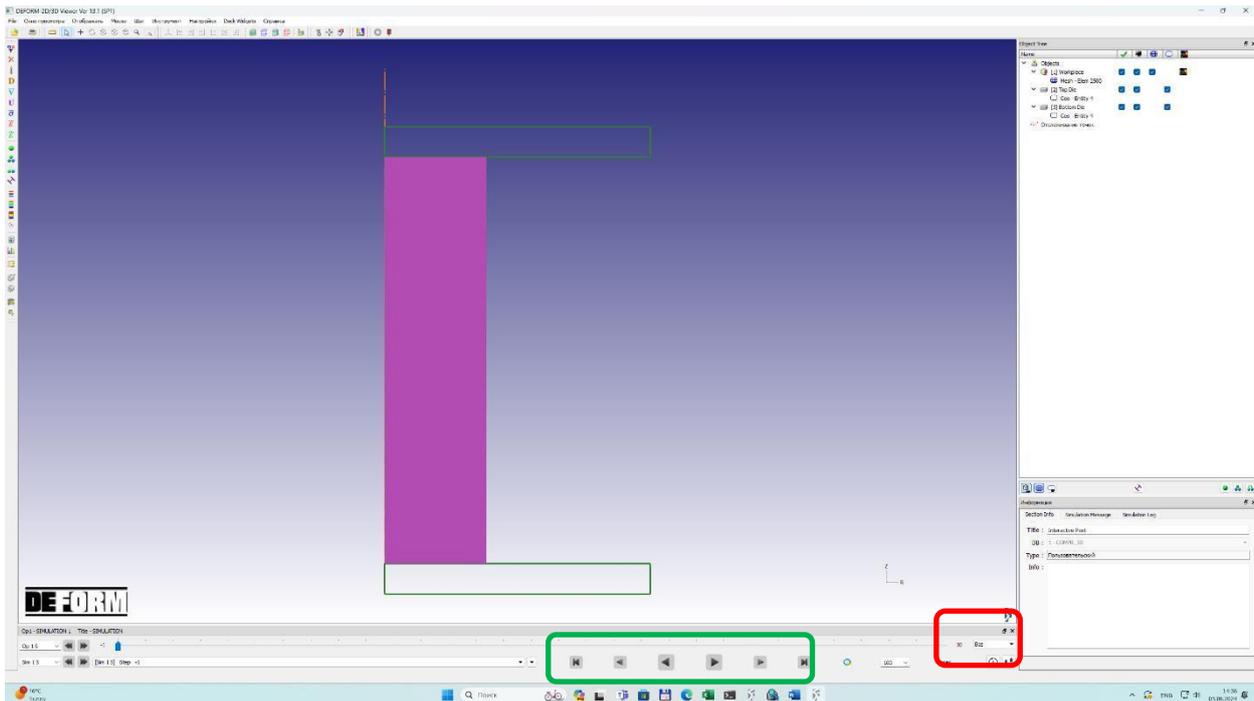


Рисунок 2 – Настройка отображения шагов модели

4. Просмотр процесса деформации образца.
5. Построение и экспорт графика «Сила – Перемещение».

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

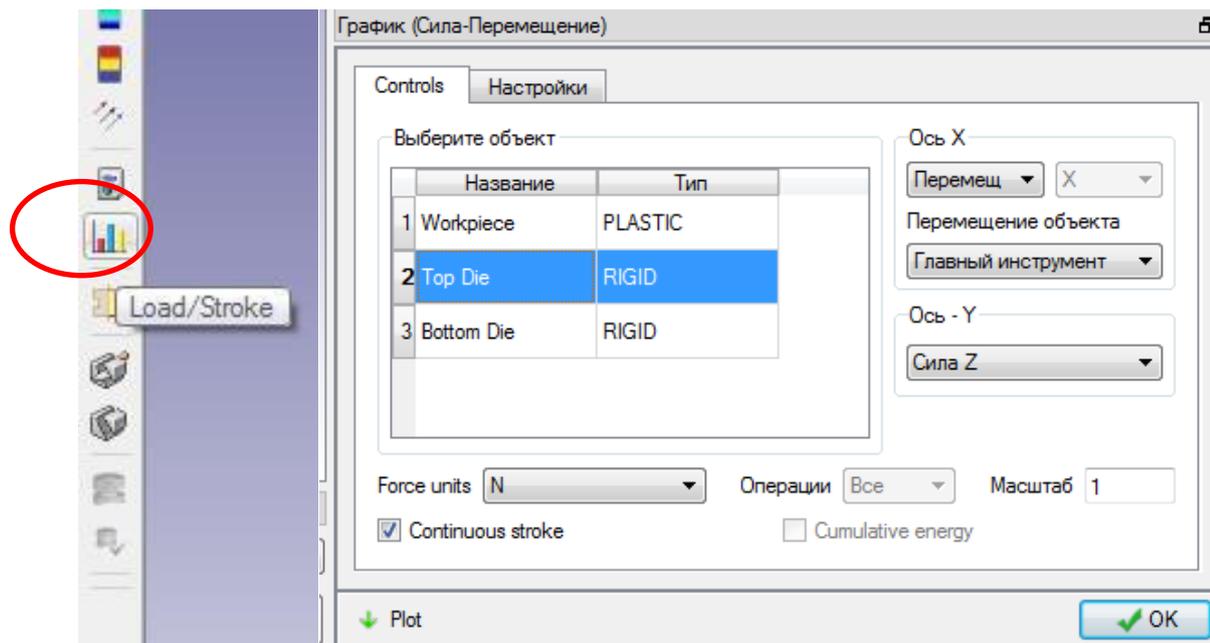


Рисунок 3 – Создание графика усилия

6. Измерение геометрических размеров (высота, диаметр в зоне бочки, диаметр в зоне торца).

Модель представляет собой осесимметричную модель, т.е. расчет ведется в $\frac{1}{2}$ диаметра заготовки. Для нахождения параметров $\sigma - \epsilon$ необходимо найти определенные геометрические размеры на каждом шаге расчета - диаметр образца в зоне бочки d_{\max} , диаметр образца в зоне торца на контакте с плитой d_t , а также h_k - длину образца после сжатия.

Для примера найдем данные параметры на 14 шаге. На модели щелкаем правой кнопкой мыши и выбираем «Показать размеры» (рисунок 4а). В результате на заготовке появятся два размера $X = 12,6782$ (R_{\max}) и $Y = 26,0002$ (h_k) (рисунок 4б). Для нахождения R_t на панели сверху выбираем линейку (Measurement Tool) и выделяем длину горизонтальной зоны заготовки на верхней грани (11,3138) (рисунок 4в). Записываем полученные данные в соответствующие столбцы модуля расчета, которые выделены цветами.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

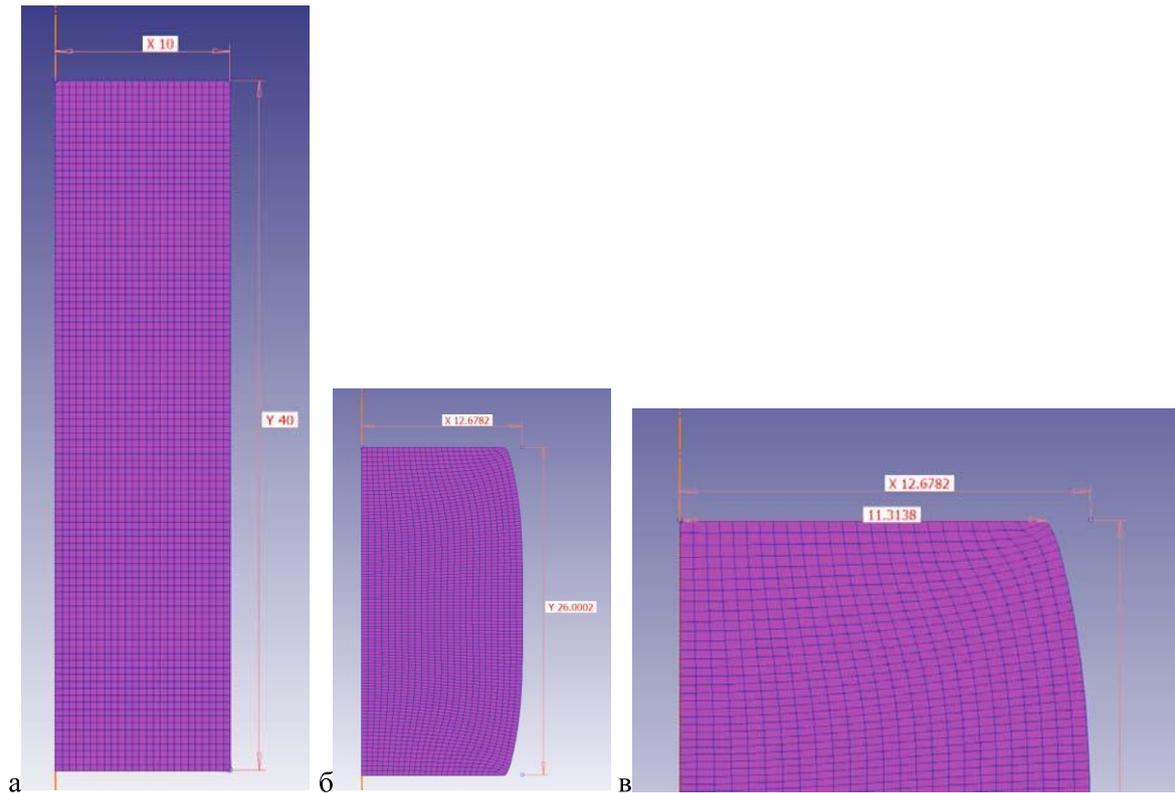


Рисунок 4 – Геометрические размеры для расчета

Результаты исследования

После ввода всех геометрических размеров и значения усилия, для данного шага будут автоматически рассчитаны показатели $\sigma - \epsilon$ (рисунок 5), после заполнения данных для всех шагов справа будет построена кривая упрочнения алюминия AL1100, по которому будет возможно найти величину предела текучести.

h0, mm	hk, mm	eps	шаг	F, N	R_max, mm	d_max, mm	R_t, mm	d_t, mm	dk, mm	Ak, mm ²	sigma
40		#ДЕЛ/0!	0			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	1			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	2			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	3			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	4			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	5			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	6			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	7			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	8			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	9			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	10			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	11			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	12			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	13			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40	26,0002	0,43078	14	45665,4	12,6782	25,3564	11,3138	22,6276	23,992	452,088	101,01
40		#ДЕЛ/0!	15			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	16			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	17			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!
40		#ДЕЛ/0!	18			0		0	0	0	#ДЕЛ/0!

Рисунок 5 – Ввод данных в модуль расчета

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Таким образом, студент не только осваивает методику механических испытаний, но и учится работать с инженерными программами, выполнять математическую обработку данных и анализировать результаты.

Заключение

Виртуальные лаборатории в педагогическом процессе решают ряд дидактических задач:

1. повышение мотивации обучающихся за счёт интерактивности;
2. формирование практических навыков в условиях безопасной среды;
3. развитие аналитического и критического мышления;
4. реализация принципа наглядности и доступности знаний.

С педагогической точки зрения, подобная форма работы способствует переходу от пассивного восприятия информации к активной деятельности обучающегося. Преподаватель при этом выступает не как источник знаний, а как тьютор, направляющий процесс самостоятельного поиска решения.

Кроме того, использование таких виртуальных лабораторий согласуется с компетентным подходом, требующим формирования у студентов не только знаний, но и практических умений, готовности применять их в профессиональной деятельности.

Результаты внедрения виртуальных лабораторий в учебный процесс показывают:

1. сокращение времени на подготовку к эксперименту;
2. возможность неоднократного повторения опыта для закрепления материала;
3. развитие навыков самообучения и работы с цифровыми инструментами;
4. повышение уровня усвоения теоретических знаний за счёт визуализации физических процессов.

Таким образом, виртуальные лабораторные работы можно рассматривать как инновационную форму интеграции теории и практики в системе высшего инженерного образования.

Список литературы

1. ГОСТ 25.503–97. Расчёт и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие. — Введ. 1999-07-01. — М.: Издательство стандартов, 1999.
2. Goodno B. J., Gere J. M. Mechanics of Materials. 9th ed. — Cengage Learning, 2021. — 1188 с. — ISBN 978-0-357-37785-7.
3. Реут Л. Е. Курс лекций и практических занятий по дисциплине «Механика материалов. Растяжение–сжатие»: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей. — Минск: БНТУ, 2011. — 148 с.
4. Каргин В. Р., Гречников Ф. В., Шляпугин А. Г. Моделирование процессов ОМД: учебное пособие. — Самара: СГАУ им. С. П. Королёва, 2013. — 736 с.
5. Андреева Г. М. Педагогика высшей школы: инновационные технологии обучения. — М.: Академия, 2019. — 256 с.
6. Пидкасистый П. И. Педагогика и психология высшей школы. — М.: Юрайт, 2020. — 312 с.

Ибраева А.Е., Гуменчук О.Н.

Инженерлік бағыттағы студенттерді дайындауда виртуалды зертханалық жұмыстарды пайдалану

Бұл мақала цифрландыру жағдайында инженерлік білім беруде виртуалды зертханалық жұмыстарды қолданудың педагогикалық және әдістемелік аспектілеріне арналған. Виртуалды зертханалардың көрнекілік, қолжетімділік, интерактивтілік және экспериментті бірнеше рет қайталау мүмкіндігі сияқты дидактикалық артықшылықтары қарастырылады. «Материалдарды сығуға сынау» виртуалды зертханалық жұмысының үлгісі келтіріліп, модельдеу әдістемесі, DEFORM Viewer бағдарламалық кешенін қолдану және беріктену кисығын есептеу процесі сипатталады. Виртуалды зертханалар студенттердің кәсіби құзыреттерін қалыптастыруға,

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

аналитикалық ойлауын дамытуға және цифрлық құралдармен жұмыс істеу дағдыларын жетілдіруге ықпал етіп, білім сапасын арттыратыны көрсетілген.

Кілт сөздер: сығуға сынау, пластикалық қасиеттер, математикалық модельдеу, механикалық сынақ, DEFORM Viewer.

Ibraeva A.E., Gumenchuk O.N.

The use of virtual laboratory work in the preparation of engineering students

This article is devoted to the pedagogical and methodological aspects of the use of virtual laboratory work in engineering education in the context of digitalization. The didactic advantages of virtual laboratories are considered, such as visibility, accessibility, interactivity and the possibility of repeated reproduction of the experiment. An example of a virtual laboratory work "Compression testing of materials" is given with a description of the modeling methodology, the use of the DEFORM Viewer software package and the calculation of the hardening curve. It is shown that virtual laboratories improve the quality of students' training, contribute to the formation of professional competencies, the development of analytical thinking and skills in working with digital tools.

Keywords: compression test, plastic properties, mathematical modeling, mechanical testing, DEFORM Viewer.

Refereces

1. GOST 25.503–97. Raschjot i ispytaniya na prochnost'. Metody mekhanicheskikh ispytaniy metallov. Metod ispytaniya na szhatie. — Vved. 1999-07-01. — M.: Izdatel'stvo standartov, 1999.
2. Goodno B. J., Gere J. M. Mechanics of Materials. 9th ed. — Cengage Learning, 2021. — 1188 s. — ISBN 978-0-357-37785-7.
3. Reut L. E. Kurs lektsij i prakticheskikh zanjatij po distsipline «Mekhanika materialov. Rastjazhenie–szhatie»: uchebno-metodicheskoe posobie dlja studentov mashinostroitel'nykh spetsial'nostej. — Minsk: BNTU, 2011. — 148 s.
4. Kargin V. R., Grechnikov F. V., Shljapugin A. G. Modelirovanie protsessov OMD: uchebnoe posobie. — Samara: SGAU im. S. P. Koroljova, 2013. — 736 s.
5. Andreeva G. M. Pedagogika vysshej shkoly: innovatsionnye tekhnologii obuchenija. — M.: Akademija, 2019. — 256 s.
6. Pidkastyj P. I. Pedagogika i psikhologija vysshej shkoly. — M.: Jurajt, 2020. — 312 s.