

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 15.00.00 «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

*Иванова Г.В., Полонский В.Л., Тарасенко Е.А., Ван Хаоюй, Тупиков А.М.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: информационные технологии, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, теплостойкость, аддитивное производство.

Аннотация. В работе представлен опыт использования информационных технологий в обучении студентов направления 15.00.00 «Машиностроение», результаты проектирования передач, расчет напряженно-деформированного состояния, теплостойкости деталей устройств, применение технологии аддитивного производства для изготовления деталей насосного, подъемно-транспортного оборудования, механических передач.

USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN TRAINING STUDENTS OF THE DIRECTION 15.00.00 "MECHANICAL ENGINEERING"

*Ivanova G.V., Polonsky V.L., Tarasenko E.A., Wang Haoyu, Tupikov A.M.
Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg*

Keywords: information technology, finite element method, stress-strain state, heat resistance, additive manufacturing.

Abstract. The paper presents the experience of using information technology in teaching students of mechanical engineering specialties (profile, direction), the results of gear design, calculation of the stress-strain state, heat resistance of device parts, the use of additive manufacturing technology for the manufacture of parts for pumping, handling equipment, and mechanical gears.

Информационные технологии проникают во все сферы деятельности человека, отрасли производства и образуют глобальное информационное пространство, в котором неотъемлемой частью является информатизация образования.

Студенты «Института машиностроения, материалов и транспорта» СПбПУ в течение всего периода обучения успешно осваивают методы моделирования, расчета, проектирования, изготовления деталей, экспериментальных исследований, обработки полученных данных с использованием современных информационных технологий.

Согласно рабочим программам дисциплины «Детали машин и основы конструирования» студенты выполняют проектирование механических передач. При выполнении на втором курсе задания «Проектировании передачи винт-гайка» проводится оптимизация геометрических параметров передачи удовлетворяющим условиям прочности и устойчивости винта в программе «Mathcad». Чертеж устройства (бутылочный домкрат, распорный домкрат, съемник, пресс одностоечный, пресс двухстоечный, струбцина) выполняется в системах автоматизированного проектирования SolidWorks и «Компас-3D». В курсовом проекте на 3 курсе «Проектирование силового привода» с помощью

программы MADE, разработанной на кафедре «Детали машин и основы конструирования», проводится оптимизация передач привода по массе. Чертежи двух видов двухступенчатого редуктора и общего вида привода выполняются в программе, «Компас-3D», SolidWorks. На рисунке 1 представлены интерфейс результатов расчета зубчатой передачи и чертеж редуктора (рис. 1,а,б) [1].

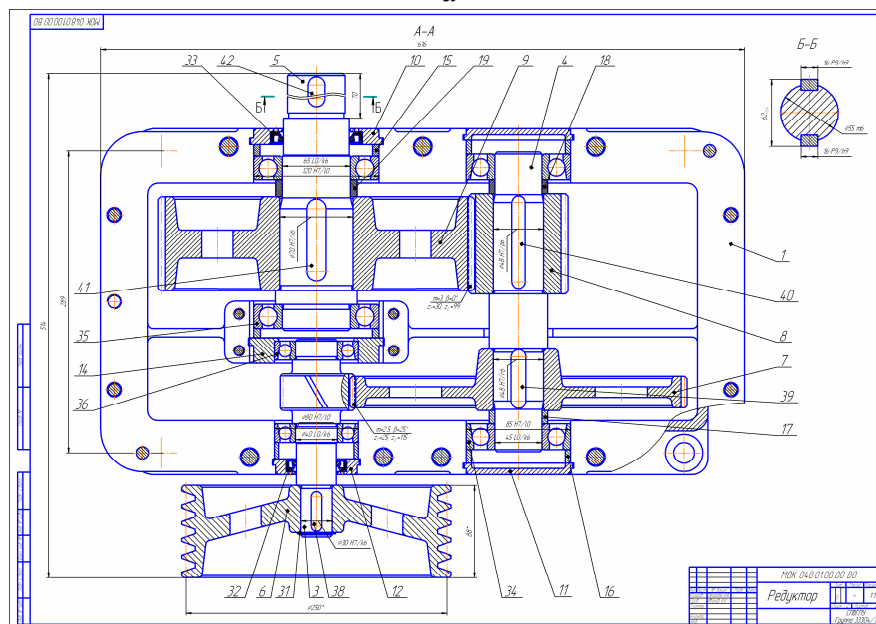
ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ б.ход.вала	50.0 об./мин.	РЕСУРС ПЕРЕДАЧИ	10000 ч
ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ на б.ход.валу	120.0 Н*м	ПЕРЕДАЧА	реверсивная
РЕЖИМ НАГРУЖЕНИЯ	типовая циклограмма нагружения N10	КОЭФ.ПЕРЕГР.	2.00
ШЕСТЕРНЯ: прокат сталь	40X ТО улучшение	ТВЕРДОСТЬ	320 НВ
КОЛЕСО: прокат сталь	40X ТО улучшение	ТВЕРДОСТЬ	290 НВ
СХЕМА ПЕРЕДАЧИ	3	СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	8
МОДУЛЬ	2.000 мм	МЕЖОСЕВОЕ РАССТОЯНИЕ	104.000 мм
ЧИСЛО ЗУБЬЕВ: шестерни	25	колеса	76
УГОЛ НАКЛОНА ЗУБЬЕВ [град.мин.сек.]	13 47 43	ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	3.04
КОЭФФИЦИЕНТ СМЕЩЕНИЯ: шестерни	0.000	колеса	0.000
СУММАРНЫЙ	0.000		
ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА [мм]: шестерни	45.0	колеса	41.0
ОТНОСИТ. ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА: в долях d1	0.796	в долях aw	0.394
КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕКРЫТИЯ: торцового	1.64	осевого	1.56
СУММАРНЫЙ	3.20		
СИЛЫ В ЗАЦЕПЛЕНИИ [Н]: окружная	4662	радиальная	1747
ОСЕВАЯ	1145		
ДИАМЕТР ШЕСТЕРНИ [мм]: делительный	51.485	вершин	55.49
ВПАДИН	46.49		
ДИАМЕТР КОЛЕСА [мм]: делительный	156.515	вершин	160.51
ВПАДИН	151.51		
УСЛОВНЫЙ ОБЪЕМ КОЛЕС	646 куб.см	ОКРУЖНАЯ СКОРОСТЬ	0.13 м/с

НАПРЯЖЕНИЯ [МПа]	при расчете на контактную выносливость		при расчете на изгибную выносливость	
	прочность	прочность	шестер. колесо	шестер. колесо
расчетные	646	913	141	129
допускаемые	655	1540	199	180

КОЭФ-ТЫ:нагрузки Kh 1.09 Kf 1.26 долговечн.Zn 1.13 1.30 Yn 1.00 1.00

а



б

Рис. 1. а) интерфейс программы расчета MADE; б) чертеж соосного цилиндрического редуктора

В дисциплине «Вычислительная механика» студенты осваивают метод конечных элементов и программы для расчета конструкций этим методом. Полученные навыки работы в «Компас-3D», Ansys, SolidWorks, Abaqus, GeoPro, Cuga, студенты применяют в научно-исследовательской работе, при выполнении дипломных проектов бакалавров и магистров для анализа напряженно-деформированного состояния деталей и установок, теплостойкости, виброустойчивости, долговечности конструкций [2-4]. Ниже представлены результаты анализа напряженно-деформированного состояния конструкций: на рисунке 2 – мембраны, выполненные с использованием программы Abaqus, на

рисунке 3,а,б – крюк подвески, выполненный в инженерной программе Ansys, на рисунке 4 – барабан сортировочного устройства, на рисунке 5 – диска муфты трения [5], на рисунке 6 – редуктор цилиндрический, сборка и создание моделей проводились в SolidWorks, а стандартные изделия импортировались из библиотек «Компас-3D».

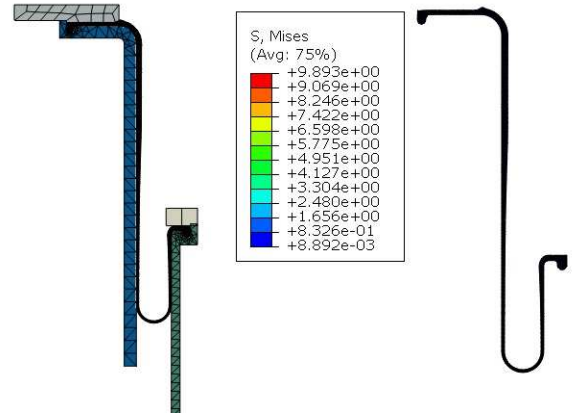


Рис. 2. Модель деформированной мембраны и разрушающие напряжения фон Мизеса после подачи давления

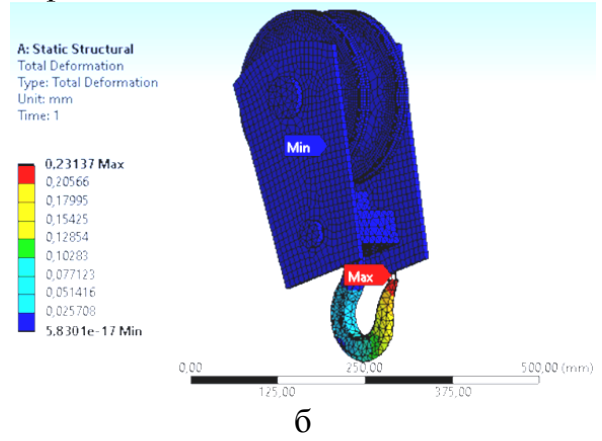
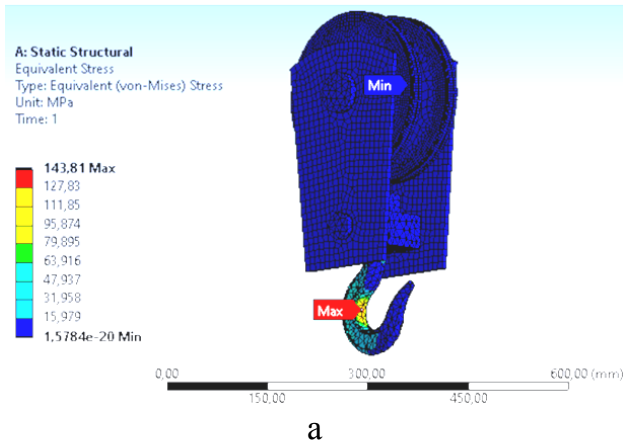


Рис.3. Напряженно-деформированное состояние крюка: а) эквивалентные напряжения; б) полная деформация крюка

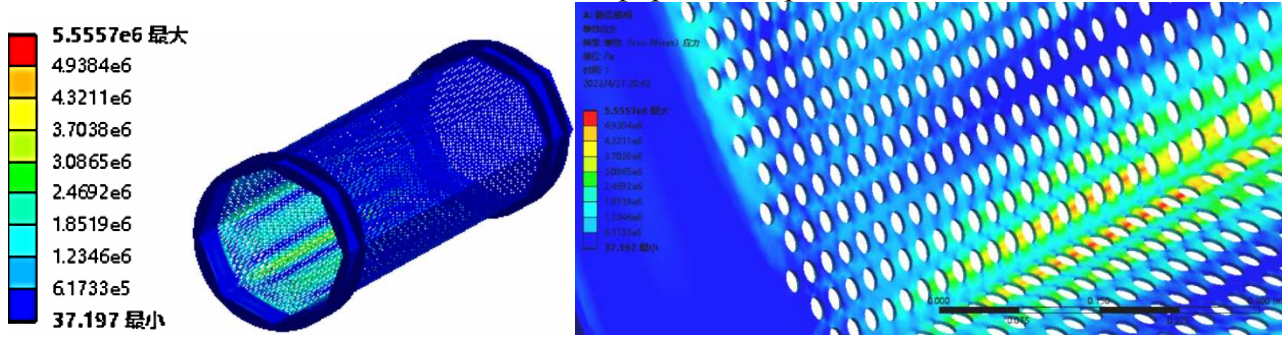


Рис. 4. Барабан сортировочного устройства

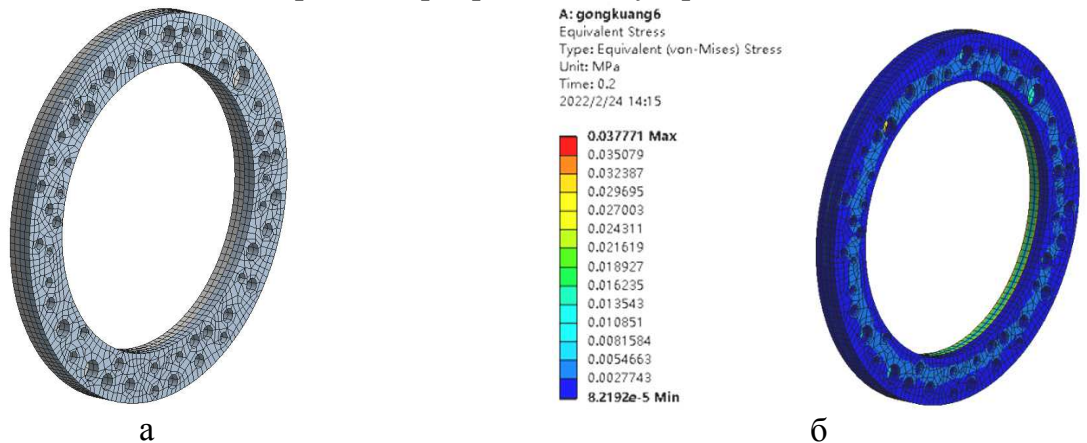


Рис. 4. Диск фрикционной муфты: а) форма диска с отверстиями; б) расчет эквивалентных напряжений

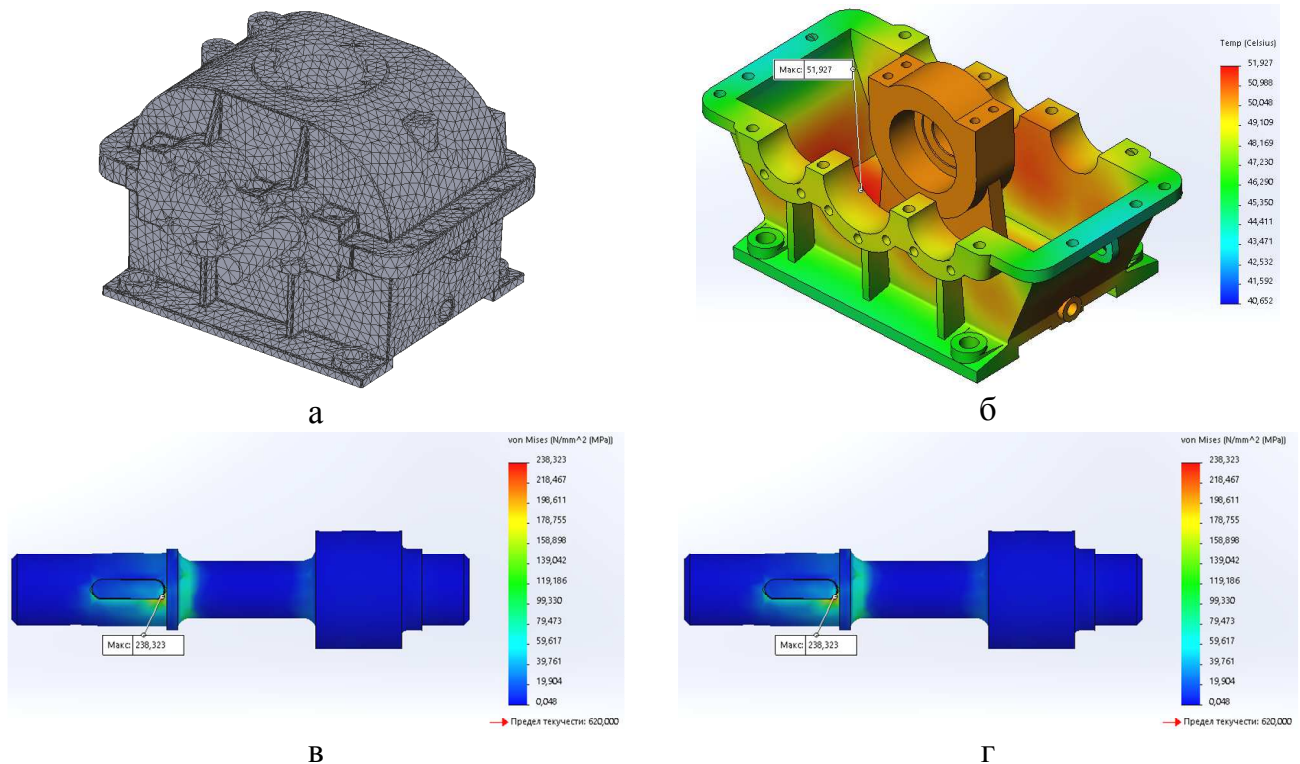


Рис. 6. Редуктор цилиндрический двухступенчатый: а) сетчатая модель; б) эпюры распределения температур корпуса редуктора; в) эквивалентные напряжения вала; г) перемещения вала

Студенты, обучающиеся по программам бакалавриата и магистратуры, аспиранты активно используют аддитивные технологии для изготовления спроектированных деталей установок. 3D печать деталей и образцов для испытаний методом послойной наплавки FDM осуществляется на базе лаборатории МНОЦ «BaltTribo-Polytechnic» ФГАОУ ВО «СПбПУ». На рисунке 7 показаны изделия, полученный 3D печатью: а) колесо насоса, б) домкрат, в) пресс, г) струбцина, г) редуктор цилиндрический, д) образец для испытаний.

Трибологические испытания полученных образцов из полимерных материалов (рис. 7,е, рис. 8,а) проводится в Лаборатории МНОЦ «Трибополитехник» на машинах трения МЦ-2, PVD-40, исследования образцов осуществляется гравитационным и оптическим методами (рис. 8,б).

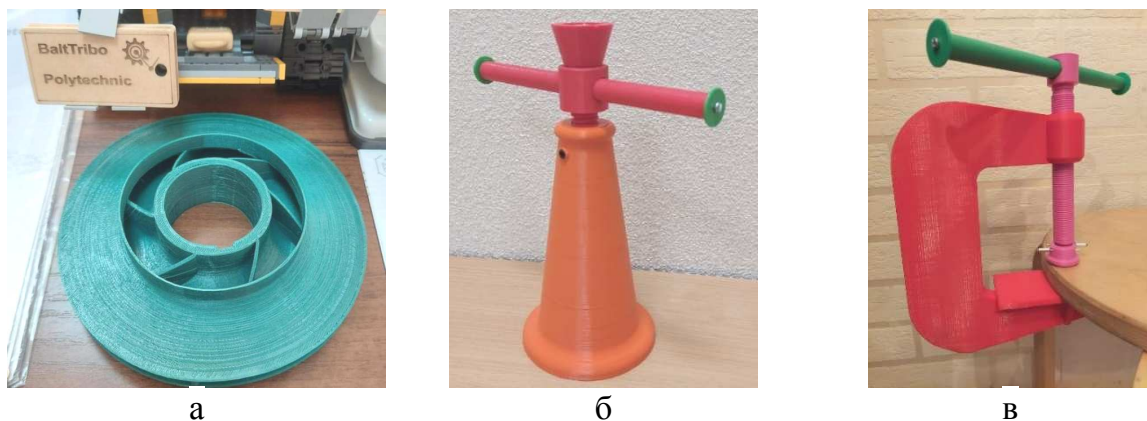


Рис. 7. Изделия 3D печати: а) колесо насоса, б) домкрат, в) пресс



Рис. 7. Изделия 3D печати: г) струбцина, д) редуктор цилиндрический, е) образцы для испытаний

Лабораторные испытания образцов на гидроэрозионный износ проводятся на базе НТК «Новые технологии и материалы» СПбПУ Петра Великого (рис. 8,в). Исследования образцов после испытаний проводится гравитационным методом.

Обработка полученных данных, после испытаний на машине трения PVD-40, проводится в программе Excel (рис. 9).

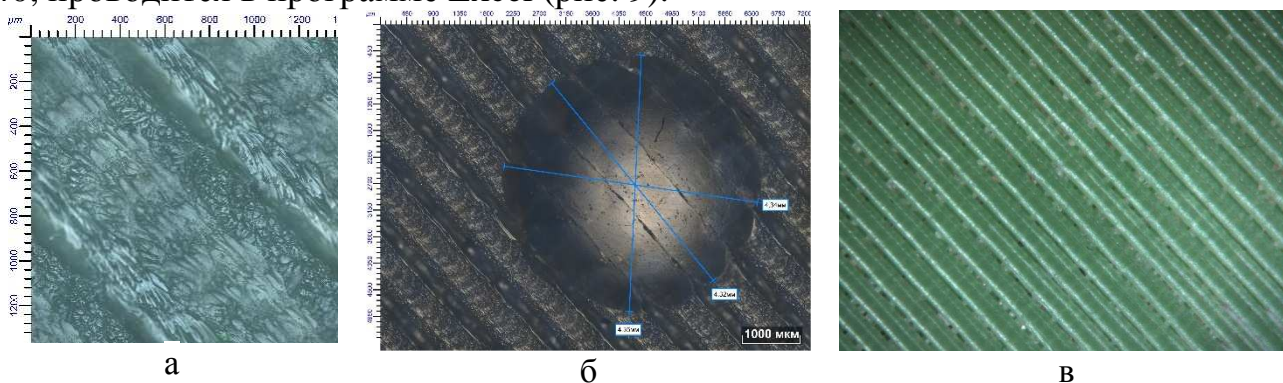


Рис. 8. Образец из полимерных материалов: а) поверхность образца до испытания, б) после испытаний на установке PVD-40; в) после испытаний на гидроэрозионной установке

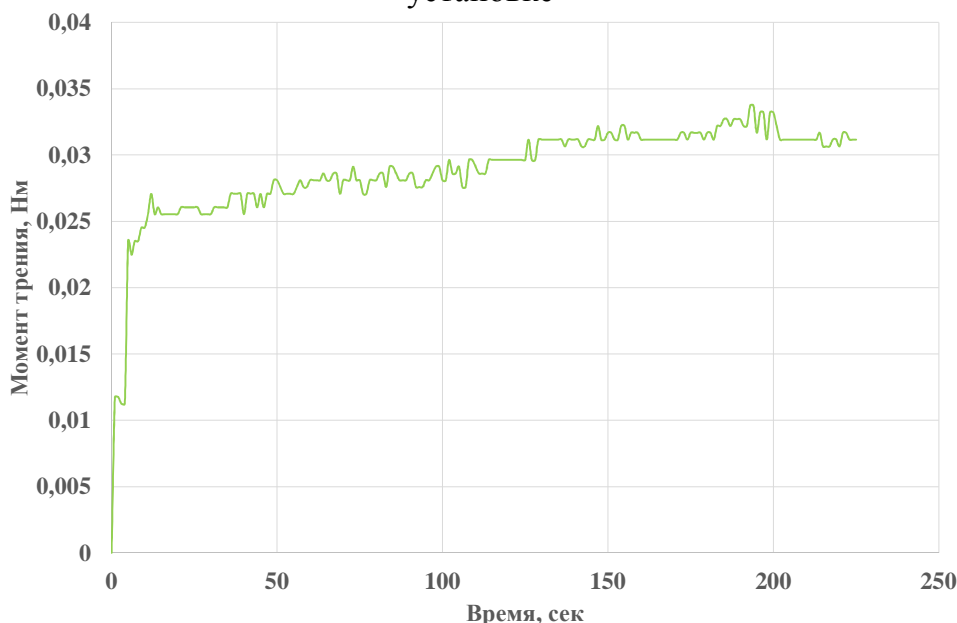


Рис. 9. График момента трения полимерного образца на машине трения PVD-40

Таким образом, обучение и освоение студентами современных информационных технологий, начиная с первого курса до выпускной квалификационной работы ведется планомерно, повышает качество образования, уровень выпускаемых специалистов для различных отраслей промышленности.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда по приоритетному направлению деятельности Российского научного фонда «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» научного проекта: "Применение цифрового моделирования и больших данных для повышения эффективности механической обработки титановых лопаток паровых турбин и их эксплуатации в условиях каплеударной эрозии № 22-19-00178.

Список литературы

1. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: учебник для академического бакалавриата – 15-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 408 с.
2. Андреев В.Б. Лекции по методу конечных элементов: Учебное пособие. – М.: Изд. отдел факультета ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2010. – 2-е изд., испр. и доп. – 264 с.
3. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 441 с.
4. Зленко М.А., Попович А.А. Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: учеб. пособие. – СПб.: СПбПУ, 2013. – 222с.
5. Бреки А.Д., Иванова Г.В., Ли Цзе, Полонский В.Л., Тарасенко Е.А., Цветкова Г.В. Исследование рабочих поверхностей дисков фрикционных муфт // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №17-1. – С. 128-134.

Сведения об авторах:

Иванова Галина Валерьевна – старший научный сотрудник МНОЦ «BaltTribo Polytechnic» Института машиностроения, материалов и транспорта;

Полонский Владимир Львович – к.т.н., доцент Высшей школы машиностроения Института машиностроения, материалов и транспорта;

Тарасенко Елена Александровна – к.т.н., доцент Высшей школы машиностроения Института машиностроения, материалов и транспорта;

Ван Хаоюй – магистр Высшей школы машиностроения Института машиностроения, материалов и транспорта;

Тутиков Александр Максимович – аспирант Высшей школы машиностроения Института машиностроения, материалов и транспорта.