

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ

Иванова Г.В., Полонский В.Л., Тарасенко Е.А., Бисеров Ю.А., Смирнов А.А., Круглик Ю.А.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: аддитивное производство, аддитивные технологии, метод послойного наплавления, 3D печать, трехмерное моделирование, цилиндрический редуктор.

Аннотация. В работе рассматривается возможность отработки практических навыков в конструкторской программе SolidWorks при разработке цифровых моделей и чертежей для последующей печати с использования FDM технологии на 3D принтере. Показаны механизмы, полученные в результате обучения студентов аддитивным технологиям при проектировании и прототипировании домкрата, струбцины, съемника, пресса, двухступенчатого цилиндрического редуктора с раздвоенной быстроходной ступенью.

USING ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES IN STUDENT TRAINING

Ivanova G.V., Polonsky V.L., Tarasenko E.A., Biserov I.A., Smirnov A.A., Kruglik I.A.

Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg

Keywords: additive manufacturing, additive technologies, fusing method, 3D printing, 3D modeling, cylindrical gearbox.

Abstract. The paper considers the possibility of developing practical skills in the SolidWorks design program when developing models and drawings for their further use in FDM technology for layer-by-layer formation of a product from a molten plastic thread on a 3D printer. The installations obtained as a result of teaching students additive technologies in the design and prototyping of mechanical transmissions are shown: a jack, a clamp, a puller, a press, a two-stage spur gearbox with a bifurcated high-speed stage.

Современная экономика характеризуется внедрением и использованием технологий цифрового производства в авиа и машиностроении, архитектуре и строительстве, сельскохозяйственной промышленности, судостроении и космонавтике, медицине и фармакологии, энергетике и электронике, а также в других сферах деятельности [1, 2].

Правительством Российской Федерации принято Распоряжение от 14 июля 2021г. 1913-Р «Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации до 2030», целью которого является обеспечение объема российского рынка АТ (аддитивного оборудования и материалов для аддитивной печати, услуг и программного обеспечения) [1].

Процесс разработки новых объектов включает в себя этапы моделирования и тестирования опытных образцов с целью выявления возможностей внедрения в эксплуатацию полученных изделий. В связи с этим все более широкое применение находят аддитивные технологии, которые более известны как трехмерная печать, которая появилась в 80-е годы 20 века и разделилась на два

основных направления – создание моделей и аддитивное производство. Достоинствами аддитивных технологий являются: сокращение рабочего процесса и значительное уменьшение производственных отходов; сокращение материалов на изготовление и себестоимости изделий; вариативность и индивидуализация изделий; изготовление деталей высокой сложности; улучшенные характеристики готового изделия; быстрота и легкость обучения персонала; сотрудник, создающий модели в программе, может находиться в любой части света; точность размеров; снижение веса деталей. Однако применение технологий 3D-печати ограничивается рядом недостатков таких как, качество поверхности, наличие трещин, ограниченный размер деталей, ограниченный спектр материалов, стоимость [2].

При обучении будущему специалисту необходимо ознакомиться с новыми технологиями, материалами и технологическими процессами, применяемыми в машиностроении [3-5].

В СПбПУ при выполнении курсового проекта «Проектирование электромеханического привода двухступенчатого редуктора» по курсу «Детали машин и основы конструирования» студенты переходят от частных задач определения энергетических и кинематических параметров привода, для решения которых достаточно знаний и умений, сформированных при изучении дисциплин «Теоретическая механика» и «Сопrotивление материалов», через оценку конструктивных ограничений геометрических параметров передач к прочностному расчёту и выбору материалов зубчатых передач. На основе результатов расчёта передач осуществляется выбор наиболее рационального варианта распределения передаточных чисел двухступенчатого редуктора. Эскизное проектирование редуктора сопровождается проектировочными расчётами. При выполнении сборочного чертежа редуктора и деталей, общего вида электромеханического привода используются знания и умения, сформированные у студентов при изучении дисциплин «Начертательная геометрия», «Вычислительная механика и компьютерный мониторинг», «САПР в машиностроении» [6].

При изучении дисциплины «Проектирование и исследование деталей машин» студенты приобретают навыки разработки моделей и чертежей в конструкторских программах SolidWorks и Компас для последующей печати на 3D принтере методом FDM печати. В процессе обучения у студента необходимо сформировать системное представление о исторических предпосылках появления аддитивных технологий. Студент должен изучить информацию о машинах и оборудовании для выращивания изделий; усвоить алгоритм изготовления изделия с применением 3D принтера; приобрести навыки обработки поверхности детали, сборки сборочной единицы и оценить работоспособность механизма.

Учебная практика по аддитивным технологиям проводится на базе лаборатории МНОЦ «BaltTribo-Polytechnic» ФГАОУ ВО «СПбПУ» ИММиТ. Основной задачей практики является реализация и изготовление сборочной единицы с помощью 3D принтера. Ниже представлен результат применения аддитивной технологии в изготовлении сборочной единицы модели редуктора с цилиндрической передачей, спроектированной при помощи программного обеспечения SolidWorks.

Модель цилиндрического редуктора, спроектированного в SolidWorks, представлена на рисунке 1 и 2. Чертежи спроектированного редуктора представлены на рисунке 3 и 4. Технические характеристики редуктора представлены в таблице 1.

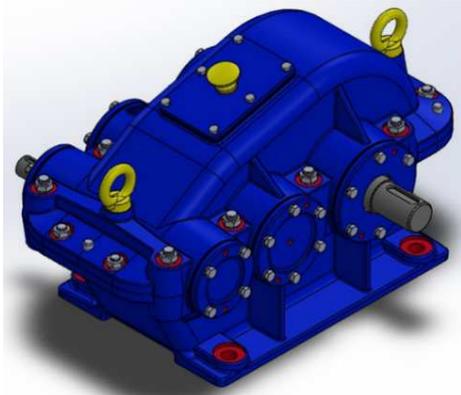


Рис. 1. Вид изометрия

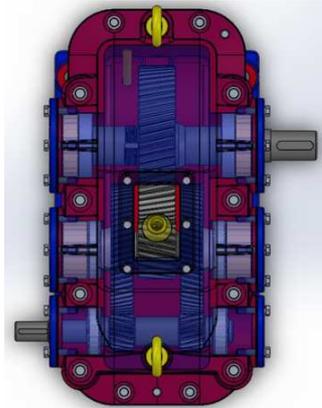


Рис. 2. Вид сверху (верхняя крышка корпуса прозрачна)

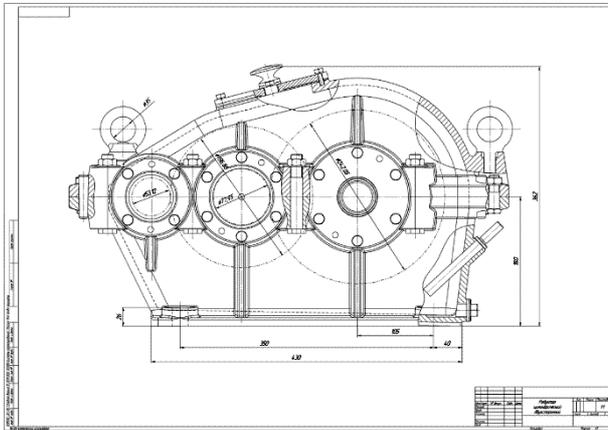


Рис. 3. Вид сбоку

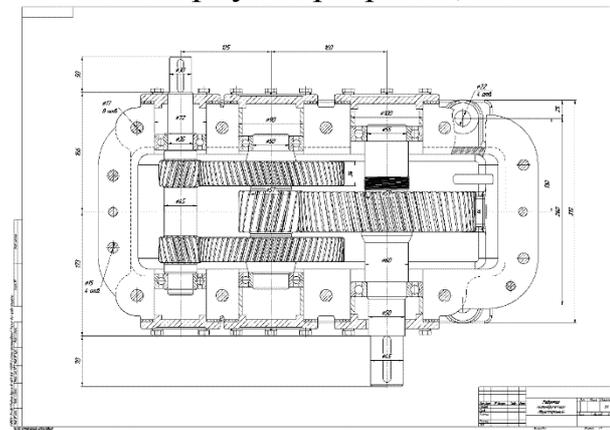


Рис. 4. Вид сверху

Табл. 1. Технические характеристики редуктора

$P_1 = 7,0 \text{ кВт};$	$u_{\text{цил1}} = 3,71;$	$u_{\text{цил2}} = 2,901;$
$n_1 = 960 \text{ мин}^{-1};$	$z_1 = 17;$	$z_1 = 19;$
$n_3 = 90,9 \text{ мин}^{-1};$	$z_2 = 63;$	$z_2 = 59;$
$u_0 = 10,74;$	$m_n = 3,0 \text{ мм};$	$m_n = 4,0 \text{ мм};$
$T_2 = 720 \text{ Н}\cdot\text{м};$	$\beta = 16^\circ 15' 37'';$	$\beta = 12^\circ 50' 19''.$
Объем масляной ванны – 4,0 л		

Печать спроектированной модели редуктора в масштабном коэффициенте составила 68% от оригинала. Для печати были взяты такие специальные материалы как PETG и PLA. Из материала PETG изготавливались детали корпуса редуктора (основание и верхняя крышка корпуса). В результате печати у деталей из материала PETG происходит усадка, поэтому напечатанная деталь имеет неточности линейных размеров. Все остальные детали редуктора (зубчатые колеса, валы, крышки, прокладки, пробка отдушина, проставочные кольца, стопорные кольца, шариковые подшипники, масло указательный щуп, штифты) печатались из материала PLA. У материала PLA усадка элементов сетки при печати намного меньше чем у PETG.

Все детали редуктора представлены на рисунке 5. В качестве крепежных элементов использовались стандартные металлические болты, гайки, шайбы. Общий вид редуктора в собранном виде показан на рисунке 6 а-г.



Рис. 5. Детали для сборки редуктора



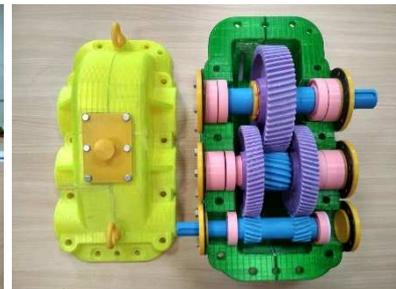
а)



б)



в)



г)

Рис. 6. Общий вид редуктора

Общий вес конструкции составил 3,5 кг. В результате сборки подтвердилась работоспособность зубчатого зацепления: при вращении быстроходного вала вращающий момент передается на тихоходный вал.

Ниже представлены модели устройств, изготовленные студентами СПбПУ, – передача «винт-гайка» съемник (рис. 7 а, б), пресс (рис. 7 в, г, д), струбцина (рис. 7 е), домкрат (рис. 7 ж, з).

Использование аддитивных производственных технологий в учебном процессе позволит студентам разрабатывать собственные проекты, совершенствовать профессиональные навыки, избежать ошибок в дальнейшей работе.

Эти занятия являются эффективной стадией обучения, во время которой студент реализует в практической разработке те теоретические знания, которые он получил при изучении теоретических основ курса.

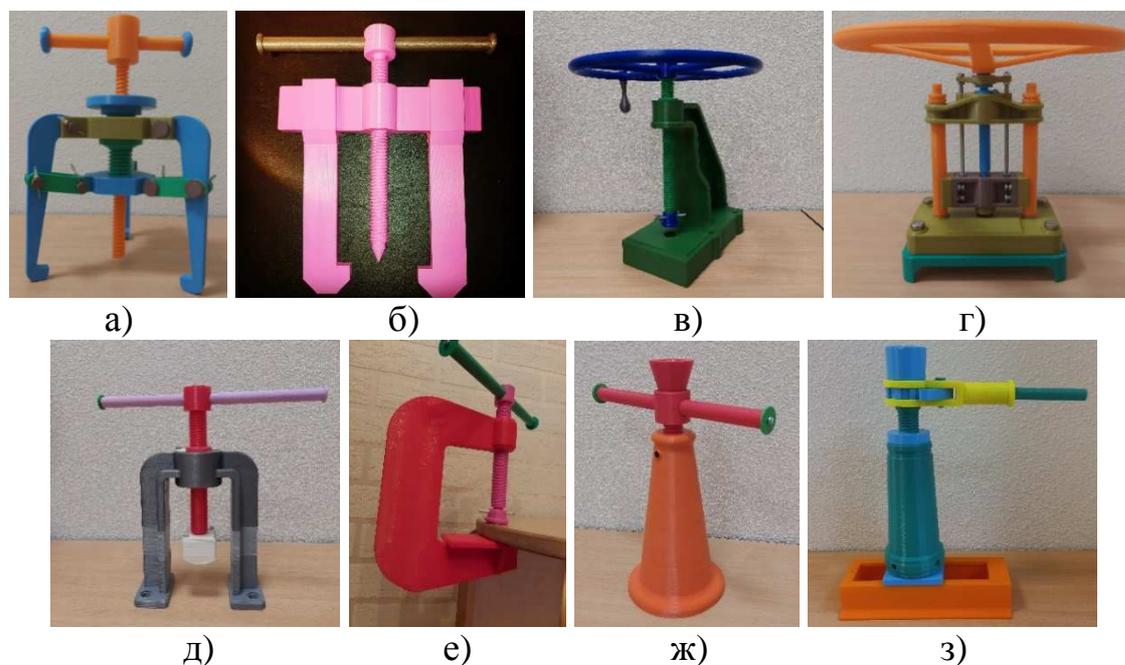


Рис. 7. Модели устройств

Созданные модели на базе лаборатории МНОЦ «BaltTribo-Polytechnic» используются в качестве демонстрационного материала на занятиях «Детали машин» и «Проектирование и исследование деталей машин».

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 14.07.2021 № 1913-р «Об утверждении Стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года» // Собрание законодательства Российской Федерации от 2021. № 30 ст.5818.25.
2. Основы материаловедения, коррозии и технологии материалов: учебное пособие / М.М. Сычев и др. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 94 с.
3. Лейбов А.М., Каменев Р.В., Осокина О.М. Применение технологий 3D-прототипирования в образовательном процессе // Современные проблемы науки и образования. 2014. №5. С. 93.
4. Аддитивные технологии: учебное пособие / М.М. Сычев и др. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2018. – 35 с.
5. Зленко М.А., Попович А.А. Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: учеб. пособие. – СПб.: СПбПУ, 2013. – 222с.
6. Детали машин и основы конструирования: учебное пособие [Электронный ресурс] / И.М. Егоров, М.В. Жавнер, В.А. Жуков и др.; под ред. В.А. Жукова. – СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. – URL: <http://elibr.spbstu.ru/dl/2/s20-22.pdf>. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/s20-22.

Сведения об авторах:

Бисеров Юрий Александрович – магистрант;

Круглик Юлия Андреевна – магистрант;

Смирнов Алексей Александрович – магистрант;

Иванова Галина Валерьевна – старший преподаватель Высшей школы машиностроения Института машиностроения, материалов и транспорта, инженер-исследователь международного научно-образовательного центра «BaltTribo-Polytechnic»;

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

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