

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК

Санкт-Петербургского
государственного университета
технологии и дизайна



Серия 1

Естественные
и технические науки

№ 2/2021

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 66.023

DOI 10.46418/2079-8199_2021_2_20

Н. П. Мидуков, В. С. Куров

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

© Н. П. Мидуков, В. С. Куров, 2021

Статья посвящена одному из новых, активно развивающихся направлений использования технологии 3D-печати в научно-технической работе студентов. Рассматривается подробно пример создания рабочего колеса центробежного насоса. Для этого использовалась современная графическая программа для 3D-моделирования, затем модель переводилась в трехмерную систему координат нанесения материала во времени. Результаты работы были использованы в учебном процессе. Кроме того, представлен материал по успешному использованию технологии 3D-печати в научно-исследовательских работах университета.

Ключевые слова: технология 3D-печати, рабочее колесо центробежного насоса, научно-техническая работа.

Введение

Технология 3D изготовления изделий широко используется в научно-технических и опытно-конструкторских работах благодаря ряду преимуществ: возможность изготавливать детали сложной формы; доступность 3D принтеров (относятся к принтерам, работающим по технологии экструзионной печати); невысокая стоимость изготовления прототипов; не большое время между идеей и созданием прототипа.

В научных исследованиях, которые проводились в Высшей Школе Технологии и Энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, 3D принтер используется с 2013 года. Технология 3D-печати использовалась в рамках научно-исследовательских работ с участием студентов. Позже технология 3D-печати стала использоваться и в учебном процессе, например, при создании макетов кожухотрубчатых теплообменников [1]. Наиболее значимая научная работа была посвящена определению режимов 3D-печати для создания герметичного корпуса [2]. 3D принтер также был полезен при изготовлении деталей лабораторных установок. Студенческие группы неоднократно планировали свою научную работу на кафедре процессов и аппаратов химической технологии с использованием 3D технологии, например, для исследования фракционного состава опилок после размола [3] либо при создании прототипа колеса центробежного насоса [4].

В своих научных работах студенты в первую очередь знакомились с существующими сегодня технологиями 3D-печати: экструзия полимерных пластиков [5]; лазерная стереолитография [6]; лазерное спекание металлического порошка [7]; 3D-печать из бумаги [8];

технология 3D-печати из гипса [9]. Затем студенты намечали план своей научно-исследовательской и учебной работы с использованием технологии экструзионной печати, так как на кафедре имеются 3D принтеры, работающие по этой технологии. Последним примером успешного использования технологии 3D-печати являлось получение деталей сложной формы на примере расчета, проектирования и изготовления рабочего колеса центробежного насоса. Для этого были рассчитаны основные параметры рабочего колеса центробежного насоса; проведено проектирование 3D-формы и по модели было изготовлено на 3D принтере.

Материалы и методы исследования

Колесо центробежного насоса обладает сложной формой, широко применяется в насосах, работающих в различных областях промышленности, и используется для организации процесса перекачивания жидкости [10]. Параметры рабочего колеса насоса рассчитывались согласно установленным в литературе зависимостям [11]. Проектирование колеса центробежного насоса осуществлялось в несколько стадий: создание области поперечного среза верхнего и нижнего дисков рабочего колеса центробежного насоса в двухмерной проекции (команды «линия», «полилиния», «область», «обрезка», «удлинение», «зеркало», «разворот», «перемещение»); команды для определения размеров и работы со слоями; получение 3D модели деталей путем выдавливания и вращения ранее спроектированной области (команды «выдавить», «вращать», «вычитание», «объединение», «3D зеркало», «перемещение»); экспорт 3D модели в формат «.stl» с помощью команды «экспорт». После проектирования 3D модель рабочего колеса центробеж-

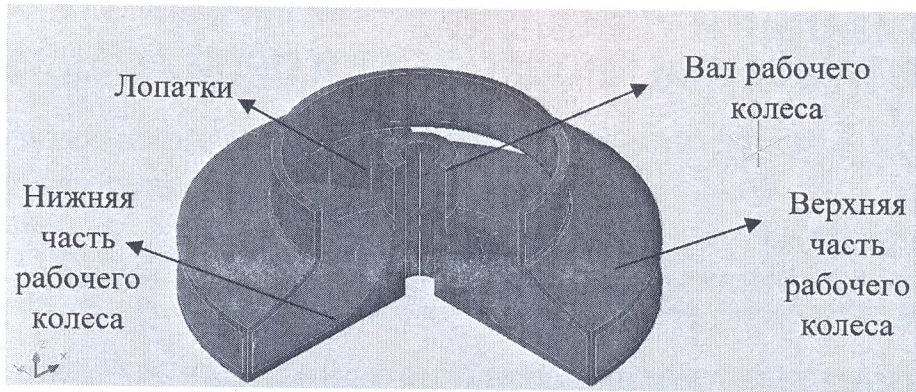


Рис. 1. 3D модель колеса центробежного насоса

ного насоса была переведена в координаты (время, x , y , z) с помощью программы «Replicator G0040» [12]. Детали изготавливались из PLA пластика на 3D принтере «MEGABOT Dual Kit», характеристики которого представлены в работе [13].

В соответствии с вычисленными размерами была спроектирована 3D модель рабочего колеса центробежного насоса (рис. 1).

Следует отметить, что особенность 3D-печати заключается в том, что изделия изготавливаются от нижнего слоя к верхнему. При этом в деталях сложной формы присутствуют области, которые фактически должны быть напечатаны «на пустом месте». Специалисты по 3D-печати используют разные приемы для решения этой проблемы: изготавливается подложка, на которую затем наносится тело детали, либо деталь делится на несколько частей. В первом варианте расходуется много пластика и получается шероховатая поверхность, поэтому печать осуществлялась по второму варианту.

Для получения качественных деталей к 3D модели были дополнительно добавлены цилиндрические элементы небольшого диаметра по периметру каждой детали (рис. 2), что позволило избежать деформации изделия при охлаждении выходящего из экструдера пластика.

Кодировка деталей была выполнена в программе «Replicator G0040». Этот этап является очень важным, так как в последующем определяет качество изготавливаемой детали. «Replicator G0040» позволяет задать следующие параметры: наличие или отсутствие подложки; коэффициент заполнения; толщина слоя; число пограничных слоев; скорость подачи пластика; температура плавления пластика.

Параметры 3D-печати зависят от назначения изготавливаемой детали. В данном случае для учебного процесса достаточно макета рабочего колеса центробежного насоса, который предназначен для визуализации результатов расчета и проектирования, поэтому высоких требований к прочности детали не было. Низкий

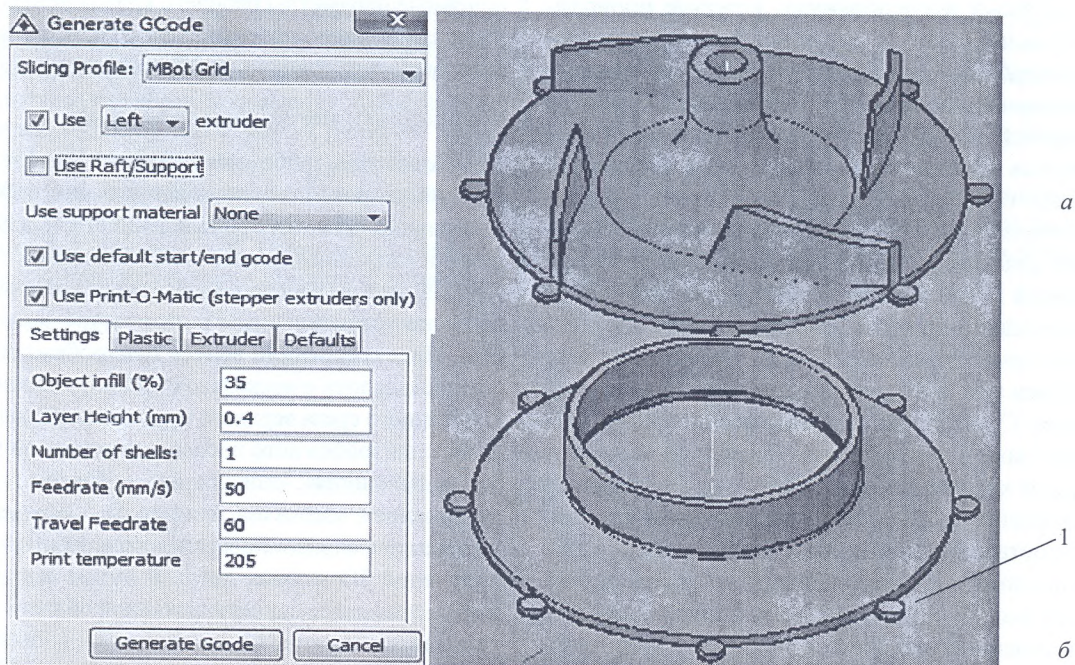


Рис. 2. Параметры 3D-печати и элементы колеса центробежного насоса: *a* — нижний диск колеса центробежного насоса, *b* — верхний диск колеса центробежного насоса; 1 — вспомогательные элементы

коэффициент заполнения (35%) позволил сэкономить пластик и время, при этом качество детали изменилось незначительно. Скорость подачи пластика и движения экструдера составляли 50, 60 мм/с соответственно. При увеличении скорости печати качество детали ухудшается, также увеличиваются затраты энергии. Выбранные скорости печати позволили получить качественное изделие при небольших затратах времени и энергии. Ещё одним важным параметром, который влияет на качество и время печати, является толщина слоя. При низких значениях толщины слоя детали получаются менее шероховатые и более высокого качества, но при этом увеличивается количество слоев, что влияет на время печати, а следовательно, на расход энергии. Для печати была выбрана максимально возможная толщина слоя для данного экструдера — 0,4 мм, что позволило существенно сократить время печати. В ходе 3D-печати осуществлялся контроль за тремя температурами: температура экструзии (для пластика PLA равна 205 °С); температура стола, от которой зависит качество нанесения первого слоя печати (примерно 40–60 °С); температура внутри стеклянного корпуса (примерно 40–60 °С). Необходимо было, чтобы первый слой был надежно склеен со столом, для этого стол для 3D-печати был обработан водорастворимым лаком. Предварительно производилась калибровка стола 3D принтера для правильного нанесения пластика на рабочую поверхность. Калибровка выполнялась в соответствии с инструкцией по работе с 3D принтером «MEGABOT Dual Kit» [13].

Из-за сложности выполнения второй детали при ее кодировке использовалась функция «помощи/подложки», позволяющая создать дополнительный слой печати, который необходим для создания целостной формы детали.

Результатом работы являлись две изготовленные детали рабочего колеса центробежного насоса, которые затем были склеены между собой (рис. 3)

Выводы

Представлены примеры использования технологии 3D-печати в рамках научно-технической деятельности. Подробно рассмотрен пример использования технологии 3D-печати в изготовлении колеса центробежного насоса, для чего рассчитаны основные размеры колеса, получены 3D модели, по которым были изготовлены детали. Показано, что представленная методика может условно применяться в различных отраслях, в том числе текстильной и легкой промышленности при проектировании специальных видов одежды и обуви.

Список литературы

1. Мидуков Н. П., Куров В. С., Никифоров А. О. Процессы и аппараты химической технологии: учебно-практиче-

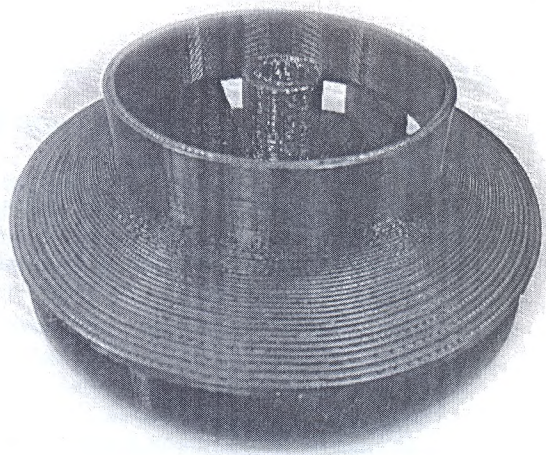


Рис. 3. Изготовленное колесо центробежного насоса

- ское пособие для самостоятельной работы студентов. СПб.: СПбГУПТД, 2017. 95 с.
- 3D-technology in production of sealed containers for chemical industry devices. /Nicolay P. Midukov, Maria A. Fadeeva, Pavel V. Kaurov, Victor S. Kurov, Pavel A. Gashin. containers for chemical industry devices// Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM) Serbia. 2016. Vol. 7. № 3. pp. 87–92.
 - Разработка режимов измельчения березовой коры в мельнице / Богданова А. Н., Мелькова Д. А., Мидуков Н. П., Пиндюрина А. А., Смирнов И. Р. // Вестник СПбГУПТД. Промышленные технологии. 2020. № 4. С. 81–87.
 - Технология и дизайн при изготовлении рабочего колеса центробежного насоса с помощью 3D технологий / Федоскин И. А., Мидуков Н. П., Петрова Е. А., Мельникова Д. А., Чудаков Г. К., Куров В. С. // Вестник СПбГУПТД. Промышленные технологии. № 3. 2020. С. 85–89.
 - 3D Plastic. URL: <https://3d-plastic-spb.ru/pla-plastik/> (дата обращения 20.10.2020).
 - 3D today. URL: https://3dtoday.ru/wiki/SLA_print/ (дата обращения 20.10.2020).
 - Top3Dshop. URL: <https://top3dshop.ru/blog/metal-3d-printing-techs-and-cost.html> (дата обращения 20.10.2020).
 - 3D today. URL: <https://3dtoday.ru/blogs/grupm/the-technology-of-3d-printing-plain-paper/> (дата обращения 20.10.2020).
 - 3D today. URL: <https://vektor.ru/blog/3d-printer-gipsovyj.html> (дата обращения 20.10.2020).
 - 3D today. URL: <https://cable.ru/articles/id-1550.php> (дата обращения 20.10.2020).
 - Шаломов В. И. Гидравлический расчет рабочего колеса центробежного насоса: методические указания к расчетно-графической работе по курсу «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование тепловых электростанций». ФГБОУ ВПО «КнНАГТУ», 2015. 16с.
 - Replicat. URL: <http://replicat.org/> (дата обращения 20.10.2020).
 - Makemendel. URL: <http://makemendel.com/mega-bot> (дата обращения 20.10.2020).

N. P. Midukov, V. S. Kurov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186 Russia, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 18

3D TECHNOLOGY FOR CREATION OF EQUIPMENTS DETAILS IN CHEMICAL TECHNOLOGY

The article is devoted to one of the new, actively developing areas of use of 3D press technology in the scientific and technical work of students. An example of creating a pump runner was considered in detail. In this case a modern graphic program was used for 3D modeling, then the model was translated into a three-dimensional coordinate system of applying material over time. The results of the work were used in the educational process. In addition, material was presented on the successful use of 3D printing technology in the research work of the University of Industrial Technologies and Design.

Keywords: 3D printing technology, centrifugal pump impeller, scientific and technical work.

References

1. Midukov N. P., Kurov V. S., Nikiforov A. O. Processes and apparatuses of chemical technology: an educational and practical manual for independent work of students. St. Petersburg: SPbGUPTD, 2017. 95 p. (in Rus.).
2. 3D-technology in production of sealed containers for chemical industry devices. /Nicolay P. Midukov, Maria A. Fadeeva, Pavel V. Kaurov, Victor S. Kurov, Pavel A. Gashin. containers for chemical industry devices// Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM) Serbia. 2016. Vol. 7. No 3. pp. 87–92 (in Rus.).
3. Development of modes of birch bark grinding in a mill / Bogdanova A. N., Melkova D. A., Midukov N. P., Pindyurina A. A., Smirnov I. R. // Vestnik SPbGUPTD. Industrial technologies. 2020. No 4. pp. 81–87 (in Rus.).
4. Technology and design in the manufacture of a centrifugal pump impeller using 3D technologies/Fedoskin I. A., Midukov N. P., Petrova E. A., Melnikova D. A., Chudakov G. K., Kurov V. S. //Bulletin of SPbGUPTD. Industrial technologies. No 3. 2020. pp. 85–89 (in Rus.).
5. 3D Plastic. URL: <https://3d-plastic-spb.ru/pla-plastik/> (accessed: 20.10.2020) (in Rus.).
6. 3D today. URL: https://3dtoday.ru/wiki/SLA_print/ (accessed: 20.10.2020) (in Rus.).
7. Top3Dshop. URL: <https://top3dshop.ru/blog/metal-3d-printing-techs-and-cost.html> (accessed: 20.10.2020) (in Rus.).
8. 3D today. URL: <https://3dtoday.ru/blogs/grupm/the-technology-of-3d-printing-plain-paper/> (accessed: 20.10.2020) (in Rus.).
9. 3D today. URL: <https://vektor.us/blog/3d-printer-gipsovyj.html> (accessed: 20.10.2020) (in Rus.).
10. 3D today. URL: <https://cable.ru/articles/id-1550.php> (accessed: 20.10.2020) (in Rus.).
11. Shalomov V. I. Hydraulic calculation of the impeller of a centrifugal pump: methodological guidelines for the calculation and graphic work on the course «Thermal mechanical and auxiliary equipment of thermal power plants». FSBEI HPE «KnNAGTU», 2015. 16 c. (in Rus.).
12. Replicat. URL: <http://replicat.org/> (accessed: 20.10.2020).
13. Makemendel. URL: <http://makemendel.com/mega-bot> (accessed: 20.10.2020).