

УДК 004.6

DOI: 10.35211/1990-5297-2023-1-272-45-48

*М. А. Волохов, А. В. Дроботов***РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ПОДГОТОВКИ 3D МОДЕЛИ К ПЕЧАТИ И ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: maxim_volohov@mail.ru

Рассматривается проблема длительности подготовки моделей к 3D печати с целью снижения трудоемкости процесса подготовки модели к производству на аддитивных установках и самого производства. Описана предлагаемая структура программного обеспечения, включающего веб-сайт, базу данных для каталога адаптируемых моделей и служебных данных, модули связи с системой САПР и слайсером для подготовки программ печати.

Ключевые слова: 3D принтер, автоматизация, 3D печать, база данных, обработка информации, слайсинг, MySQL, проектирование моделей.

*М. А. Volokhov, A. V. Drobotov***DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR PREPARING
A 3D MODEL FOR PRINTING AND ITS PRODUCTION****Volgograd State Technical University**

The problem of the duration of the preparation of models for 3D printing is considered, in order to reduce the complexity of the process of preparing the model for production at additive plants and the production itself. The proposed structure of the software is described, including a website, a database for a catalog of adaptable models and service data, communication modules with a CAD system and a slicer for preparing printing programs.

Keywords: 3D printer, automation, 3D printing, database, information processing, slicing, MySQL, model design.

В традиционном производстве изделие вырезается из заготовки заведомо большего размера, на что затрачивается значительная часть времени, ресурсов, а после остается много отходов. Однако благодаря активному развитию аддитивных технологий, большую популярность в единичном и мелкосерийном производстве приобретают 3D принтеры. Они позволяют более грамотно распределять производственные ресурсы, оставляя меньше отходов, экономят время на создание модели и снижают стоимость производства, производя 3D модели практически любой геометрии.

Перед началом печати изделие сначала нужно подготовить: спроектировать его в 3D в системе САПР, создать STL-файл и загрузить его в слайсер, где модель послойно нарезается на основе множества настроек процесса печати, далее сгенерируется файл формата G-кода и отправляется на свободный 3D принтер [1]. Именно этот процесс - большая монотонная работа, которую выполняет специалист для каждого изделия, что существенно увеличивает время выполнения заказа.

Для решения данной проблемы предложена система автоматизации, состоящая из 3D принтеров и веб-сайта с подключенной базой данных, содержащей информацию об аккаунтах пользователей и их заказах, а также моделях

и параметрах проектирования и печати. Веб-сайт взаимодействует с системой САПР (CAD) и слайсером (CAM), что позволит минимизировать работу инженера на этапе подготовки продукции по индивидуальным заказам (кастомизированной) к производству. Визуально данная взаимосвязь сайта с CAM и CAD программой изображена на рис. 1.

Важной частью описываемой системы является адаптация моделей под желания пользователя. Потребитель с помощью разрабатываемого программного обеспечения через интернет сможет создать индивидуальную модель без изучения основ моделирования и 3D печати. На веб-сайте пользователь может выбрать модель из каталога, задать для нее параметры (геометрические, текстовые, комплектацию и др.), требуемое количество изделий, параметры печати (качество, материал, цвет и др.), и оформить заказ. При подборе нужных параметров пользователь может вращать и приближать получившуюся модель, визуально оценивая ее. Сохранив или сбросив значения параметров, сайт обновится, отобразив пользователю уже новую модель с измененными характеристиками. Клиент может изменять модель неограниченное число раз, так как каждый раз будут перезаписываться файлы со старыми значениями.

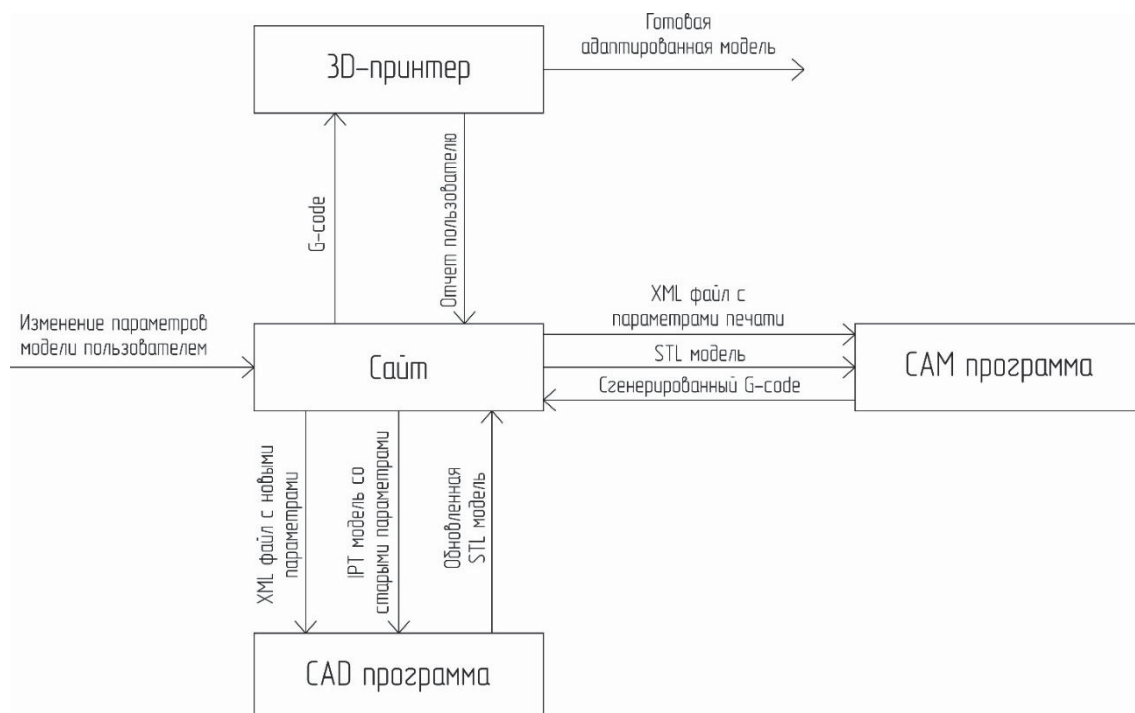


Рис. 1. Схема взаимосвязи сайта с CAD и CAM системой

В базе данных, на которой основан веб-сайт, содержится информация о пользователях, история их заказов, список моделей, настраиваемые параметры каждой модели, их описание и файлы [2]. Параметры каждой модели будут состоять из автоматически рассчитанных значений и индивидуальных значений пользователя. Аналогично созданы параметры печати, но так как их в слайсере огромное количество, пользователям будет предоставлен набор самых важных из них, остальные параметры будут рассчитываться на основе главных или задаваться инженером для группы изделий.

Когда пользователь заходит на сайт, он попадает на главную страницу, где расположен каталог изделий, список доступных категорий моделей и форма авторизации. Перейдя на интересующую его модель, появиться страница описания модели, а также стандартные значения параметров модели и печати, которые запрашиваются с базы данных. В пределах каж-

дой страницы адаптированной модели находится контекстное меню, где можно перейти в 3D обзор модели, там визуальное отображается изделие в STL формате, которое возможно вращать или перемещать. На этой странице пользователь увидит две кнопки, одна из них запускает скрипт для изменения текущей модели на новые параметры, алгоритм которого изображенный на рис. 2, а другая оформляет заказ и отправляет STL модель в слайсер.

Следующей вкладкой меню является страница изменения параметров модели, где пользователь может ввести свои индивидуальные значения в форму, которая обработает информацию и внесет ее в таблицы базы данных. Для пользователя доступны две функции помимо формы ввода значений параметров. Функция «обновить» заменяет значения параметров в базе данных на новые. Вторая функция «сбросить» заменяет все значения параметров пользователя на стандартные значения, предусмотренные разработчиками.

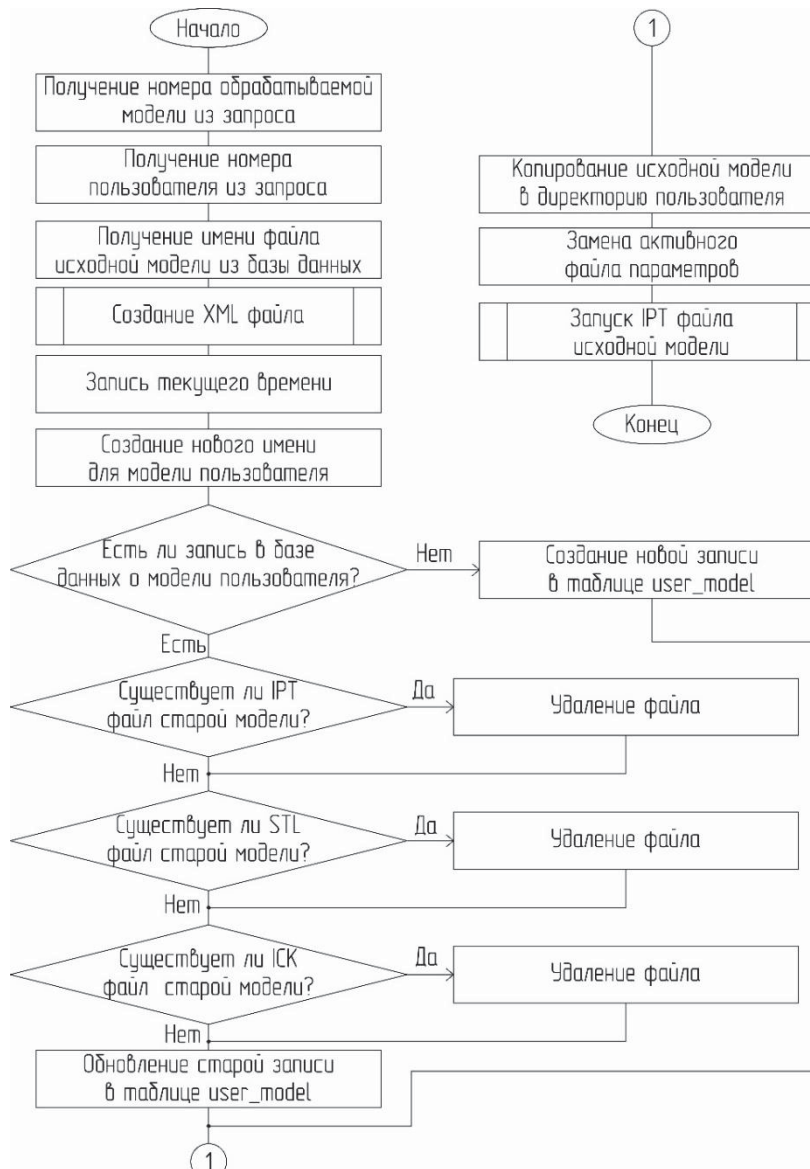


Рис. 2. Алгоритм добавления информации о модели в базу данных

На веб-сайте проработан процесс визуализации STL моделей, а также добавлены возможности перемещать, вращать и изменять масштаб 3D модели [3]. Все действия работы скрипта были представлены в виде алгоритма, показанного на рис. 3.

В роли CAD системы выбрана программа Autodesk Inventor из-за возможности параметрического моделирования [4]. Для того чтобы все изменения модели происходили без какого-либо участия оператора, в CAD системе используется технология iLogic, способная внедрять правила в документы чертежей, деталей или сборок. Правила iLogic могут изменять параметры или атрибуты документа, обновлять модель или выполнять другие операции при возникновении различных событий в системе.

Для автоматизации изменения модели в системе проектирования было составлено три правила. Первое правило обрабатывается после открытия документа, оно загружает в документ новый файл XML, такие файлы индивидуальны для каждой модели, они хранят параметры изделия и обновляются, когда пользователь вносит изменения на веб-сайте. После выполнения первого правила должно происходить сохранение модели, но второе правило перехватывает инициативу и перед сохранением пересчитывает модель под новые параметры. Далее новая модель сохраняется в формате STL, благодаря третьему правилу, и документ закрывается. Когда веб-сайт получает сигнал о закрытии CAD программы, он обновляет страницу, загружая новую STL модель пользователю.

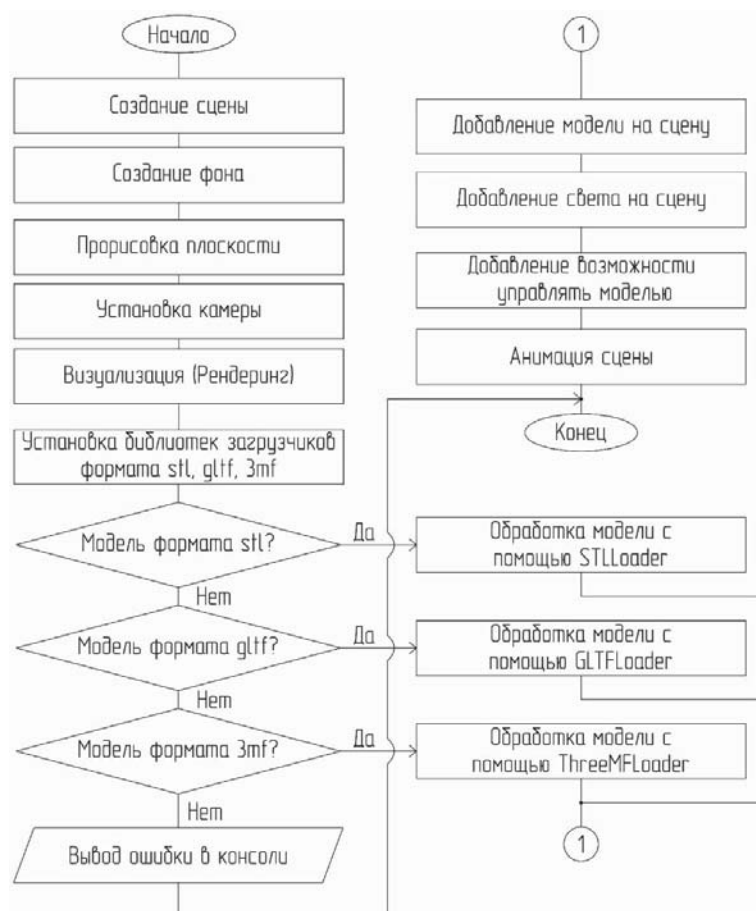


Рис. 3. Алгоритм визуализации 3D моделей

По похожему принципу веб-сайт взаимодействует с САМ программой [5]. При нажатии на сайте кнопки оформления заказа, Суга открывает интересующую модель, а файл XML генерируется с параметрами печати. Если пользователь ввел некорректные значения в поля параметров, система предупредит об этом.

Для расчета эффективности и окупаемости системы были произведены экономические вычисления, а также измерена производительность оборудования исходной системы и предложенной. Сравнение показало, что производительность увеличивается вдвое, а время окупаемости займет около 10 месяцев. Для работоспособности системы под любые изделия необходимо только добавить их в базу данных, другие элементы системы в изменениях не нуждаются.

В дальнейшем планируется автоматизировать процесс генерации G-кода по данным из XML файла, а также подключить к системе 3D принтеры. После подготовки G-кода система либо отправит его на свободный 3D принтер, либо будет дожидаться окончания процесса печати на одном из устройств. На веб-сайте рас-

ширится функционал, где пользователь сможет увидеть примерное время печати (изготовления) изделия и прогноз по времени отправки заказа, расчетную стоимость изделия и другие данные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Popov, A. Y. Model preparation algorithm for 3D printing with discrete rotation / A. Y. Popov, I. A. Gushchin, A. V. Drobotov // 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2019, Sochi, 25–29 марта 2019 года. – Sochi, 2019. – P. 8742958. – DOI 10.1109/ICIEAM.2019.8742958. – EDN RKWIYZ.
2. Дмитричева, Р. Р. Базы данных / Р. Р. Дмитричева, В. В. Бронская, Г. В. Мануйко. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Редакционно-издательский центр «Школа»", 2019. – 106 с. – ISBN 9785001620556.
3. Creating a scene // Three.js: офиц. сайт. – 2022. – Режим доступа: <https://threejs.org/docs/index.html#manual/en/introduction/Creating-a-scene>.
4. Свирневский, Н. С. Разработка приложений для продуктов Autodesk: учеб. пособие / Н. С. Свирневский. – Хмельницкий: ХНУ, 2017. – 313 с.
5. Принципы создания программы работы устройства объемной печати по трехмерной модели / И. А. Гушин, А. Р. Авдеев, А. А. Швеиц, А. В. Дроботов // Известия ВолгГТУ: научный журнал № 11(173) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2015. – С. 50–53. – EDN VDOART.