

## Средства виртуальной реальности в промышленных системах производств полимерных материалов

*С.В. Защиринский,  
асп. каф. САПРиУ, chris\_jericho@mail.ru,*

*А.Б. Иванов,  
доц. каф. САПРиУ, к.т.н., anatology.ivanov.work@gmail.com,*

*Т.Б. Чистякова,  
зав. каф. САПРиУ, д.т.н., проф., chistb@mail.ru,  
СПбГТИ (ТУ), г. Санкт-Петербург*

Многоассортиментные промышленные производства полимерных материалов являются инновационными, перенастраиваемыми, имеют множество конфигураций, характеризуются сложностью в управлении и проектировании. В программном комплексе реализована визуализация всех этапов проектирования вплоть до прототипирования объектов, чтобы помочь проектировщику принимать решения по проектированию производств полимерных пленок заданной производительности, конфигурации, ассортимента и энергопотребления. Разработанный программный комплекс также решает задачу визуализации, которая помогает управленческому производственному персоналу принимать решения по перенастройке и компоновке оборудования в зависимости от типов производимых пленок и требований к качеству материала. В программном комплексе реализованы модули дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) для изучения более сложных причинно-следственных связей объектов промышленного производства. Программный комплекс протестирован на примере проектирования заводов по производству полимерных материалов в России (Klöckner Pentaplast) и Германии (Maria Soell, Mondi, Klöckner Pentaplast).

Multi-assortment industrial production of polymeric materials is innovative, configurable, and characterized by the complexity of its control and design. The software package provides a visualization of all the design steps, down to element prototyping, so as to aid the designer in making polymer film production planning decisions for set production rates, configuration, assortment, and energy consumption. The developed software package also provides visualizations in order to aid the managing production personnel make equipment configuration and assembly decisions depending on the type and desired quality of the polymer film being produced. The software package includes augmented reality (AR) and virtual reality (VR) modules to help ascertain the complex cause-effect relationships between the industrially produced items. The software package has been tested by designing polymer film factories in Russia (Klöckner Pentaplast) and Germany (Maria Soell, Mondi, Klöckner Pentaplast).

В настоящее время промышленные производства полимерных материалов являются инновационными, перенастраиваемыми, имеют множество конфигураций, характеризуются многоассортиментностью оборудования, сложностью в управлении и проектировании. Актуальным является вопрос визуализации производства как на стадии проектирования новых зданий и объектов, так и на стадии функционирования действующих производств, при изменении конфигураций промышленных линий или добавления нового оборудования. Проектировщику необходимо достаточно быстро принимать решение по перенастройке линий и оборудования на новое задание в зависимости от производительности, конфигурации, ассортимента и энергопотребления. Необходимо оптимизировать как временные затраты на перенастройку оборудования, так и экономические для уменьшения доли брака и денежных затрат [1]. В связи с этим, актуальной задачей является разработка гибкого перенастраиваемого проблемно-ориентированного программного комплекса, позволяющего решать задачи ресурсо-энергосберегающего проектирования и обучения персонала синтезу виртуальных моделей.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать информационное обеспечение программного комплекса (базы данных виртуальных 3d моделей и характеристик оборудования, базу правил проектирования, базу данных математических моделей агрегатов), интерфейсы пользователей программного комплекса (проектировщик, управленческий производственный персонал), алгоритмы размещения и компоновки оборудования в заданном пространстве в соответствии с требованиями к энергопотреблению и производительности, алгоритмы проектирования виртуальных моделей и алгоритм проверки. На основании исходной информации, включающей в себя графические изображения (D), параметры и габариты технологического оборудования (P<sub>о</sub>, B), информацию о возможных связях оборудования друг с другом (PC), разместить и скомпоновать оборудование в заданном пространстве (S), получить визуализированную 3D модель завода, которая обеспечивает энергопотребление не выше заданного (E) и производительность не ниже заданной (P<sub>е</sub>) [2].

Для разработки трехмерных виртуальных геометрических моделей оборудования и производств полимерных материалов выбрана среда полигонального моделирования 3ds Max [3]. Основными критериями в выборе среды стали возможность импорта и экспорта в различные форматы, поддержка всех форматов изображений для синтеза текстур и материалов, и обширный набор инструментов и модификаторов для разработки виртуальных моделей и их текстурирования. Для разработки модуля размещения и компоновки, а также модуля погружения в виртуальную реальность с помощью очков Oculus Rift, выбрана интерактивная среда для работы с трехмерной графикой Unreal Engine. Для реализации модуля дополненной реальности (AR) выбрана среда для работы с интерактивной трехмерной графикой («игровой движок») Unity 3d и фреймворк Vuforia.

Программное обеспечение для автоматизированного проектирования виртуальных моделей перенастраиваемых производств полимерных пленок включает в себя модуль задания характеристик проектируемого предприятия, модуль размещения и компоновки оборудования в заданном помещении, модуль визуализации трехмерной модели производства, базу данных трехмерных геометрических моделей оборудования и их характеристик, базу данных математических моделей агрегатов, модуль расчета показателей эффективности производства, интерфейс проектировщика и администратора, алгоритмы размещения и компоновки оборудования в заданном пространстве в соответ-

ствии с требованиями к энергопотреблению и производительности, алгоритмы проектирования виртуальных моделей и алгоритм проверки, модуль вывода виртуальных моделей на печать на 3d принтере для проверки адекватности спроектированного оборудования, модули дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) для изучения более сложных причинно-следственных связей объектов промышленного производства.

Функциональная структура программного разработанного программного комплекса представлена на рисунке 1.

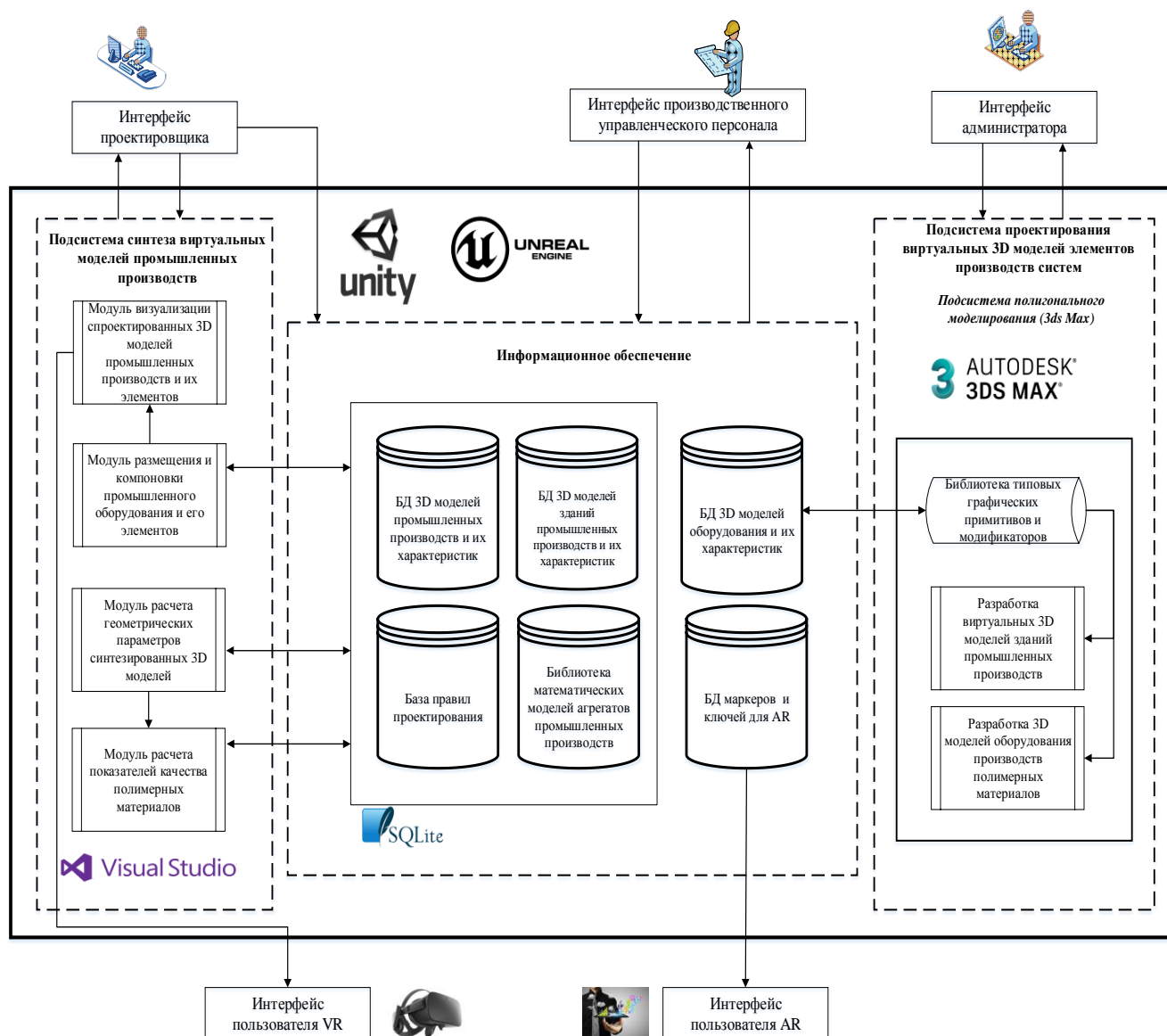


рис. 1 – Функциональная структура программного комплекса для автоматизированного проектирования виртуальных моделей перенастраиваемых производств полимерных пленок

Для синтеза виртуальных моделей производств полимерных материалов, в первую очередь, необходимо проанализировать существующие чертежи, спецификации, фотографии и видеоролики для выделения составных частей и элементов оборудования для их проектирования из стандартных примитивов. Следующим этапом является разработка виртуальных моделей в 3ds Max. Методом полигонального и сплайн-моделирования из стандартных графических примитивов, сплайнов и применения к ним модификаторов разрабатываются виртуальные модели [4-6]. Следующим шагом является синтез текстур и материалов с помощью редактора материалов Material Editor в 3ds Max. Затем разработанные виртуальные модели импортируются в среду для работы с интерактивной трехмерной графикой («игровой движок»), где разрабатывается модуль размещения и компоновки оборудования, модуль погружения в виртуальную реальность с помощью очков виртуальной реальности Oculus Rift, модуль дополненной реальности, модуль фотореалистичной визуализации и модуль вывода виртуальной модели на печать на 3d принтере [7].

Обобщённый алгоритм визуализации всех этапов проектирования вплоть до прототипирования объектов представлен на рисунке 2 [8].

Разработанный программный комплекс протестирован на примере проектирования виртуальных моделей производств полимерных материалов в России (Klöckner Pentaplast) и Германии (Maria Soell, Mondi, Klöckner Pentaplast). Результаты тестирования подтвердили работоспособность программного комплекса для поставленной задачи проектирования (рис.3).

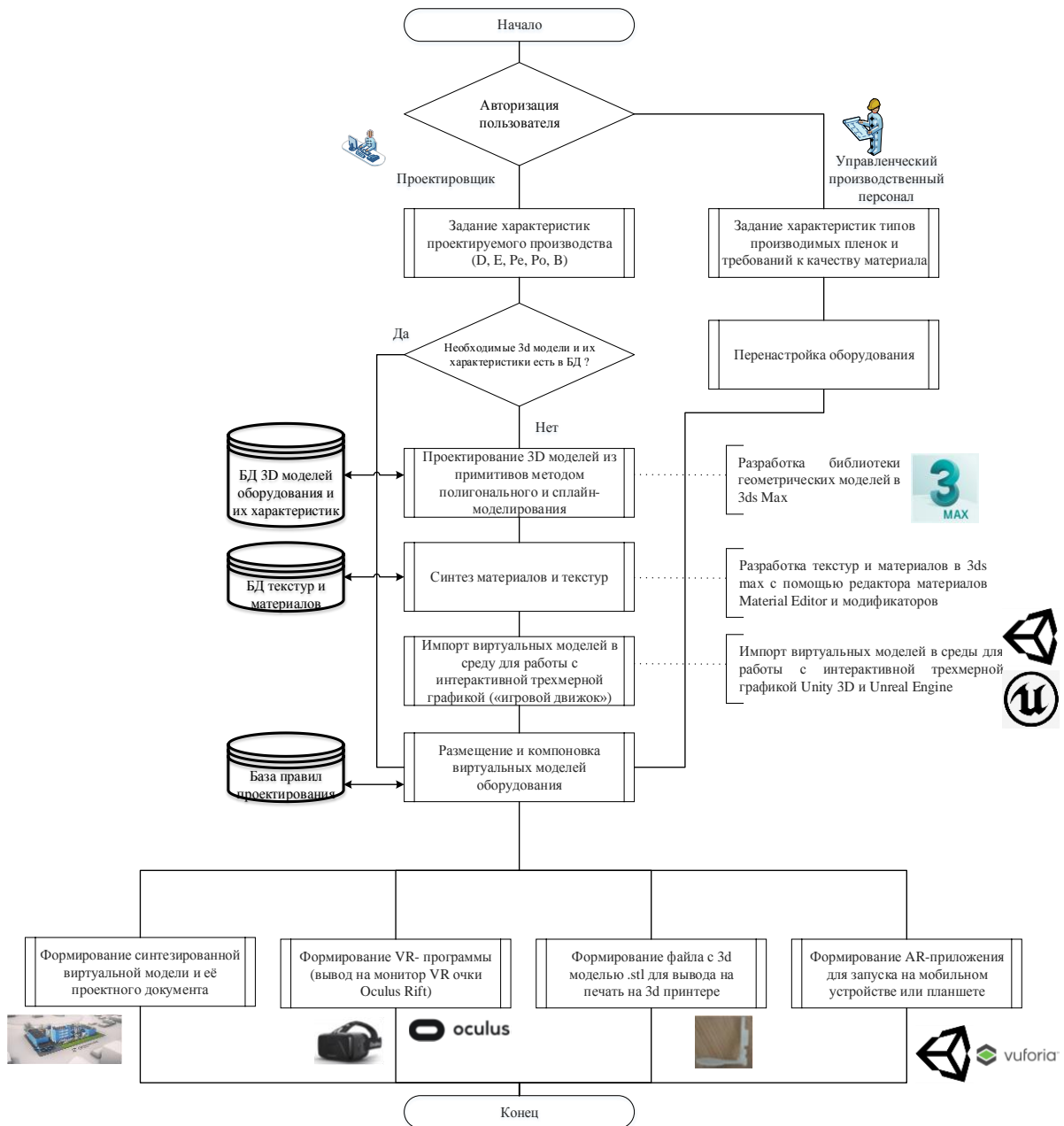


рис. 2 – Обобщённый алгоритм визуализации всех этапов проектирования



рис. 3 – Визуализированная модель производства полимерных материалов Klöckner Pentaplast Rus, Saint Petersburg

## Литература

1. Полосин А.Н. Алгоритм проектирования виртуальных моделей шнеков промышленных экструдеров различной конфигурации // *Материалы научной конференции «Традиции и инновации», посвященной 189-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного института (технического университета)*. 2017. – С. 191.
2. Чистякова Т.Б., Иванов А.Б., Защирицкий С.В., Теребунская А.С., Шепелев А.С. Автоматизированное проектирование виртуальных моделей перенастраиваемых промышленных производств полимерных пленок // *Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта, труды 16-ой международной конференции*. 2016. – С. 250-251.
3. Иванов, А.Б. Система автоматизированного проектирования трехмерной геометрической модели перенастраиваемого производства полимерных пленок Чистякова Т.Б., Колерт К. // *Информационные технологии*. 2005. № 12. – С. 5
4. Артамонов Е.И., Ромакин В.А. Использование средств виртуальной реальности при проектировании и эксплуатации промышленных производств // *Автоматизация в промышленности*. – 2007. №4. – С.14-16.
5. Карасев В.О. Методы и технологии организации распределённой интеллектуальной поддержки принятия решений для систем управления жизненным циклом наукоемких сложных изделий // *Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта, труды 16-ой международной конференции*. 2016. – С. 283-287.
6. Бочков С.И., Степанов А.С. Разработка и исследование виртуальных рабочих мест в среде OpenSim // *Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта, труды 16-ой международной конференции*. 2016. – С. 303-305.
7. Chua Chee Kai Library of Congress in Publication Data / Chua Chee Kai. – Printed in Singapore. – 518 с.
8. Карпенко, А. П. Основы автоматизированного проектирования: учебное пособие / А. П. Карпенко. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 329 с.