

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)

# **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Молодежная научно-практическая  
конференция**

**16 декабря 2016 года**

**Сборник научных докладов**

Новосибирск  
СГУГиТ  
2017

УДК528.952 : 001.89

И62

**И62      Инженерная графика и трехмерное моделирование.** Молодежная научно-практическая конференция [Текст] : сб. научных докладов (16 декабря 2016 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 106 с.  
ISBN 978-5-87693-996-8

В сборнике опубликованы научные доклады студентов, магистрантов, аспирантов высших учебных заведений, принимавших участие в молодежной научно-практической конференции «Инженерная графика и трехмерное моделирование».

Материалы публикуются в авторской редакции

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.952 : 001.89

ISBN 978-5-87693-996-8

© СГУГиТ, 2017

**ОРГАНИЗАТОР:**

Сибирский государственный университет  
геосистем и технологий

**КООРДИНАТОР:**

Руководитель научно-исследовательской деятельности студентов СГУГиТ

*Татьяна Юрьевна Бугакова*

**ОРГКОМИТЕТ:**

Руководитель научно-исследовательской работы студентов ИГиМ

*Ольга Геннадьевна Павловская*

Руководитель научно-исследовательской работы студентов ИОиОТ

*Анна Дмитриевна Зонова*

Руководитель научно-исследовательской работы студентов  
кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования

*Станислав Андреевич Арбузов*

Координатор Центра научно-исследовательской  
и проектной деятельности обучающихся

*Сергей Анатольевич Латин*

*И. Э. Аленин*

*Новосибирский строительно-монтажный колледж (НСМК)*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗДАНИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Являясь студентом Новосибирского строительно-монтажного колледжа по специальности «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений», я заинтересовался современными методами проектирования и строительными материалами для энергосберегающих конструкций, удовлетворяющих требованиям доступности и экологичности.

Цель моего проекта – найти альтернативу традиционным методам проектирования и использование энергосберегающих материалов в домостроении.

Основные способы и методы, которыми я пользовался – поисковая деятельность (поиск информации), проектирование и моделирование здания.

Рубеж конца XX – начала XXI в., связанный с бурным развитием информационных технологий, ознаменовался появлением принципиально нового подхода в архитектурно-строительном проектировании, заключающемся в создании компьютерной модели нового здания, несущей в себе все сведения о будущем объекте.

Информационное моделирование здания (Building Information Modeling) – это подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания, который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, финансовой и иной информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями.

Переход проектно-строительной отрасли России на технологию BIM информационного моделирования зданий законодательно начался с приказа Минстроя России № 926 от 29.12.2014. Дальнейшую актуальность этого процесса подчеркнул Президент России В. В. Путин в Поручениях Президента по итогам заседания Государственного совета от 11.06.2016.

Внедрение BIM в строительстве – это не просто замена оборудования и переобучение персонала, это смена самого подхода к решению задач проектно-строительной деятельности, радикальное изменение профессионального мышления специалистов, в том числе и непосредственно работающих на стройплощадке. Последнее, в свою очередь, предполагает поиск новых форм обучения технологии информационного моделирования, а также разработки методик самого моделирования зданий.

В информационном моделировании здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект.

BIM позволяет проектировать все конструкции и системы инженерных коммуникаций с учетом коллизий, формировать весь альбом документации, уменьшает вероятность человеческих ошибок, выполнять расчет конструктивных и теплотехнических характеристик здания по его модели.

ВІМ – это общая экономия времени и средств при проектировании, строительстве и эксплуатации здания.

Основные принципы информационного подхода в проектировании:

- трехмерное моделирование;
- автоматическое получение чертежей;
- интеллектуальная параметризация объектов;
- соответствующие объектам базы данных;
- распределение процесса строительства по временным этапам.

Технология ВІМ позволяет выявить ошибки, присущие традиционному 2D-проектированию, которые часто всплывают уже на стройплощадке.

Преимущества использования ВІМ-технологий:

- сокращение сроков проектирования;
- уменьшение расходов на реализацию проекта;
- повышение производительности работы благодаря простоте получения информации;
- повышение согласованности строительной документации;
- доступность конкретной информации о производителях материалов, количественных характеристиках для оценки и проведения тендера.

Результатом ВІМ-моделирования здания является комплексная компьютерная модель, описывающая как сам объект, так и процесс его строительства.

Вся информация ВІМ объединяется в базу данных, что позволяет в любой момент времени получать актуальную проектную документацию и визуализации, а также анализировать их.

Технология ВІМ демонстрирует возможность достижения высокой скорости и качества выполнения проектных и строительных работ, а также значительную экономию средств.

В представленной работе разработана информационная модель экспериментального двухэтажного здания. Основная особенность модели – все элементы, в отличие от геометрического макета, содержат еще информацию о характеристиках материала (прочность, теплопроводность, светопрозрачность и т. п.), которая позволяет менять свойства и взаиморасположение элементов конструкции и оснащения и проводить анализ этих изменений.

Экологическая ситуация и рост цен на энергоносители стимулирует к поиску альтернативных технологий в строительстве.

Одной из них стала использование термопластичных фторполимерных пленок для ограждающих конструкций проектируемого здания.

Что же представляют собой пенки из термопластичных фторполимеров?

Достоинства фторполимеров:

- широкий интервал эксплуатации – от  $-200$  до  $+250$  °С;
- отличная химическая стойкость;
- высокие диэлектрические характеристики, антиадгезионные и антифрикционные свойства, атмосферостойкость и негорючесть;
- прозрачность, коэффициент светопропускания в видимой части спектра до 90–97 %;

- малая масса при большой поверхности – определяет высокую эффективность их применения в различных областях;
- свариваемость пленок позволяя создавать всевозможные изделия различной конфигурации;
- минимальный расход сырья на единицу продукции.

Широкий ассортимент, позволяющий выбрать пленку с необходимым комплексом свойств, определяют особое положение экструзионных пленок марки ETFE (Ethylene tetrafluoroethylene) — это аналог полимера тетрафторэтилена, точнее говоря, его сополимер с этиленом. Он относится к группе соединений с общим названием фторопласты. ETFE называют синтетической фольгой, хотя на самом деле это разновидность пластмассы.

Свойства и сферы применения пленки ETFE:

- используют вместо архитектурного стекла, потому что она вдвое дешевле и намного легче;
- имеет прекрасные термоизоляционные свойства и пропускает гораздо больше ультрафиолета, чем обычное стекло;
- обладает повышенной эластичностью и устойчивостью к сильным температурным перепадам;
- представляет собой самоочищающийся материал, его очень удобно применять при создании стеклянных крыш и атриумов;
- низкая смачиваемость, трение, адгезия (то есть слипанием с поверхностью различных по свойствам веществ), не горючи, эластичны, оптически прозрачны.

Срок эксплуатации материала – 25 лет; его можно применять повторно.

Конструкция проектируемого здания представляет собой геодезический купол, каркас которого состоит из стальных труб, образующих треугольные рамы с наружными панелями из термопластика ETFE. Стальные трубки, из которых состоит каркас, представляет собой филигранную структуру сродни паучьей сети. Наружные панели изготовлены из многослойной пленки (прозрачной фольги) ETFE, пропускающей ультрафиолетовые лучи. По сравнению со стеклом ETFE стоит вдвое меньше, имеет лучшие качества температурной изоляции и пропускает больше ультрафиолета. Панели скреплены по периметру и наполнены воздухом, образуя таким образом большую воздушную подушку, предохраняющую здание от потери тепла.

Недостатком пленки является вес, который составляет 1 % от веса стекла, делая всю структуру легче, чем воздух, в ней содержащийся: если ветер подует в нужном направлении, и если не будет достаточного крепежа, здание просто унесет.

Другой недостаток в том, что срок службы пленки – 25 лет.

Материал ETFE устойчив к большинству загрязнений, которые просто смываются дождем. При необходимости мытье наружной поверхности может быть организовано при помощи альпинистов.

Отходы пленок из ТПФП могут подвергаться многократной переработке без изменения основных свойств. Это позволяет организовать практически без-

отходное производство с дополнительным выпуском пленки неответственного назначения.

Проведенное моделирование преследовало сразу несколько целей.

1. Построенная информационная модель носит исследовательский характер и может служить основой для проведения компьютерных экспериментов по энергоэффективности здания, его экологическим характеристикам и уровню комфорта для проживания.

2. Получила развитие методика моделирования подобных объектов, что важно как для внедрения технологии ВІМ в строительстве, так и для подготовки специалистов.

3. Создано наглядное пособие для отработки специалистами разных уровней навыков обращения с информационной моделью, что им пригодится в дальнейшей профессиональной деятельности.

4. Осуществлена первая в нашей стране попытка обучения информационному моделированию зданий группы студентов колледжа, которая состояла из обучения работе с программой и моделированию на основе технического задания.

Строительство домов с использованием термопластичных пленок является перспективной технологией. Прежде всего это связано с отсутствием затрат на отопление здания, так как данные дома способны сэкономить огромное количество ресурсов и энергии при эксплуатации жилища.

Здесь в значительной мере остается место для эксперимента и проявлений индивидуальной творческой мысли.

Описанная работа по информационному моделированию проводилась в рамках мероприятий по созданию Центра технологии ВІМ на базе Новосибирского строительного-монтажного колледжа и не только показала свою эффективность, но и дала много материала для дальнейших разработок и исследований.



Рис. 1. Макет дома с использованием термопластичных фторполимерных пленок для ограждающих конструкций



Рис. 2. Планировка и расстановка мебели в доме с использованием термопластичных фторполимерных пленок в качестве ограждающих конструкций

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Талапов В. В. Основы BIM: Введение в информационное моделирование зданий. – М. : ДМК-пресс, 2011. – 392 с.
2. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. – М. : ДМК-пресс, 2015. – 410 с.
3. Вандезанд Д., Рид Ф., Кригел Э. RevitArchitecture 2013–2014: Официальный учебный курс. – М. : ДМК-пресс, 2015. – 328 с.
4. Голдберг Э. Для архитекторов: RevitArchitecture 2009/2010: Самоучитель по технологии BIM. – М. : ДМК-пресс, 2010. – 470 с.
5. Вольфганг Ф. Основные положения по проектированию пассивных домов : перев. с нем. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2011. – 144 с.
6. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
7. СНИП 23–02–2003. Тепловая защита зданий. – М., 2004.
8. Об энергосбережении [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 3 апреля 1996 г. № 28-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
9. Табунщиков Ю. А. От энергоэффективных к жизнеудерживающим зданиям // АВОК. – 2003. – № 3. – С. 8.
10. Энергоэффективный дом. Первые результаты эксплуатации и предложения по совершенствованию систем / В. К. Аверьянов, Л. А. Подолян, А. И. Тютюнников, Р. Ю. Зарцкий // Информ. бюлл. «Теплоэнергоэффективные технологии». – 2002. – № 3. – С. 84.
11. Ливчак В. И. Экспертиза энергоэффективности строительства зданий // АВОК. – 2003. – № 7. – С. 48.

© И. Э. Аленин, 2017

## ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ГЕОПРОСТРАНСТВА

**Геопространство** – географическая оболочка Земли, подлежащая изучению, отображению, моделированию в пределах ограниченной территории, периода времени, объектового состава, перечня и степени подробности его свойств, указанных потребителем геоинформации [1]. Модель геопространства содержит модели предметов и их отношений или, по установившейся терминологии, пространственные объекты. Таким образом, **пространственные объекты** – это модели пространственных предметов. **Рельеф** – это тоже пространственный предмет [2].

В настоящее время наиболее перспективным направлением исследований в сфере управления народными хозяйствами является трехмерное моделирование объектов. Потребность в реалистичном отображении окружающего мира увеличивает значимость трехмерного моделирования, которое способно изменить технологию и практику управления народным хозяйством. Цифровая трехмерная модель геопространства (ЦТМГ) является системой целого ряда элементов: трехмерная модель земной поверхности, модель наземных объектов (объектов недвижимости), модель недр (геологические модели) и т. д.

Цифровая трехмерная модель геопространства (ЦТМГ), построенная на основе облака точек полученных по результатам геодезических измерений является математической моделью всех объектов местности, в том числе, деревьев, зданий и др. ЦТМГ в электронном формате позволяют пользователям решать задачи топографии, вести подсчет объемов, проектировать сооружения на ландшафтах, разрабатывать проекты планировки территории, создать проектную документацию: ситуационный план местности, профиль местности, экспликации, спецификации, визуализации и пр..

Создание ЦТМГ методом дистанционного зондирования (аэрофотосъемка, в том числе с применением беспилотных летательных аппарат или лазерных сканеров) на застроенных территория не всегда возможно из-за плотной растительности и тех случаев, когда образуются теневые места. В таких случаях специалистам производителям необходимо выполнить непосредственное полевое измерение каждого отдельных характерных объектов с применением тахеометров.

В связи с тем, что 93 % территории Республики Таджикистан состоит из гор, использование горных местностей стало неотъемлемой частью землепользования. В настоящее время большее внимание уделяется проектированию не только населенных пунктов, но и других типов уникальных сооружений, таких как лечебно-оздоровительные пункты, туристические базы, крупные рынки, спортивные комплексы, парки и др. Для решения таких инженерных задач при проектировании уникальных сооружений в сложных горно-геологических

условиях требуется детальная и достоверная информация о каждом элементе местности в трехмерном виде. При таких условиях предприятиям, занимающимся топографической деятельностью, приходится обеспечивать потребителей топографо-геодезической продукцией в виде цифровых трехмерных моделей геопространства (ЦТМГ).

В качестве технологии построения трехмерной модели на базе приложений ГИС можно использовать программу ArchiCAD для построения объектов местности в трехмерном виде.

ArchiCAD – программный пакет для архитекторов, проектировщиков, инженеров строителей, основанный на технологии информационного моделирования (Building Information Modeling – BIM), созданный фирмой Graphisoft [4]. Программа ArchiCAD широко используется при архитектурном проектировании и градостроительстве во всем мире. При работе в пакете используется концепция виртуальной реальности. Суть ее состоит в том, что проект ArchiCAD представляет виртуальную модель реального вида местности. Для построения цифровых трехмерных моделей геопространства на основе топографической съемки, инженер-топограф на начальных этапах работы с созданием ЦТМГ визуализирует все объекты местности, используя при этом инструменты, имеющие свои полные аналоги в реальности: стены, перекрытия, лестницы, инструменты рисования, разнообразные объекты и т. д. Программа ArchiCAD позволяет создавать трехмерные модели местности, модели архитектурных ансамблей, интерьера внутренних помещений, надземных и подземных коммуникаций.

Для выполнения поставленной задачи при проведении топографических работ было необходимо описать характеристики каждого отдельного элемента местности в виде таблицы.

Номер характер- ной точки	Название объекта	Размеры объекта, м			Приме- чание
		высота	ширина	диаметр, длина	
24	Дерево широколиственное	$h = 9,60$	$b = 4,20$	$d = 0,65$	Клен ( $d$ – ствол дерева)
41	Дерево хвойное	$h = 7,40$	$b = 3,30$	$d = 0,56$	Ель ( $d$ – ствол дерева)
46–51	Беседка	$h = 3,10$	–	–	б-уголь- ная форма
52–57	2КН	$H_{\text{цоколя}} = 0,6$ $H_{\text{этажа}} = 3,0$ $H_{\text{кровли}} = 2,8$	–	–	Поверх. цвет бе- лый

Примером построенной ЦТМГ на базе программ AUTODESK CIVIL 3D и BIM программ ArchiCAD, является «Оздоровительный лагерь – Ручья» на Ромитском ущелье в Республике Таджикистан. На объекте выполнена инженерно-топографическая съемка масштаба 1 : 500 с сечением рельефа горизонталями через 0,50 м, общей площадью 3,5 га. Съемка твердых контуров произведена полярным способом с определением расстояний до речных точек лазерным тахеометром Sokkia Set RX 650. Камеральные работы были выполнены на базе программ AUTODESK CIVIL 3D. Значения высот – от 913,35 до 929,50 м. Моделирование ситуация местности производилось на базе BIM программ, путем экспорта созданной топографической съемки из CIVIL 3D в ArchiCAD.

Цифровая трехмерная модель геопространства в ArchiCAD создается по горизонталям. Однако есть возможность создания рельефа по данным геодезических измерений. Обработка полевых измерений производилась с помощью специализированных программ и экспортировалась в формат DXF.

В ArchiCAD для создания объектов виртуальной реальности имеется достаточно наборов библиотек трехмерных объектов, а также имеется возможность задать нужные пользователю размеры. При моделировании можно учитывать элементно-сметные нормы для каждого объекта, и в итоге программа сформирует состав смету расходов (подсчитает объем всех элементов и выдаст полный результат в виде таблицы).

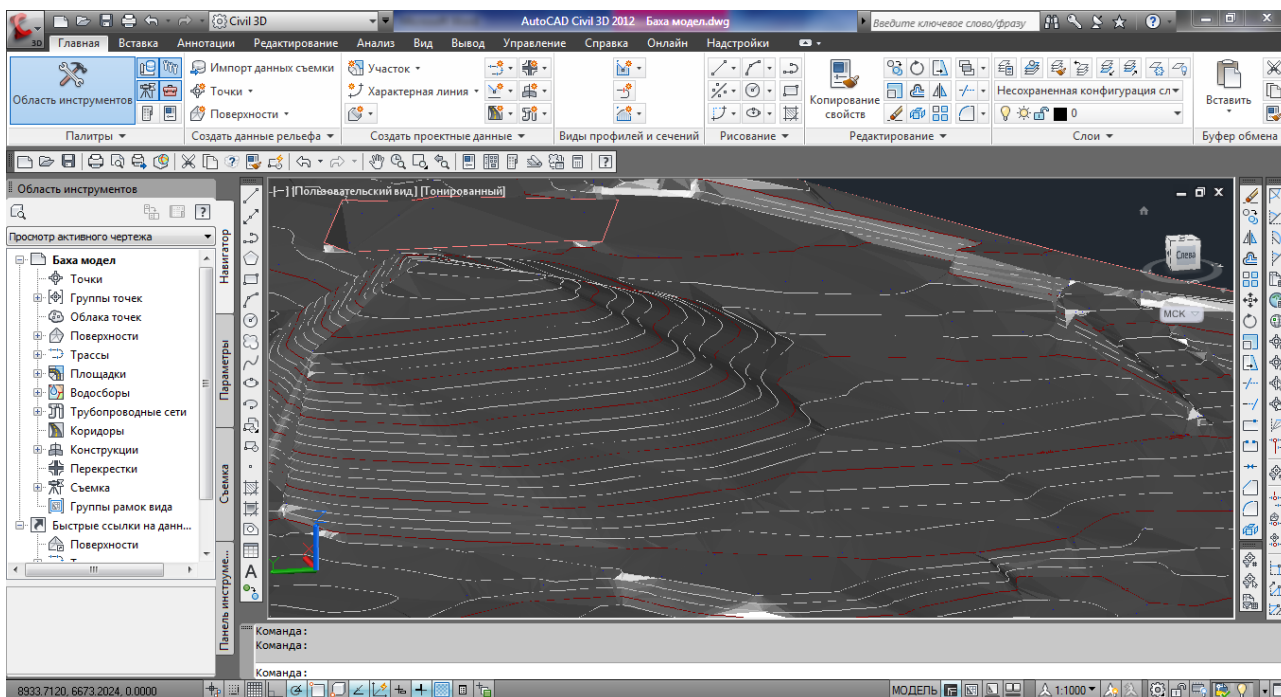


Рис. 1. Построенная цифровая трехмерная модель геопространства по облакам точек в Civil 3D

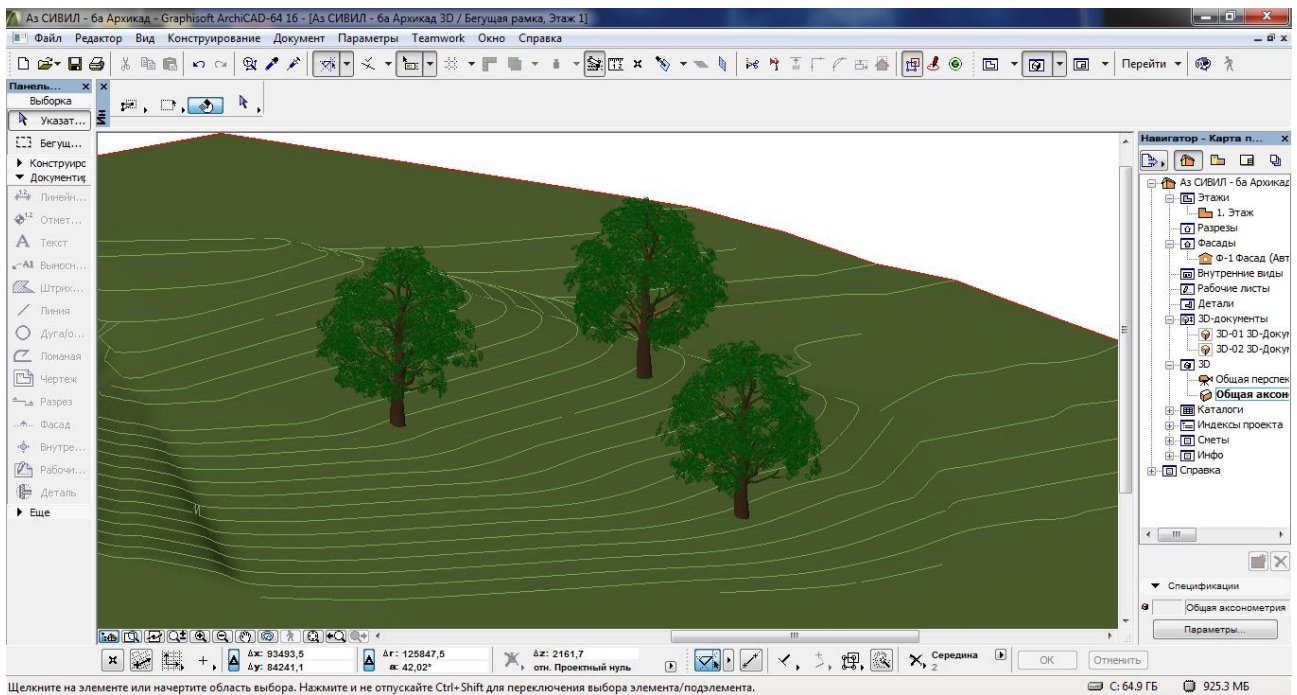


Рис. 2. Построенная цифровая трехмерная модель геопространства по горизонталям в ArchiCAD

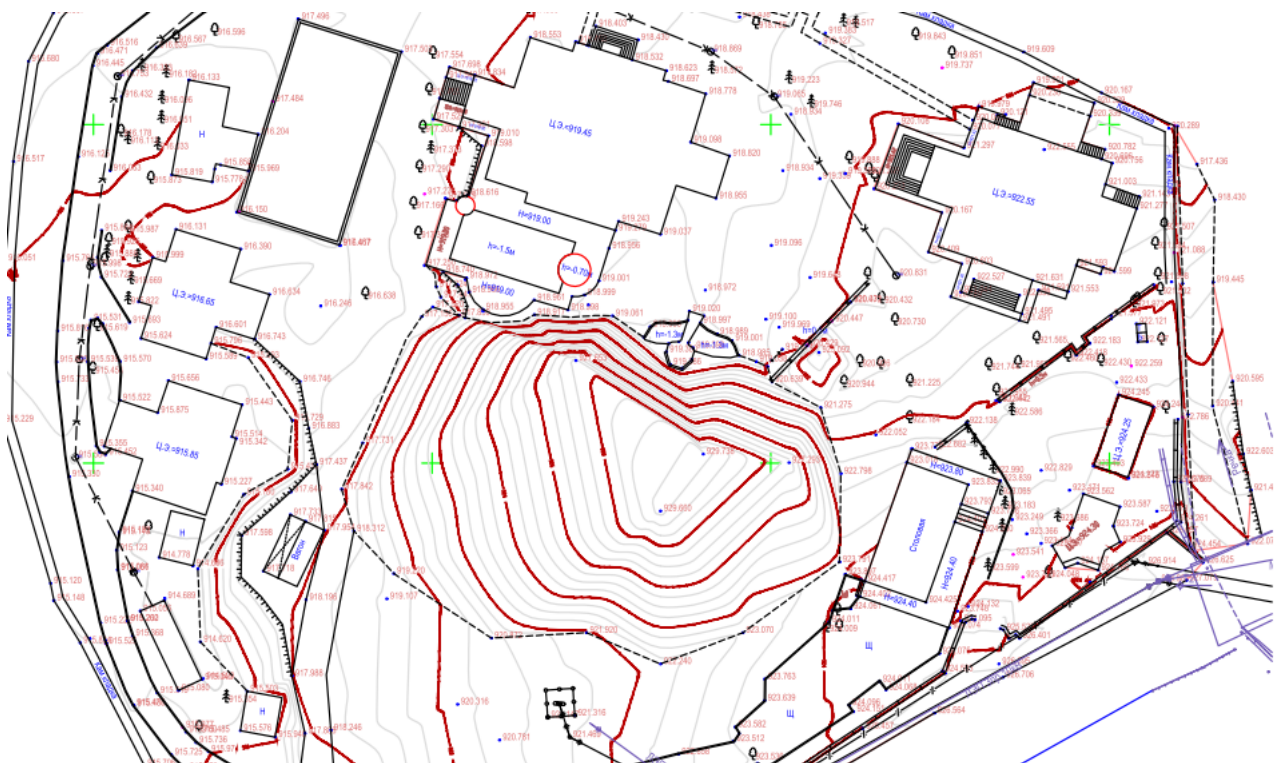


Рис. 3. Обработанный ситуационный план в Civil 3D



Рис. 4. Созданная трехмерная модель геопространства в ArchiCAD

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А. М. Картография : учебник для вузов. – М. : Аспект Пресс, 2001. – 336 с.
2. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
3. Писарев В. С. Использование современных сканирующих систем на открытых горных выработках // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конференции. – СПб., 2015. – С. 61–64.
4. ARCHICAD-A 3D architectural BIM software for design & modeling [Electronic resource]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD>.
5. Oimoen M. An Effective Filter for Removal of Production Artifacts in U.S. Geological Survey 7.5-Minute Digital Elevation Models // Fourteenth International Conference on Applied Geologic Remote Sensing. Las Vegas. – NV : Veridian ERIM International, 2000. – Pp. 311–319.

© Б. Н. Ахмедов, 2017

УДК 528.9

*А. В. Байыр-оол*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

#### **СОЗДАНИЕ ПЛАНА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА В СРЕДЕ AUTO CAD**

Картографическое черчение осуществляется посредством графики и цвета. Землеустроительное черчение отличается от картографического черчения своими задачами, условными знаками и методами оформления чертежей.

В процессе внутрихозяйственного землеустройства землепользования разрабатываются проекты внутрихозяйственного землеустройства (ВХЗ). Проект внутрихозяйственного землеустройства представляет собой совокупность правовых, экономических и технических документов (текстовых, расчетных, графических) по организации рационального использования и охране земель. Он определяет новую форму организации территории, которая должна способствовать росту эффективности производства.

Его графический проект предусматривает нанесение установленных границ всех земельных угодий и севооборотов на плане землепользования (топографическом плане) [1–3].

На первых порах разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства в основном заключалась в выделении пахотных массивов под севообороты и проектирование полей и бригадных участков, но впоследствии проекты внутрихозяйственного землеустройства стали охватывать практически всю территорию землепользований. В настоящее время содержание проектов внутрихозяйственного землеустройства определяется еще и необходимостью предупреждения опасности снижения интенсивности использования земли.

Состав и содержание проекта зависят от природных и социально-экономических условий, форм землевладения и землепользования, специализации хозяйства, состава и соотношения отраслей, условий расселения, развития элементов инфраструктуры.

Проект ВХЗ состоит из семи составных частей:

1. Размещение производственных подразделений и хозяйственных центров.
2. Размещение ВХ магистральных дорог, водохозяйственных и других инженерных сооружений и объектов общественного назначения.
3. Организация угодий и севооборотов. Эта часть проекта осуществляется с учетом производственных (плодородия, эродированности, окультуренность) и территориальных свойств земли. Организация севооборотов всегда считалось основой ВХЗ. так как пашня является самым ценным угодьем.
4. Устройство территории севооборотов: размещение полей, лесополос, дорог, полевых станов, источников водоснабжения.
5. Устройство территории плодово-ягодных насаждений, размещение пород, сортов, кварталов, бригадных участков, хозяйственных центров, лесополос и т. д.
6. Устройство территории пастбищ, закрепление пастбищ за животноводческими фермами, организация и размещение пастбищеоборотов, гуртовых (отарных) участков, загонов, очередности стравливания, летних лагерей, водных источников, скотопрогонов.
7. Устройство территории и организация сенокосооборотов, бригадных участков, размещение полевых станов, дорог, водных источников.

Оформление проекта – это, прежде всего, оформление плана землепользования. Проект внутрихозяйственного землеустройства составляют на качественном планово-картографическом материале с изображением рельефа местности, с использованием материалов предшествующего землеустройства, данных внутрихозяйственной оценки земель, почвенного, геоботанического, агро-

химического и других видов обследований и изысканий. В случае отсутствия таких материалов до составления проекта проводят соответствующие обследования и изыскания или корректируют имеющиеся данные.

Используют также данные предпроектных проработок (схемы землеустройства районов, перераспределения земель, размещения дорожной сети, технико-экономические обоснования и расчеты и др.), проекты межхозяйственного землеустройства, мелиорации, агролесомелиорации, планировки и застройки сельских населенных пунктов, материалы по передаче земли в ведение сельской администрации и др.

Масштаб плано-картографического материала для составления проектов внутрихозяйственного землеустройства зависит от размера землевладения и землепользования, конфигурации, расчлененности и разобщенности угодий, контурности, сложности рельефа, мелиоративного состояния земель и интенсивности их использования. По зонам страны используют планы различных масштабов – от 1 : 5 000 до 1 : 100 000.

В районах поливного земледелия, интенсивного садоводства и виноградарства используют планы крупных масштабов – 1 : 5 000 и 1 : 10 000; в условиях мелкоконтурности угодий, как правило, – 1 : 10 000; в степной зоне с большими массивами пашни и коллективными хозяйствами – 1 : 25 000; в пустынных и полупустынных районах – 1 : 50 000; в районах Крайнего Севера – 1 : 100 000. Для крестьянских (фермерских) хозяйств в зависимости от площади чаще всего используют планы масштаба 1 : 5 000.

Оформление карт на компьютере предполагает использование специального программного обеспечения, позволяющего работать с векторной графикой [4]. Мной в работе использован AutoCAD 2013.

В процессе выполнения работы была создана структура рабочих слоев проекта. В эту категорию вошли следующие слои:

1. Растр;
2. Легенда;
3. Участки хозяйств;
4. Населенные пункты;
5. Учреждения обслуживания;
6. Дороги;
7. Растительность и грунты;
8. Границы хозяйств;
9. Кварталы;
10. Фермы;
11. Территории хозяйств;
12. Надписи.

На первом этапе работы мы создали слой «Растр» – была подгружена растровая основа (фрагмент проектного плана масштаба 1 : 10 000). Далее – слой «Легенда».

Далее выполнен слой «Участки хозяйств»: запроектированная территория каждого хозяйства окрашена, а границы оттенены. Территории окрашены в сле-

дующие цвета: зеленый, голубой, желтый, розовый, красный и серо-коричневый. Цвета подобраны для более четкого представления и восприятия плана.

Слой «Населенные пункты»: с помощью условных обозначений выделены перспективные и неперспективные населенные пункты: сельский населенный пункт, сохраняемый на расчетный срок (обозначены окружностями синего цвета) и населенные пункты, подлежащие сселению немедленно (окружности синего цвета с перекрестьем).

Слой «Учреждения обслуживания»: показаны комплексные учреждения, обслуживающие население хозяйств. Красным прямоугольником отмечены учреждения, которые обслуживают все населенные пункты. Красным кругом отмечены те учреждения, которые обслуживают определенный участок.

Слой «Дороги»: на плане нанесена дорожная сеть: прямыми красными линиями – проектируемые дороги, черными – существующие. Также показаны грунтовые проселочные дороги, которые проходят через границы участков.

Слой «Растительность и грунты»: стандартными условными знаками показаны сады и виноградники, а также залежи.

Слой «Границы»: границы районов на фрагменте оформлены комбинациями линейного пунктира и точек, окрашенных различными цветами. Эти границы показывают, где заканчивается один участок, и начинается другой. Элементы существующего положения районов нанесены тонкими линиями, а проектное решение – более толстыми.

Слой «Кварталы»: кварталы показаны на плане полигонами со штриховкой черного цвета.

Слой «Фермы»: значками показаны животноводческие и птицеводческие фермы.

Слой «Территории хозяйств»: на данном слое была нанесена запроектированная территория. Территория изменения границ при проектировании заштрихована красной линией.

Слой «Надписи»: в этом слое были нанесены названия хозяйств и населенных пунктов. Также красными римскими цифрами пронумерованы территории запроектированных хозяйств.

Результат работы – план внутрихозяйственного землеустройства. Он будет использован в учебном процессе по предмету «Компьютерная графика».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егорова Т. М. Землеустроительное черчение : учебное пособие для вузов. – М. : Недра, 1982.
2. Лебедев П. Е. Топографическое черчение : учебник для техникумов. – М. : Недра, 1987.
3. Топографическое черчение : учебник для вузов / Н. Н. Лосяков, П. А. Скворцов, А. В. Каменецкий и др. – М. : Недра, 1986.
4. Утробина Е. С. Оформление карт и картографическое черчение. Картографическое черчение : учеб.-метод. пособие. – Новосибирск : СГГА, 2011.

© А. В. Байыр-оол, 2017

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS**

Инженерное проектирование отражает современное состояние научно-технического прогресса и связывает научные разработки с производственными задачами. Проектирование любых объектов осуществляется по заданию правительства на основе технико-экономических расчетов и бизнес-планов. К таким объектам можно отнести и машиностроительные объекты, в конструкторскую документацию которых входят не только рабочие чертежи, спецификации, но и проектно-сметная документация.

На занятиях по инженерной графике мы познакомились с различными видами передач и зацеплений, а также с программным комплексом SolidWorks. Данный САПР используется инженерами на этапах конструкторской и технологической подготовки производства, так как с его помощью можно моделировать любые детали машин и механизмы.

В настоящее время имитационное моделирование стало эффективным средством решения машиностроительных задач. Упростить и ускорить процесс разработки и проектирования механизмов можно с использованием САПР Solidworks.

Данная работа демонстрирует возможности имитационного моделирования различных видов передач и зацеплений. Рассмотрим подробнее некоторые из них.

**Коническое зубчатое зацепление.** Коническое зубчатое зацепление (рис. 1) применяется, когда необходимо передать вращательное движение от ведущего вала к ведомому. Валы, а соответственно и зубчатые колеса, расположены чаще всего под углом  $90^\circ$ . Отличительной особенностью данного вида зубчатых колес является переменный модуль зубца по длине [1].

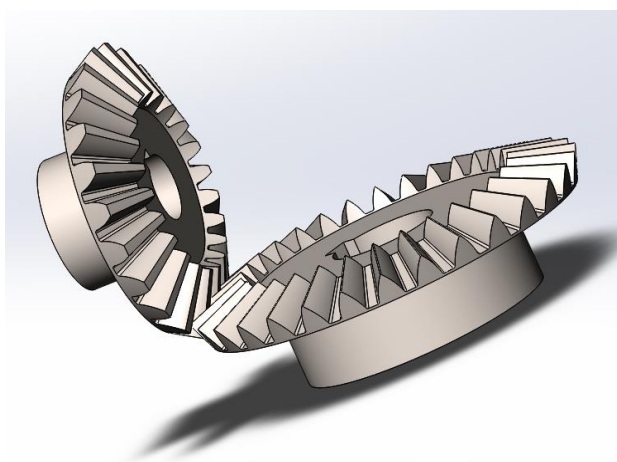


Рис. 1. Коническое зубчатое зацепление

**Прямозубое зубчатое зацепление.** Данный вид зацепления (рис. 2) является самым распространенным. В нем оси зубчатых колес параллельны между собой. Прямозубое зубчатое зацепление активно применяется во всевозможных механизмах, а особенно в шестеренных гидромашинах [1].

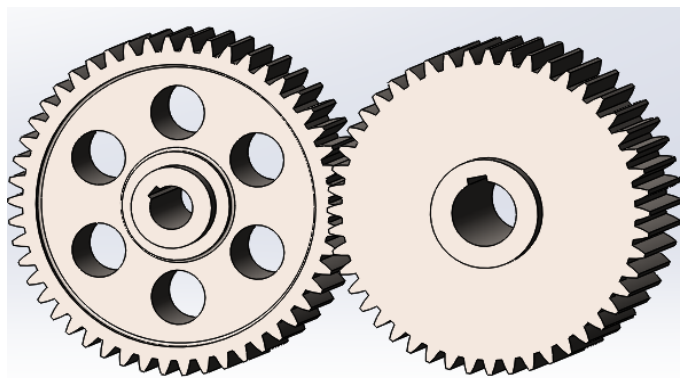


Рис. 2. Прямозубое зубчатое зацепление

**Косозубое зубчатое зацепление.** В косозубом зубчатом зацеплении (рис. 3) в зацеплении находится несколько зубьев, на которые распределяется передаваемая нагрузка, что увеличивает нагрузочную способность, плавность работы передачи и уменьшению шума [1]. Данный тип зубчатого зацепления применяется в механизмах, в которых требуется передать большой крутящий момент.



Рис. 3. Косозубое зубчатое зацепление

**Цепная передача.** Цепные передачи (рис. 4) относятся к простым и экономичным в эксплуатации. Передача механической энергии в данном типе передачи осуществляется силой зацепления при помощи цепи. Цепные передачи обеспечивают простую компоновку и большую подвижность валов друг относительно друга. Данный вид передачи во время работы практически бесшумный [2].

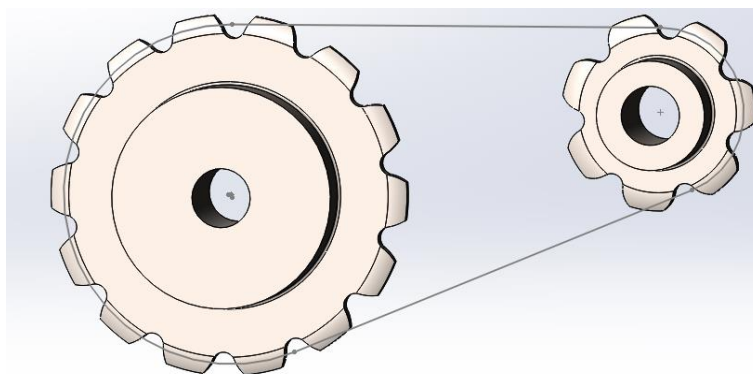


Рис. 4. Цепная передача

**Червячная передача.** Червячные передачи (рис. 5) еще называют зубчато-винтовыми. Они относятся к механическим передачам и осуществляют зацепление червяка с сопряженным с ним червячным колесом. Данные передачи используют, когда необходимо передать движение перекрещивающимся валам. Вращаясь, червяк входит в зацепление с зубчатым колесом, и приводит его во вращение. Главным достоинством данного вида передачи является получение больших передаточных чисел [3]. Червячные передачи широко используются в различных подъемных механизмах.

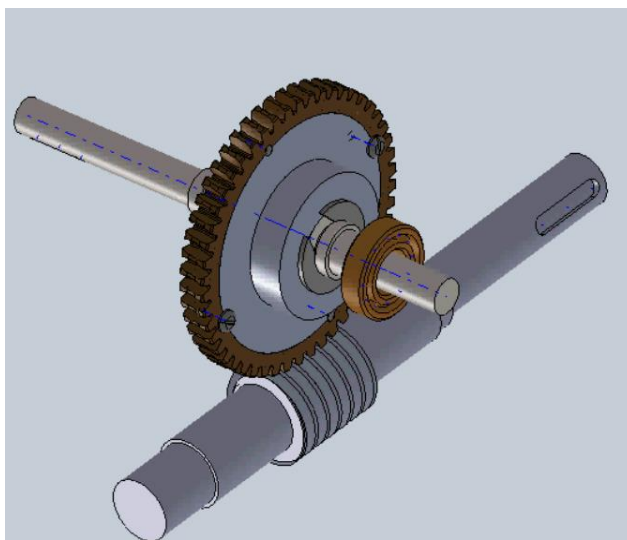


Рис. 5. Червячная передача

Программа SolidWorks позволяет имитировать движение вышеперечисленных передач при моделировании различных типов редукторов [4]. Рассмотрим некоторые из них.

**Цилиндрический редуктор.** Цилиндрический редуктор (рис. 6) применяется для передачи вращения между параллельно расположенными валами

и представляет собой одну или несколько последовательно соединенных цилиндрических передач, заключенных в общий корпус [4].

Цилиндрические редукторы широко используются в машиностроении и в военной промышленности.

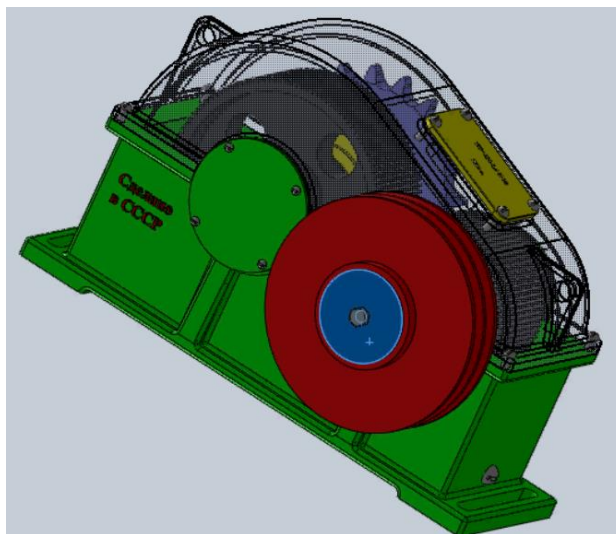


Рис. 6. Цилиндрический редуктор

**Конический редуктор** (рис. 7). Конический редуктор представляет собой механический редуктор, включающий в себя коническую и цилиндрические передачи. В коническом редукторе цилиндрические колеса имеют форму усеченного конуса. Оси валов данного зацепления, расположены под углом [5]. Конические редукторы часто применяются в приводах различного рода машин и станках.

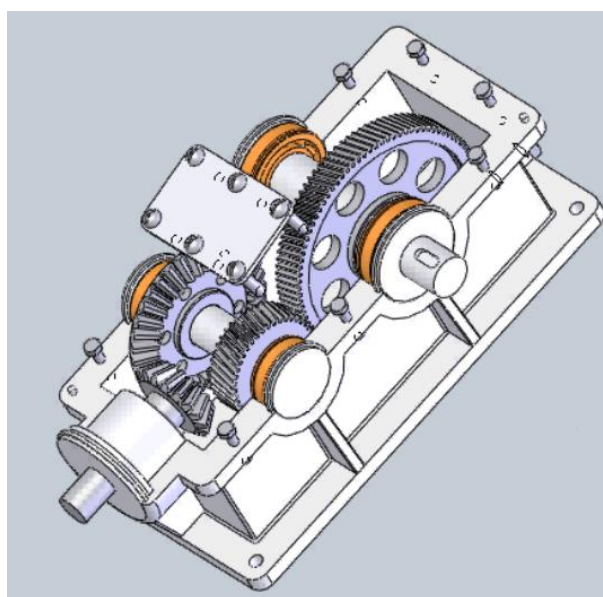


Рис. 7. Конический редуктор

Зубчатые колеса и зубчатые зацепления используются для передачи движения и мощности с одного вала машины на другой. При помощи программы SolidWorks возможно создание имитации движения зубчатых передач, что позволяет взглянуть на процесс работы изделий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Библиотека технической литературы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bibt.ru>.
2. Готовцев А. А. Проектирование цепных передач. Справочник. – М. : Машиностроение, 1982. – С. 152–203.
3. Курмаз Л. В. Детали машин. Проектирование. – М. : Высш. шк., 2005. – С. 103–222.
4. Болбат О. Б. Знакомство с основными приемами работы в SolidWorks: видеоуроки по трехмерному моделированию : мультимедийное электронное пособие. – Новосибирск, 2013.
5. Анфимов М. И. Редукторы. Конструкции и расчет. – Изд-е 4-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1993.– С. 205–311.

© Э. С. Бондарев, 2017

УДК 502.22 517:519.8

*Д. А. Борисов*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Сложность техногенных объектов (ТО) несет потенциальные угрозы для жизни и здоровья человека, что обуславливает необходимость разработки новых методов определения и анализа их пространственно-временного состояния (ПВС) [1–5].

Современные методы сбора геопространственных данных таких, например, как лазерное сканирование предоставляют информацию об объекте в виде массива (облака) точек с координатами  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Неизбежное влияние внешних факторов влечет за собой изменение пространственного положения ТО, выявить которое можно по приращениям координат точек облака, определенных на моменты времени  $t$  при смещении. Другими словами, для определения движение объекта необходимо иметь множество  $X(t)$ ,  $Y(t)$ ,  $Z(t)$ .

Современные программные комплексы, такие как Autocad Civil 3d, Cyclone MODEL и т. д., позволяют определить смещение объекта путем наложения статических моделей облаков точек, приходящихся на моменты времени  $t_i$  и  $t_{i+1}$  (где  $i = 1, 2 \dots n$ ), и выявить зоны деформации. Изменение ПВС объекта представляет собой совокупность поступательного, вращательного и относительно движения (деформации). Количество точек облака может измеряться десятками тысяч, и каждая из них может иметь индивидуальную траекторию движения и разную скорость. Выявить зоны деформации по максимальному смеще-

нию точек облака в программных комплексах можно, однако определить целостную картину динамики изменения ПВС (вращение, поступательное движение) возможно математическими методами [6–8].

В работе рассмотрен метод аппроксимации облака точек геометрическими фигурами. Движение облака и изменение его пространственной ориентации определяется путем определения изменения геометрических характеристик аппроксимирующей фигуры как функций времени. Так, в зависимости от формы объекта можно аппроксимировать ее сферой, цилиндром, тетраэдром и т. д. Форму высотных зданий (свечек), мостов, тоннелей, газо- и нефтепроводов можно сопоставить цилиндру. Изменение размеров цилиндра, его вращение или смещение будут определять целостную картину динамики движения объекта и его ориентацию в пространстве [9].

Рассмотрим процедуру аппроксимации облака цилиндром на момент времени  $t_1$  на экспериментальных данных (рис. 1). Для автоматизации вычислений и наглядной визуализации динамики автором была разработана программа, которая используя в качестве исходных данных множество точек облака с координатами  $X(t)$ ,  $Y(t)$ ,  $Z(t)$ , позволяет:

- выполнить аппроксимацию облака геометрической фигурой;
- определить ориентацию фигуры относительно условной системы координат;
- определить изменение геометрических характеристик фигуры как функций времени.

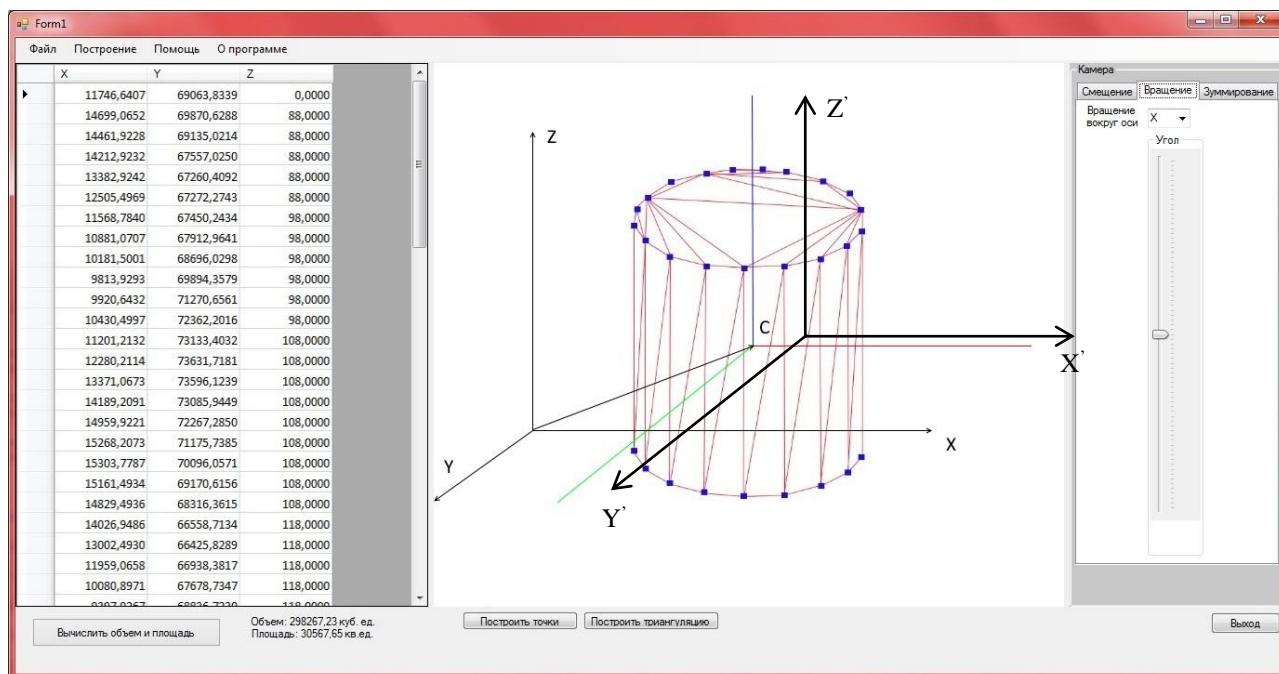


Рис. 1. Аппроксимация облака точек цилиндром

Если начало координат совместить с точкой, координаты которой определяются как среднее арифметическое координат точек облака, то ориентацию этого облака точек в пространстве можно определить через углы Эйлера (рис. 2).

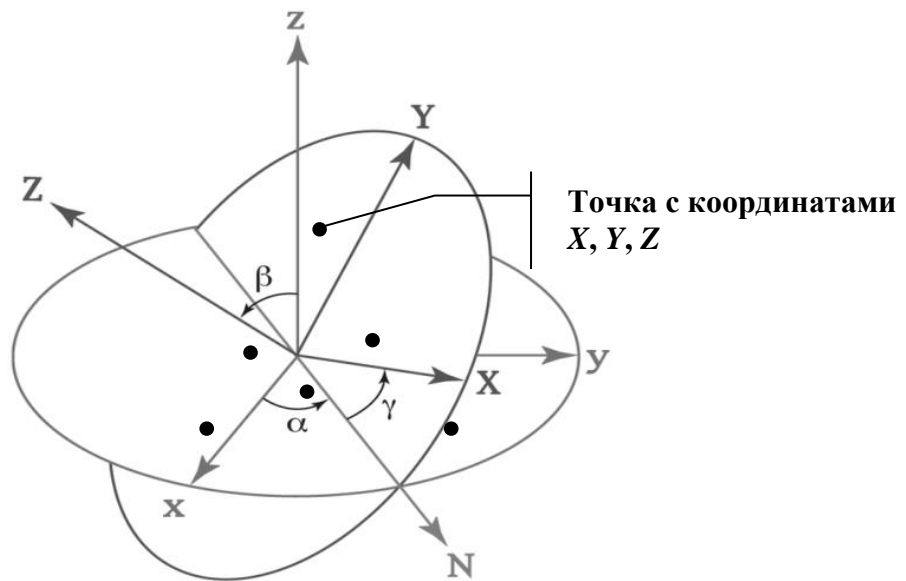


Рис. 2. Ориентация облака точек в пространстве через углы Эйлера

Для определения изменения ориентации объекта в пространстве была выполнена имитация поворота. На момент времени  $t_2$  было искусственно задано смещение точек облака.

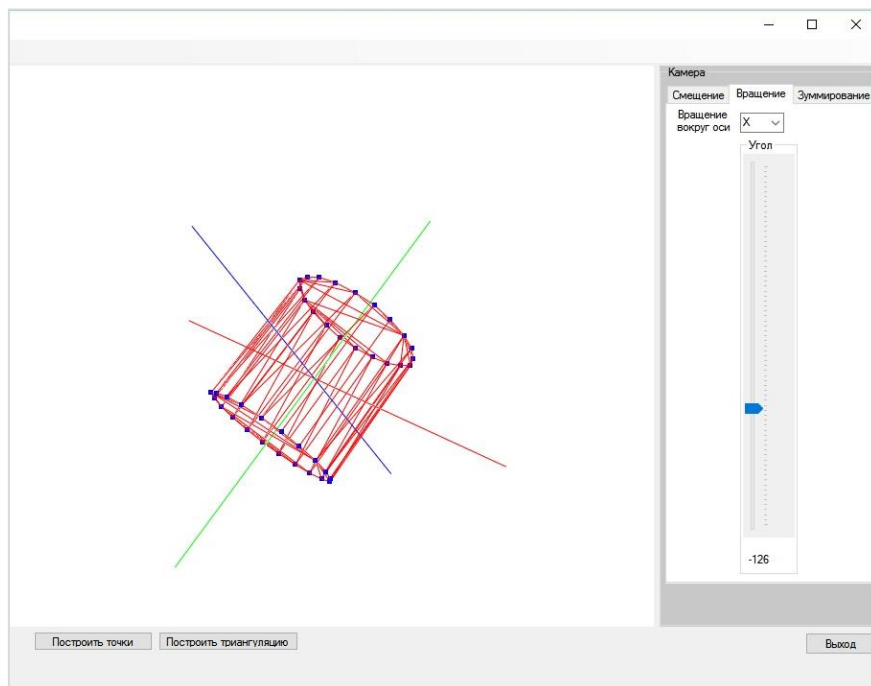


Рис. 3. Вращение цилиндра

В результате вычислений угол прецессии получился равным  $78^\circ$ , угол нутации  $= -126^\circ$ , а угол собственного вращения  $= -42^\circ$ .

Имея в распоряжении исходные данные  $X(t_i)$ ,  $Y(t_i)$ ,  $Z(t_i)$ , определяется динамика изменения пространственного положения облака точек в целом. Если в результате внешних воздействий наблюдается структурная декомпозиция объекта (деформация), то для каждой структурной части выполняется аппроксимация и определяется изменение ее пространственного положения. В результате можно выполнить сравнение изменения пространственного положения структурных частей объекта относительно друг друга.

Процесс декомпозиции состоит в определении последовательности формальных и неформальных действий, позволяющих представить исходный объект в виде совокупности более простых частей. Этот процесс имеет циклический характер – он может повторно применяться к ранее полученным результатам декомпозиции. Другими словами, декомпозиция, как процесс расчленения, позволяет рассматривать любую исследуемую систему как сложную, состоящую из отдельных взаимосвязанных подсистем, которые, в свою очередь, также могут быть расчленены на части. Основное требование, предъявляемое к результатам декомпозиции, состоит в представлении системы исчерпывающе подробно и с минимальным по возможности числом элементов и подсистем, обеспечивающим достижение цели. В результате этого описание исходного объекта упрощается, и достижение цели облегчается.

В результате декомпозиции получают набор блоков, которые в свою очередь становятся объектами исследования. С такими блоками проще работать: анализировать, определять изменение пространственно-временного положения и геометрические характеристики (рис. 4).

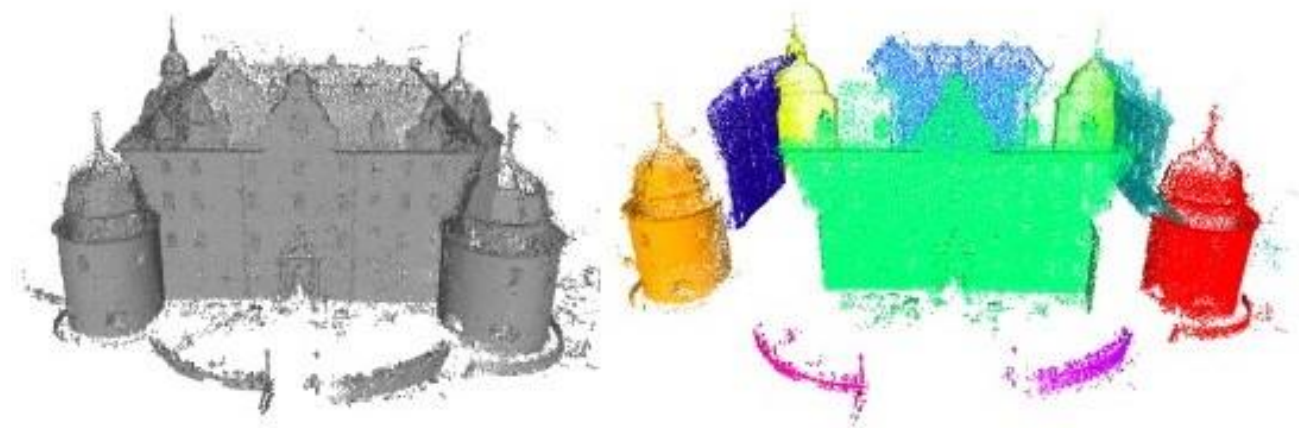


Рис. 4. Декомпозиция облака точек на блоки

Также в геоинформатике применяется семантическая декомпозиция для более качественного анализа и описания сложных техногенных объектов (рис. 5).

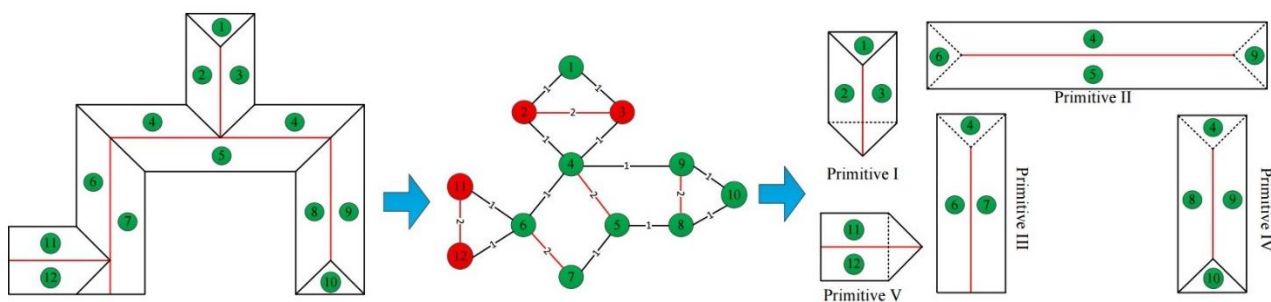


Рис. 5. Семантическая декомпозиция

После выполнения метода декомпозиции можно определить изменение пространственно-временного положения каждого из структурных блоков, что представляет более глубокий анализ исследуемого объекта. Рассматривая такие структурные блоки, можно обнаружить, что изменение ПВС каждого из них относительно друг друга и относительно целого объекта неравнозначно. То есть каждый блок может иметь разную величину наклона в пространстве, разные изменения геометрических характеристик, разные движения и деформации (рис. 6).

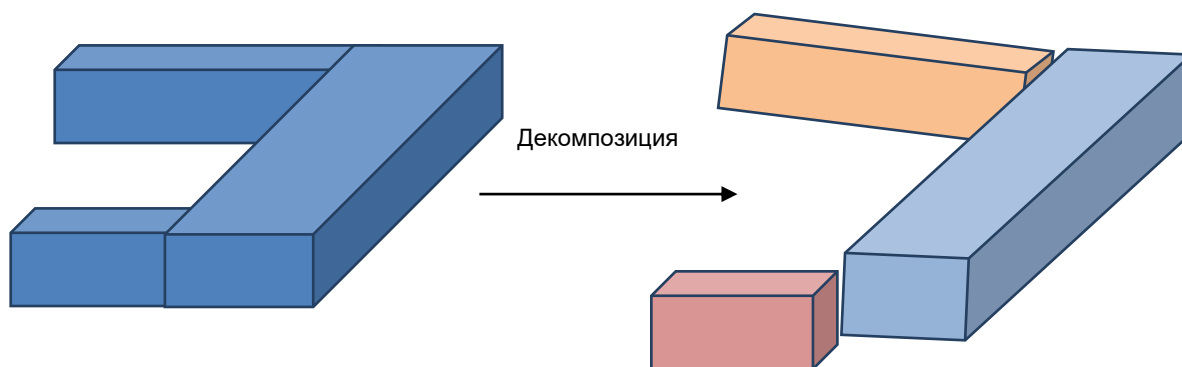


Рис. 6. Декомпозиция объекта на структурные блоки

В качестве примера декомпозиции используем более сложный техногенный объект – дымовую трубу ТЭЦ. Такие трубы подвергаются постоянному влиянию агрессивных дымовых газов и ветровой нагрузке вследствие чего постепенно разрушаются изнутри и снаружи.

При наличии данных об исследуемом объекте – массивов точек  $X(t)$ ,  $Y(t)$ ,  $Z(t)$  получим статические модели на каждый момент времени  $t$ . Изменение формы, размеров, геометрических параметров и ориентации моделей объекта будут свидетельствовать о наличии интегральных и/или дифференциальных деформаций, а также о вращательном и/или поступательном движении и, как следствие, об изменении его пространственно-временного состояния.

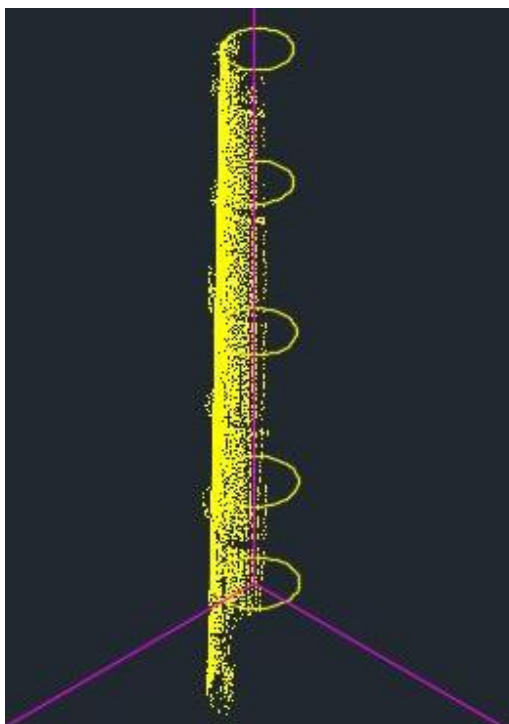


Рис. 7. Облако точек дымовой трубы

Далее аппроксимируем облако точек цилиндром и декомпозируем данную модель на два структурных блока (рис. 8). С данными участками можно проводить различные исследования для обнаружения изменения пространственно-временного положения отдельных блоков с течением времени, а также относительно друг друга и исходной модели.

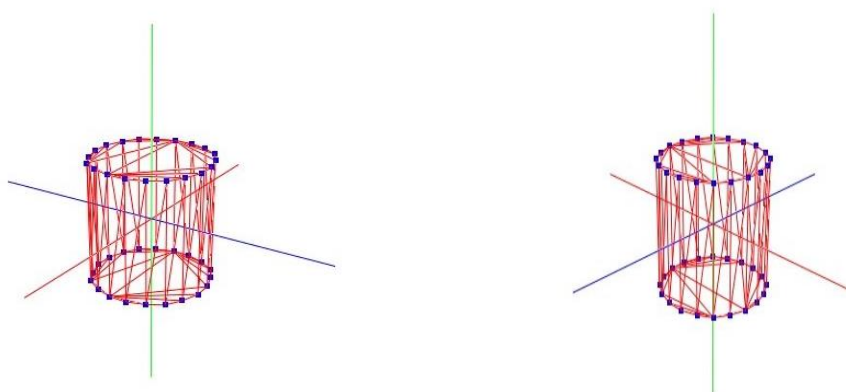


Рис. 8. Два структурных блока цилиндра

Для примера создадим имитацию крена исследуемой модели. Для этого были созданы облака точек для четырех моментов времени и последовательно измерены углы отклонения осей подвижной системы координат для каждого момента времени относительно первоначального положения (рис. 9).

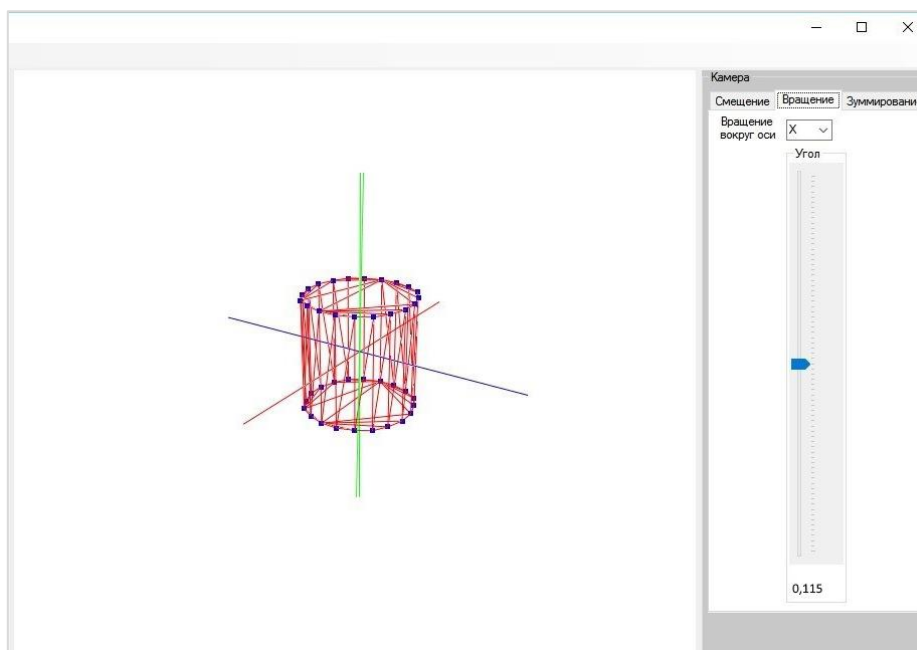


Рис. 9. Отклонение продольной оси одного из структурных блоков

Таким образом, были получены данные о степени наклона разных структурных блоков исследуемой модели объекта, которые были сведены в таблицу.

Моменты времени	Угол наклона продольной оси 1 структурного блока	Угол наклона продольной оси 2 структурного блока
$t_1$	0,115°	0,124°
$t_2$	0,104°	0,126°
$t_3$	0,100°	0,130°
$t_4$	0,98°	0,142°

Данный метод позволяет показать изменение пространственно-временного положения структурных частей объекта и тем самым выявить его деформации в конкретных метрах или точках. Изменение ПВС всего объекта не всегда может говорить о наличии деформаций какого-либо рода, наличие которых может сказать изменение показателей структурных блоков на разную величину. Также такой метод позволяет провести более детальный анализ, расчлняя уже исследованные блоки на подблоки в зависимости от сложности объекта.

Далее можно проводить и другие исследования, например, изменение положения центра  $C$  будет свидетельствовать либо о поступательном движении объекта в пространстве (при неизменности расстояний между точками множества), либо о дифференциальных деформациях. Однако, если положение центра  $C$  не изменяется с течением времени, то это не свидетельствует о том, что нет интегральных деформаций.

Для выявления деформаций можно сравнивать радиусы соответствующих окружностей. Изменение радиуса будет свидетельствовать об интегральных деформации трубы (сжатиях и растяжениях).

Приведенный метод определения пространственно-временного состояния объекта может быть применен не только для техногенных объектов, но и для технических систем любой сложности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеховцов Г. А., Шеховцова Р. П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений : монография. – Н. Новгород : Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2014. – 256 с.

2. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем // Материалы V Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства». – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2012. – Т. 2. – С. 100–105.

3. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 3. – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 26–31.

4. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам и оценка техногенного риска методом экспоненциального сглаживания // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 47–58.

5. Бугакова Т. Ю., Борисов Д. А., Яковлев Д. А. Программная реализация метода Делоне для определения формы и размеров техногенных объектов по геопространственным данным // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № S4. – С. 15–19.

6. Вовк И. Г. Моделирование в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2011. Вып. 1 (14). – С. 69–75.

7. Бугакова Т. Ю. Моделирование изменения пространственно-временного состояния инженерных сооружений и природных объектов по геодезическим данным // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 1 (29). – С. 34–42.

8. Бугакова Т. Ю., Шляхова М. М. 3d-моделирование и визуализация деформации поверхности на примере купола Новосибирского планетария // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : 6-я Междунар. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – С. 63–67.

9. Бугакова Т. Ю., Борисов Д. А. Модель определения пространственно-временного состояния техногенных систем методами по данным геодезических наблюдений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : 6-я Междунар. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – С. 56–62.

© Д. А. Борисов, 2017

*А. А. Вахрушева*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

## **ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В НАЗЕМНОЙ НАВИГАЦИИ**

В последнее время, трехмерное моделирование, как новый способ предоставления информации, пользуется большой популярностью, находя применение во многих областях человеческой деятельности. Ценность трехмерного моделирования в том, что оно позволяет смоделировать не только существующие, но и проектируемые объекты. Хотелось бы остановиться на тех областях применения 3D-моделирования, которые наиболее востребованы в свете специфики современных задач.

Активная работа по созданию трехмерных моделей городов ведется как за рубежом, так и в нашей стране. Нельзя не признать в этой связи, что лидером в данной области являются США. В настоящее время построены трехмерные модели большинства крупнейших городов этой страны, и начались работы по моделированию помещений внутри зданий. Отставание России в этой области не может быть признано катастрофическим, поскольку, при наличии всех необходимых технологий, высококлассных специалистов, успешно выполняются работы по трехмерному моделированию и анализу моделей небольших участков городов, промышленных и инфраструктурных объектов, в том числе в интересах иностранных партнеров. Однако в то же время отсутствие понимания необходимости построения таких моделей для эффективного управления инфраструктурой города, архитектурного планирования, для решения задач гражданской обороны, разрешения экологических проблем, планирования мероприятий специальных служб значительно тормозит внедрение таких технологий [1, 2].

Одним из значимых направлений применения трехмерных моделей является информационная поддержка проектных решений. 3D-моделирование позволяет опробовать технические решения непосредственно в процессе проектирования, что радикально сокращает временные затраты и существенно повышает качество проектов.

Представление трехмерной сцены в заданной системе координат, которую, как правило, определяет координатная система ортофотоизображения или текстурируемой им ЦМР, и добавление к получаемой 2,5D-модели местности различной атрибутивной информации (тип объекта, название, характеристики и т. п.), представляемой, например, в табличной форме ГИС, а также дополнительных данных (условные знаки, аннотации, вспомогательные модели окружающих движимых или недвижимых объектов) позволяет получить не только имитацию реальности, но и хороший инструмент для анализа или публикации геопространственных данных и связанной с ними информации. По сути, мы получаем геоинформационную систему, в которой реализована возможность отображения пространственных данных в трехмерном виде (3D ГИС), или виртуальную реальность, основанную на данных геоинформационных систем.

Фотореалистичная 3D-сцена может создаваться на основе различных источников геопространственной информации: аэро- и космическая съемка местности, фото- и видеосъемка объектов, геодезические измерения, полевые обследования, лазерное сканирование, существующие картографические материалы и ГИС-данные. Результаты обработки этой информации, в том или ином виде, могут использоваться как для моделирования объектов и поверхности, так и для получения, уточнения атрибутивной информации, сохраняемой в ГИС в табличной форме [3].

**Трехмерное моделирование.** Моделирование для информационной поддержки проектных решений имеет два этапа: подготовительный (подготовки данных) и расчетно-аналитический. Первый во многом схож с аналогичным этапом двухмерного проектирования, но в обязательном порядке требует наличия данных аэросъемки или космического дистанционного зондирования. Второй подразумевает вычисление каких-либо параметров по 3D-моделям (например, определение зон затопления, зон покрытия пространственными данными, проектирование телекоммуникационных сетей, прогнозирование ледовой обстановки).

Особенность проектных задач состоит в моделировании и оптимизации решения, которое еще предстоит реализовать. Контроль результатов именно на этом этапе особенно важен, поскольку позволяет сократить количество ошибок проектирования без заметного увеличения стоимости проекта. В любом случае общая стоимость создания 3D-моделей значительно меньше затрат на внесение изменений в уже существующий объект. Виртуальная трехмерная модель позволяет проводить визуальный контроль и оптимизировать проектные решения с учетом рельефа местности, дендроплана, имеющейся и проектируемой инфраструктуры. 3D-проекты, совмещенные с трехмерной моделью территории, дают представление о том, как возводимые объекты впишутся в ландшафт [4].

Логическим продолжением мониторинга в режиме реального времени являются интерактивные (предполагают наличие обратной связи) системы управления пространственными процессами, основанные на использовании трехмерных моделей объектов.

Графическое представление объектов управления в виде 3D-моделей преподносит информацию в наиболее удобном и естественном для человека виде, что положительным образом сказывается на качестве и оперативности принятия решений. Это свойство 3D-моделей может широко использоваться при создании ситуационных центров управления территориями (центры кризисных ситуаций, оперативные службы, подразделения по отслеживанию использования биоресурсов, по учету и контролю объектов недвижимости и т. д.) [5].

**Концепция.** В рамках своей научно-исследовательской работы, трехмерное моделирование возможно использовать в качестве информационной поддержки задачи проектирования навигационной сети.

Эффективное проектирование навигационной сети невозможно без выполнения аналитических расчетов, основанных на трехмерных моделях территории.

Городская инфраструктура характеризуется взаимосвязанностью всех объектов. Нельзя изменить пространственные характеристики одного объекта, не учитывая последствий для других.

Для проектирования локальной навигационной системы, содержащей набор RFID-меток, необходимо создать упрощенную модель исследуемого участка с использованием автоматических технологий, а так же применить для аналитических расчетов местоположения ретрансляторов.

**По результатам проведенного исследования можно утверждать, что предложенный подход к проектированию навигационной системы характеризуется следующими достоинствами:**

– возможность совместного трехмерного анализа проектных решений конструктива развязки, компонентов реального градостроительного слоя (инженерные коммуникации, фонарные столбы, опоры мостов, рекламные щиты и т. д.), т. е. производить оценку зоны видимости объекта наблюдений при его проектном расположении с учетом иных сооружений и при необходимости в режиме реального времени перемещать его модель в зону лучшей видимости и формировать соответствующие рекомендации;

– возможность разработки методики совместного проектирования модели развязки, ее сооружений, объектов инфраструктуры. Комплексное проектирование позволит консолидировать все проектные решения и устранить невязки с меньшими затратами материальных и временных ресурсов.

В качестве заключения может выступать настоятельная рекомендация внедрения 3D-моделирования и технологии геоинформационных систем (ГИС) в практику проектирования размещения технических средств и создания соответствующей нормативной документации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трехмерное ГИС-моделирование и техническая инвентаризация [Электронный ресурс] : офиц. сайт интернет-журнала «ARCREVIEW». – Режим доступа: [http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=1568&SECTION\\_ID=43&sphrase\\_id=4197605](http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=1568&SECTION_ID=43&sphrase_id=4197605).

2. Аманова А. К., Романович Е. В., Бородулина И. В. Технология создания цифровых топографических планов и моделей местности по данным наземного лазерного сканирования для решения задач градостроительства // Сб. тез. докл. Новосиб. межвуз. науч. студен. конф. «Интеллектуальный потенциал Сибири». Ч. 2 (20–21 мая 2009 г.). – Новосибирск, 2009. – С. 66–67.

3. ГИС в решении транспортных проблем [Электронный ресурс] : офиц. сайт интернет-журнала «ARCREVIEW». – Режим доступа: [http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=23327&SECTION\\_ID=1088](http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=23327&SECTION_ID=1088).

4. Козловский Е. Искусство позиционирования // Вокруг света. – 2006. – № 12 (2795). – С. 204–280.

5. Возможности трехмерного ГИС-моделирования размещения средств организации дорожного движения на транспортных развязках [Электронный ресурс] : офиц. сайт интернет-журнала «ARCREVIEW». – Режим доступа: [http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=7812&SECTION\\_ID=252&sphrase\\_id=4197605](http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=7812&SECTION_ID=252&sphrase_id=4197605).

© А. А. Вахрушева, 2017

*А. А. Горбачева*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

## **СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ**

На современном этапе развития города Новосибирска площадь жилой застройки составляет 18,2 % от всей площади, на долю многоэтажной застройки приходится 5760 га, а малоэтажная застройка занимает территорию 3230 га (по состоянию на 2015 г.).

К 2030 г. прогнозируемая численность населения города Новосибирска составит 1 700 тыс. человек. Этот факт, а также повышение уровня обеспеченности жилой площадью (30 м<sup>2</sup> на человека) требует роста жилищного фонда. Генеральным планом города Новосибирска предусмотрено увеличение жилой территории до 23 % от общей (14 650 га), при этом площадь многоэтажной застройки составит 10 300 га, а малоэтажной застройки – 4 350 га [1].

Доля продаж малоэтажного жилья в общем объеме рынка недвижимости в России за последние несколько лет увеличилась. По данным Министерства строительства Новосибирской области, за первое полугодие 2016 г. объем ввода малоэтажного жилья составил около 267,0 тыс. кв. м [4].

Развитие малоэтажной застройки является одной из перспективных форм решения важной социально-экономической задачи по обеспечению населения экологичным, комфортным и, самое главное, доступным жильем [2]. В настоящее время наибольшим спросом пользуются индивидуальные и многосекционные дома. В общем объеме жилищного строительства в России на малоэтажную застройку приходится 52 % [3]. Такой вид застройки, а также другие объекты капитального строительства и земельные участки относятся к объектам недвижимости [5].

Для рационального управления территорией, корректного налогообложения и обеспечения прав собственности, объекты недвижимости подлежат учету и регистрации прав. В России эти функции выполняют Государственный кадастр недвижимости (ГКН) и Единый государственный реестр прав (ЕГРП). Необходимым документом для постановки на государственный кадастровый учет здания, сооружения, помещения, объекта незавершенного строительства, в том числе, является технический план [5].

На сегодняшний день геодезическое обеспечение кадастра недвижимости выполняется в системе плоских прямоугольных координат [6]. Расположение объектов недвижимости под и на земной поверхности приводит к неопределенности и неоднозначности двумерной регистрации по их 2D-проекции на земельный участок как в границах городов, так и на землях вне населенных пунктов. В итоге возникает необходимость рассматривать городскую территорию в трехмерном пространстве [7].

С мая 2010 г. по июнь 2012 г. в Российской Федерации проводился российско-голландский проект «Создание модели трехмерного кадастра объектов не-

двжимости в России» на базе единственного пилотного региона – Нижегородской области. Для проекта были выбраны три типичных трехмерных объекта на территории Нижнего Новгорода: здание Теледома, жилой комплекс и подземный газопровод среднего давления.

Разработанный прототип стал трехмерной визуализацией трех пилотных объектов и представлял из себя разборную модель здания в 3D-представлении. При работе с моделью можно рассмотреть отдельный этаж или помещение, выбрать помещения по определенному критерию, увидеть расположение объектов рядом друг с другом [8]. Для создания моделей объектов использовался программный продукт SketchUP.

Возможности SketchUp:

- создание 3D-моделей зданий, сооружений, мебели, интерьеров и т. д.;
- импорт/экспорт файлов 3D-визуализации;
- построение 3D-моделей в масштабе 1 : 1;
- геодезическая привязка к местности;
- интеграция с Google Earth [9].

Можно выделить три решения для регистрации 3D-ситуаций: полный 3D-кадастр, гибридный кадастр и 3D-признаки в действующей кадастровой системе регистрации.

При реализации полного 3D-кадастра обеспечивается ввод понятия права собственности в трехмерном пространстве. Однако на практике такая технология мало реализуема, в связи с чем наиболее часто используемым вариантом в практике мировых кадастровых систем является гибридный кадастр.

Гибридный кадастр предусматривает сохранение 2D-кадастра и регистрацию ситуации в третьем измерении с фиксированием при этом трехмерных объектов в двумерных границах 2D-кадастра. Это приведет к гибридному объединению 2D-земельных участков и трехмерных фактических объектов.

3D-признаки в действующей кадастровой системе регистрации предусматривают сохранение 2D-кадастра, но с внешними ссылками на цифровые представления трехмерных ситуаций [10].

На данный момент уже происходят изменения, позволяющие в скором времени перейти к созданию 3D-кадастра. В частности, на законодательном уровне впервые вводится понятие «3D-модель объекта недвижимости»: модель такого здания, сооружения, объекта незавершенного строительства, содержащая пространственное описание его конструктивных элементов, в том числе с учетом высоты или глубины таких конструктивных элементов, в виде электронного документа в одном из форматов: DXF, RVT, PLN, SKP [11]. Следовательно, 3D-модель можно создавать в программах AutoCAD, Autodesk Revit, ArchiCAD и SketchUp. Последняя является наиболее простой и удобной для быстрого моделирования.

Также, одним из факторов перехода к трехмерному кадастру является переход к единой системе координат ГСК-2011 [12] для осуществления кадастровой и геодезической деятельности, который позволит разрешить проблемы с наложением смежных объектов с 1 января 2017 г.

На основании приведенных документов можно предположить, что наиболее вероятным вариантом создания системы трехмерного кадастра недвижимости является 3D-кадастр с внешними ссылками. В рамках данного направления нами была создана 3D-модель объекта недвижимости с использованием программы SketchUp Pro 2016.



Рис. 1. Расположение объекта недвижимости на кадастровой карте

В качестве прототипа для создания 3D-модели был выбран реально существующий дом в поселке Березовый (Новолуговое, Новосибирск). На рис. 1 видно, что данный объект недвижимости поставлен на кадастровый учет и имеет трехмерный характер, однако не содержит пространственных сведений. Подобные объекты недвижимости обладают различными системами жизнеобеспечения (водопровод, теплотрасса, канализация и пр.), находящимися под землей и пересекающими границы контура объекта, что исключает возможность корректной регистрации таких систем при действующей схеме ведения ГКН.

На основе проекта планировки 1-го и 2-го этажей были вычерчены планы этажей, после чего этажи были преобразованы в трехмерный вид.



Рис. 2. Объект недвижимости на местности и в проекте

Такая модель удовлетворяет требованиям [11], в дальнейшем может быть дополнена данными о подземных коммуникациях на основе топосъемки, различными цветами и спецификациями может быть показано разделение пространства на нескольких собственников, следовательно, подобная модель может являться прототипом для реализации системы 3D-кадастра с внешними ссылками.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Решение Совета депутатов города Новосибирска от 26.12.2007 № 824 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://novo-sibirsk.ru/upload/iblock/f0c/docs\\_generalnyy\\_plan\\_goroda\\_novosibirska\\_file\\_2007\\_res\\_824\\_genplan.pdf](http://novo-sibirsk.ru/upload/iblock/f0c/docs_generalnyy_plan_goroda_novosibirska_file_2007_res_824_genplan.pdf).
2. Селютина Л. Г. Конкурентные процессы в современном строительстве // Вестник ИНЖЭКОНа. – 2013. – № 1 (60). – С. 101–106.
3. Иванов П. К. Малоэтажное строительство в России: проблемы и перспективы // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2015/01/43147>.
4. Объем ввода жилья в Новосибирской области за I полугодие 2016 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minstroy.nso.ru/news/2474/>.
5. О государственном кадастре недвижимости : Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.12.2016). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
6. Николаев Н. А., Чернов А. В. Трехмерный кадастр недвижимости как новая ступень развития кадастровых систем // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 194–198.
7. Снежко И. И. Методика расчета точности построения моделей объектов недвижимости в 3D-кадастре : дис. ... канд. техн. наук. – М., 2014.
8. Снежко И.И. Сравнительный анализ создания 3D-кадастра в России и Нидерландах // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4. – С. 100–104.
9. Downloading Models from the 3D Warehouse into Google Earth [Electronic resource]. – URL: <http://help.sketchup.com/>.
10. Николаева Т. В., Никитин В. Н. Кадастр в формате 3d // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 199–204.
11. Об утверждении формы технического плана и требований к его подготовке, состава содержащихся в нем сведений, а также формы декларации об объекте недвижимости, требований к ее подготовке, состава содержащихся в ней сведений : Приказ Минэкономразвития России от 18.12.2015 № 953. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
12. Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы : Постановление Правительства РФ от 24.11.2016 №1240. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

© А. А. Горбачева, 2017

*Д. В. Грищенко, Д. Д. Дайбова*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУТУ)*

## **ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ РАДАРНОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ ПЕЧАТИ УЧАСТКОВ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА 3D ПРИНТЕРЕ**

Для визуализации рельефа очень часто используются данные SRTM. Данные SRTM существуют в нескольких версиях: предварительные (версия 1, 2003 г.) и окончательная (версия 2, февраль 2005 г.).

Окончательная версия прошла дополнительную обработку, выделение береговых линий и водных объектов, фильтрацию ошибочных значений. Данные распространяются в нескольких вариантах – сетка с размером ячейки 1 угловая секунда и 3 угловые секунды. Более точные односекундные данные (SRTM1) доступны на территорию США, на остальную поверхность земли доступны только трехсекундные данные (SRTM3).

Файлы данных представляют собой матрицу из 1201'1201 (или 3601'3601 для односекундной версии) значений, которая может быть импортирована в различные программы построения карт и геоинформационные системы [1].

Кроме того, существует версия 3, распространяемая в виде файлов ARC GRID, а также ARC ASCII и в формате Geotiff, квадратами 5'5 секунд в датуме WGS84. Эти данные получены организацией CIAT из оригинальных высотных данных USGS/NASA путем обработки, которая обеспечила получение гладких топографических поверхностей, а также интерполяцию областей, в которых отсутствовали исходные данные [2].

Одним из вариантов использования данных о рельефе является печать модели на трехмерном принтере для визуализации.

Процесс состоит из подбора данных, их оптимизации и обработки и окончательной подготовки модели для 3D печати.

В качестве программного обеспечения была выбрана ГИС QGIS с модулями SAGA и GRASS для обработки высотных данных.

Сначала импортируются данные SRTM и выполняется перепроецирование (рис. 1).

Необходимые дополнительные фильтры и функции пространственного анализа находятся в подключаемых панелях инструментов (рис. 2).

Затем применяются фильтры SAGA rastr filter и simple filter для оптимизации и генерализации массива матриц высот (рис. 3).

В результате экспериментов по обработке высотных данных авторами был выбран способ построения горизонталей и последующего формирования трехмерной модели для печати как наиболее быстрые и менее требовательный к аппаратным ресурсам (рис. 4).

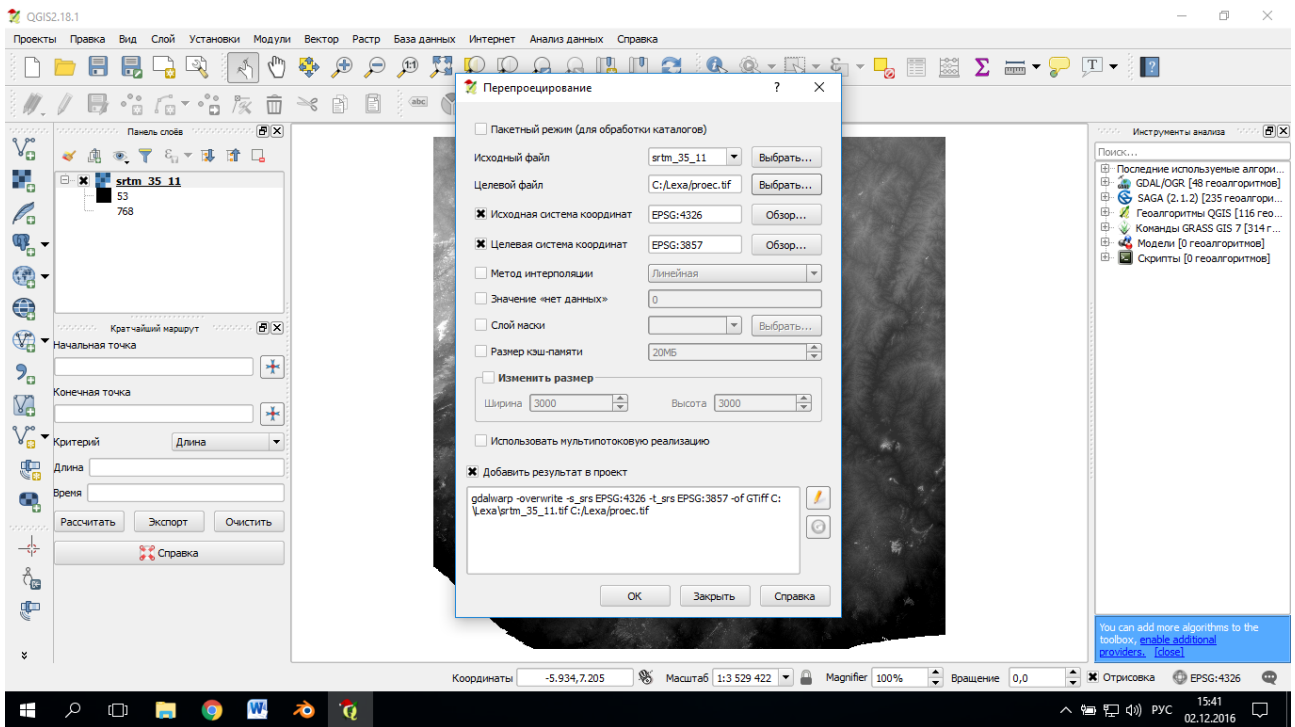


Рис. 1. Операция перепроецирования

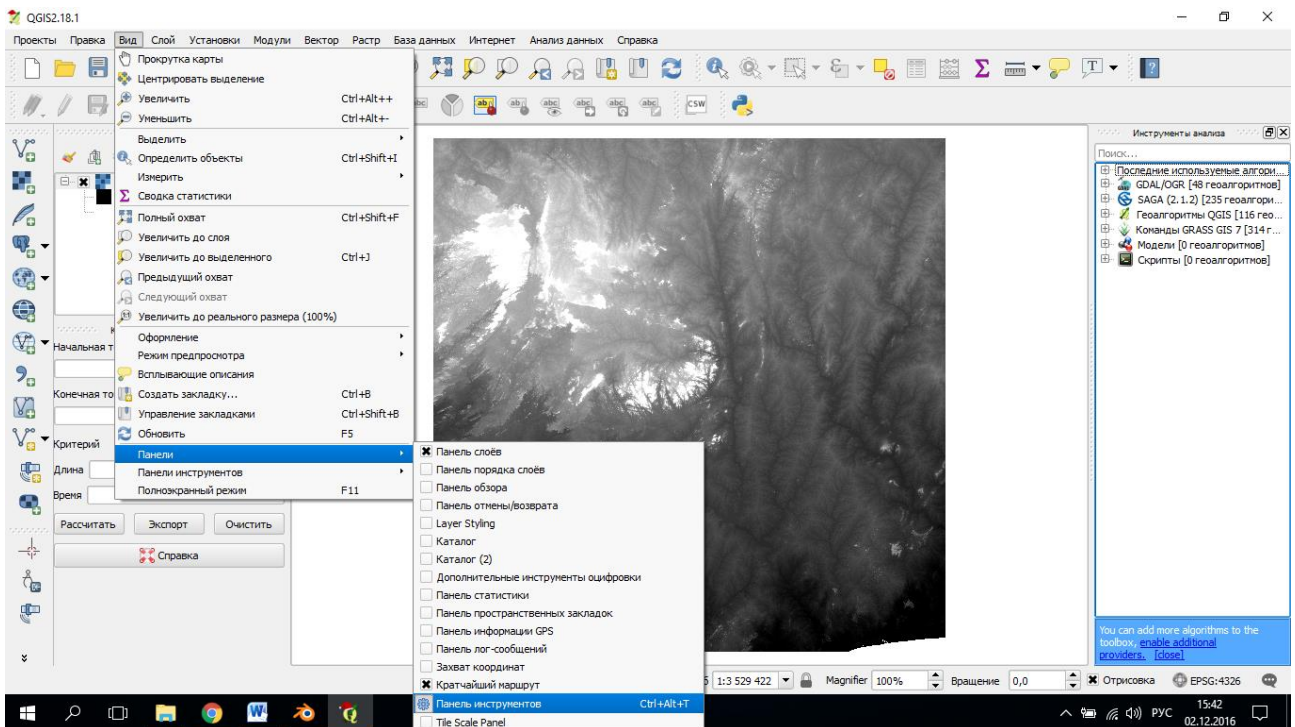


Рис. 2. Дополнительные фильтры и функции пространственного анализа

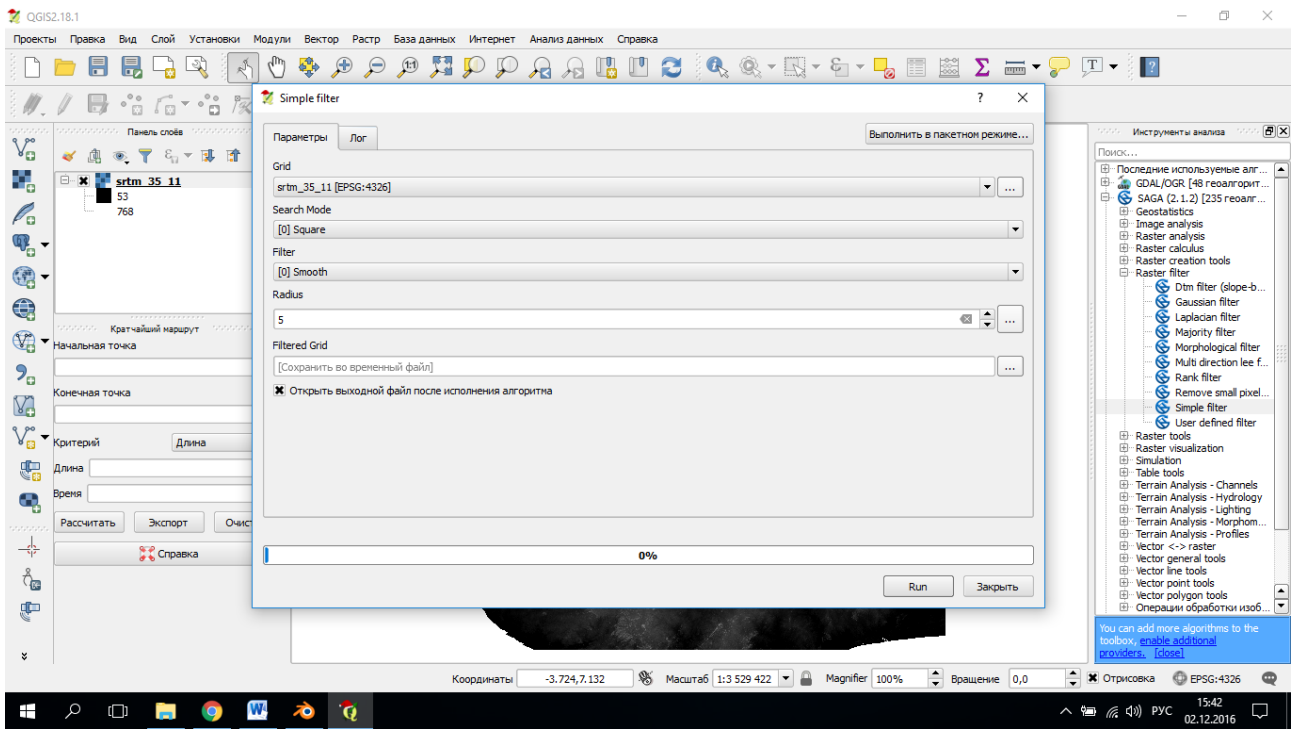


Рис. 3. Оптимизация и генерализация массива матриц высот

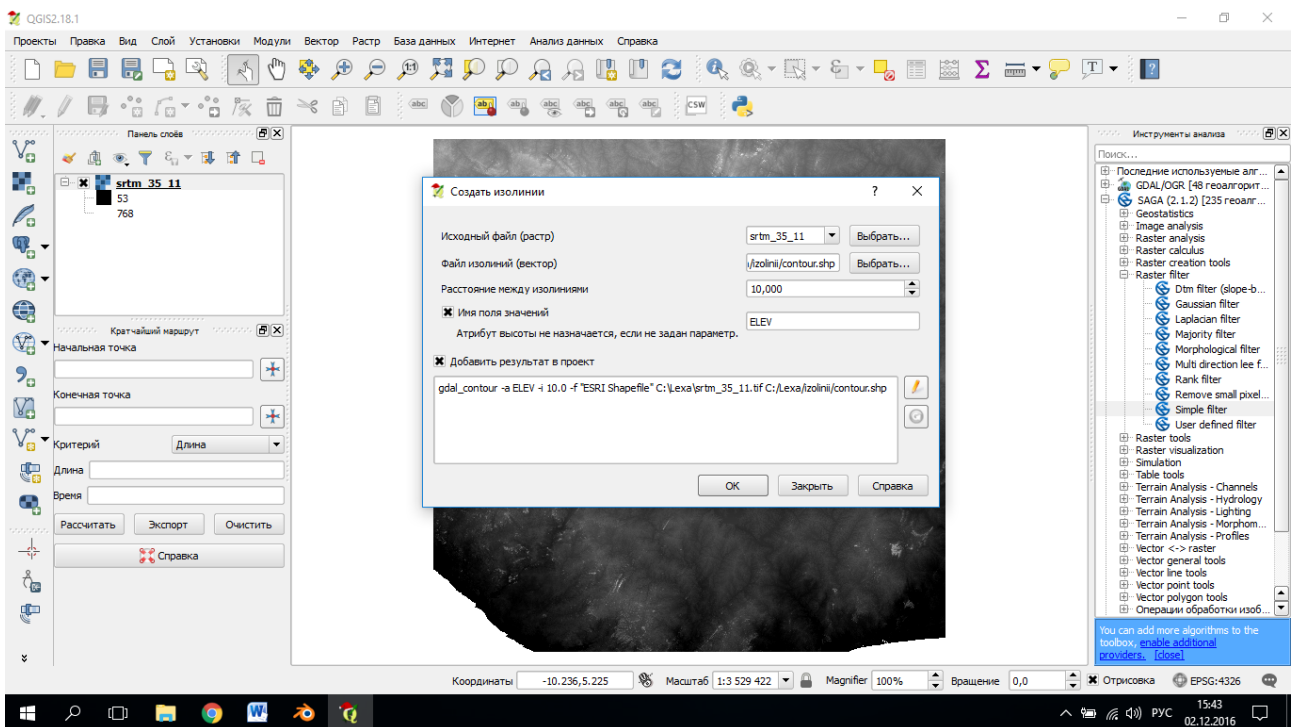


Рис. 4. Построение горизонталей и формирование трехмерной модели для печати

Построенные горизонталы также генерализируются (рис. 5).

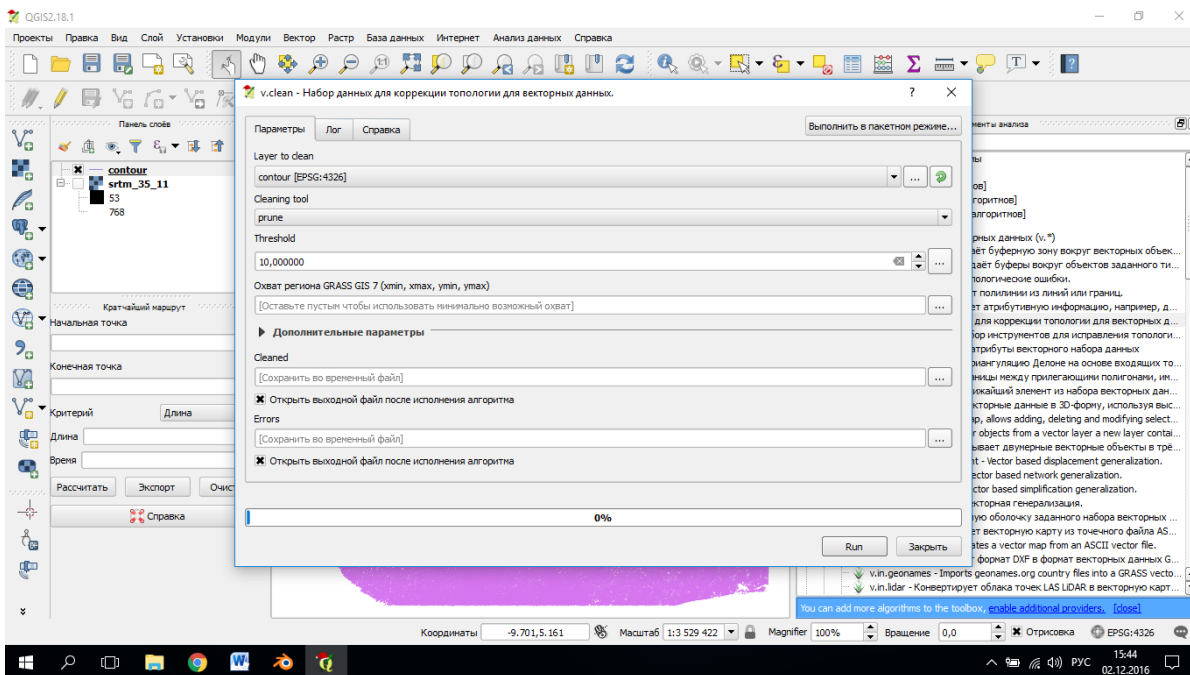


Рис. 5. Генерализация построенных горизонталей

Полученные векторные данные преобразуются в формат DXF с помощью утилиты ogr2ogr.

Например, `ogr2ogr -f "DXF" contours-out.dxf contours.shp -zfield ELEV.`  
Далее импортируем получившийся dxf файл в 3Ds MAX (рис. 6).

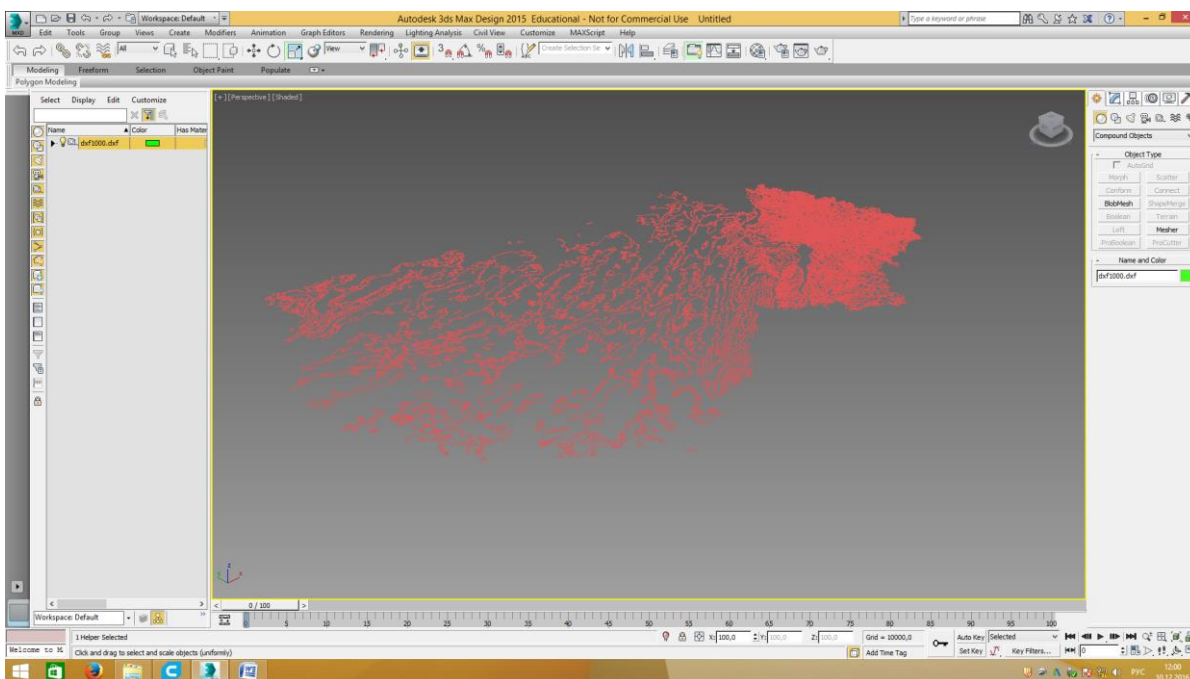


Рис. 6. Импорт векторных данных

И последним шагом будет построение трехмерной модели с помощью инструменты Terrain (рис. 7).

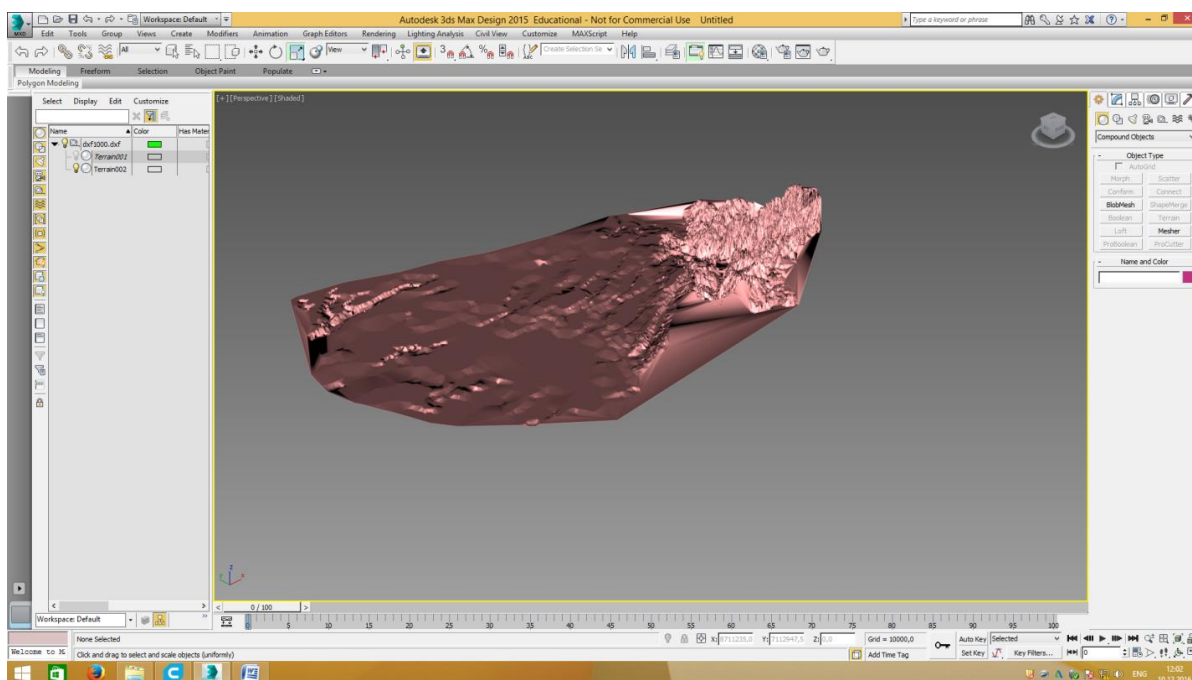


Рис. 7. Построение трехмерной модели

Итоговая модель затем экспортируется в формат, подходящий для 3D печати, например, STL [3].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Что такое SRTM? Данные SRTM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mapgroup.com.ua/articles/dzz/109-dannye-srtm-sposoby-polucheniya-dannykh>.
2. Информационно-образовательный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vivivi.ru/best/Vysotnye-dannye-SRTM-protiv-topograficheskoi-semki-ref12356.html>.
3. Документация QGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/user\\_manual/processing/3rdParty.html](http://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/user_manual/processing/3rdParty.html).

© Д. В. Грищенко, Д. Д. Дайбова, 2017

УДК 528.42;004.356.2

*Д. В. Грищенко, А. В. Кобецкая*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

#### **ТРЕХМЕРНАЯ КАРТОГРАФИЯ: ПРЕИМУЩЕСТВА, СПОСОБЫ, ИНСТРУМЕНТЫ**

На протяжении столетий географическая информация создавалась и представлялась в форме двухмерных карт на различных плоских поверхностях – разнообразные карты чертили сначала на земле, на шкурах животных, на стенах

пещер, затем на пергаменте, на бумаге и, наконец, на экранах компьютеров. Вне зависимости от носителя, эти карты неизменно представляли мир на плоскости. Двухмерные карты служили (и до сих пор служат) множеству целей, например, найти дорогу в незнакомом городе или обозначить границы участка, но они неизменно ограничивают наше восприятие мира до двух измерений.

Пространственные объекты «натянуты» на земную поверхность, подобно эластичной пленке. Данные поверхности по определению включают значения координат  $x$ ,  $y$  и  $z$  для любой точки. Трехмерная поверхность может реально существовать, как например горный массив, или может быть пока только в виртуальном представлении, например, проект будущей городской застройки высотными зданиями. Подобным образом можно даже показать результаты пространственного анализа – к примеру, плотность населения в разных регионах. В 3D используются поверхности разного уровня точности, от высокоточных, с разрешением в 1 см, до более грубых поверхностей, с разрешением 90 м.

Поверхности являются фундаментом любой сцены, так как на сформированной с помощью данных поверхности основе вы можете драпировать любые нужные вам географические данные. Кроме того, поверхности служат источником базовых высот для векторных символов в 3D, таких как деревья, здания, пожарные гидранты и т. д., для которых вне трехмерной сцены никакой вертикальной информации не предусмотрено.

По степени детализации модели бывают следующих видов: типовые трехмерные модели, трехмерные модели детального вида, трехмерные модели внутренних помещений, тематические модели.

Типовые трехмерные модели создаются по планам городов, топографическим картам или обзорным картам. Типовые модели содержат поверхность рельефа местности, строения, объекты дорожной сети, трубопроводы, колодцы, светофоры, объекты растительности, гидрографии и другие объекты простой формы (рис. 1 и 2).



Рис. 1. План города



Рис. 2. Типовая трехмерная модель города

Построение типовой модели является самым быстрым способом получения качественной трехмерной модели местности. Типовые модели могут применяться для визуальной оценки взаимного расположения объектов с учетом особенностей рельефа и их высоты, анализа взаимного расположения кабелей электросетей и трубопроводов разного назначения (рис. 3 и 4).



Рис. 3. План города

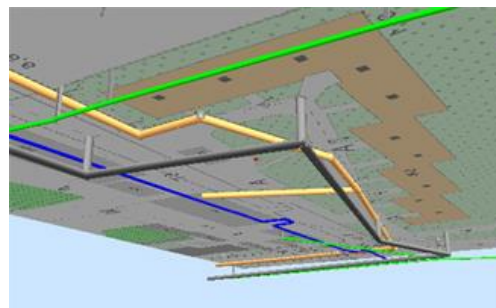


Рис. 4. Трехмерная модель системы трубопроводов (вид снизу)

Трехмерные модели детального вида описывают местность с объектами, вид которых настраивается индивидуально, и создаются по планам городов. Модели детального вида содержат поверхность рельефа местности, типовые объекты и объекты, объемное изображение которых приближается к их реальному виду на местности (архитектурные строения с подъездами, трубами, лифтовыми башенками, элементами оформления и др.) (рис. 5 и 6).



Рис. 5. План города



Рис. 6. Трехмерная модель местности детального вида

Трехмерные модели внутренних помещений позволяют описывать объемный вид интерьера и создаются на основе поэтажных планов (рисунок 7,8).

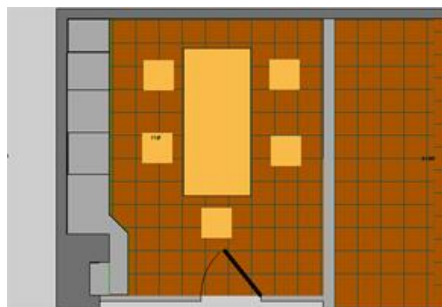


Рис. 7. Поэтажный план

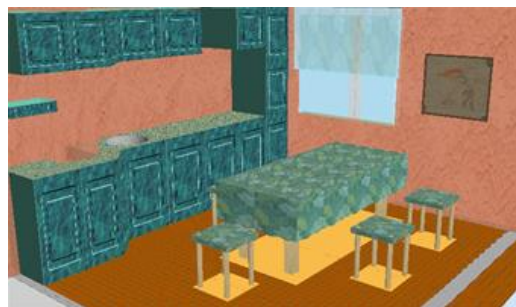


Рис. 8. Трехмерная модель кухни

Тематические модели создаются по тематическим картам и используются для оформления статистических диаграмм. Одним из примеров использования технологии построения тематической модели может быть создание трехмерных моделей отдельных городских объектов (рис. 9 и 10).



Рис. 9. Трехмерная модель коттеджа



Рис. 10. Трехмерная модель улицы

В 3D активно используется отображение объектов с сохранением их реальных размеров. Рассматривая виртуальную сцену со зданиями, столбами городского освещения и элементами растительности, мы ожидаем, что их размеры соответствуют их реальным размерам в реальном мире. Даже тематические символы, например, сферы, показывающие освещенные участки вокруг каждого фонарного столба, будут очень полезны при анализе освещенности городских улиц в темное время, если размеры этих сфер будут соответствовать реальности.

Но также в сценах используются символы, размеры которых соотносятся с размером экрана. В этом случае, как при приближении к сцене, так и при удалении от нее, размер символа не изменяется. Подобную картину можно наблюдать при работе с двухмерными картами, когда при увеличении или уменьшении масштаба размер символов всегда постоянен.

В 3D можно создавать виды, в которых для отображения реальных объектов используются различные текстуры, созданные на основе фотографий этих объектов. На сегодняшний день это один из самых распространенных типов сцен, создание которых требует значительных усилий для достижения эффекта присутствия – сцены практически не отличаются от реальности.

Далее рассмотрим основные стратегии создания 3D моделей городов.

Ручное создание моделей в программах трехмерного моделирования.

Самый трудоемкий способ. Модели зданий создаются в таких программах как AutoCAD, ArchiCAD, ArcGIS+3DAnalyst, 3ds Max или Google SketchUp. Моделирование геометрии и текстурирование моделей проводятся вручную. Для упрощения процесса в городской застройке выделяются наборы типовых строений. Модели создаются для каждого типа строений и затем множатся

нужное количество раз при размещении на карте. Для ускорения процесса трехмерные объекты часто получают методом выдавливания зданий по их отпечаткам на плане города. Высоту, на которую выдавливается каждое здание, получают из атрибута, содержащего число этажей. Текстурирование обычно выполняется наземными фотоснимками и изображениями из библиотек текстур. Данный метод создания 3D моделей городов является самым старым и хорошо изученным (рис. 11).



Рис. 11. Полностью автоматическая генерация 3D моделей

Самая молодая и перспективная технология. Использует алгоритмы восстановления геометрической формы объектов по их стереоизображениям. Стереоизображения получают с самолета, для этого используют наклонные цифровые камеры, типа Pictometry или Geosystem 3-OC-1. Эти же изображения используются как источник текстур фасадов зданий. Для уточнения геометрии зданий и получения модели рельефа может использоваться воздушный лазерный сканер.

Весь процесс полностью автоматизирован. Поиск одних и тех же точек на перекрывающихся снимках формирует облако точек, описывающее земную поверхность и возвышающиеся над ней объекты. Затем облако точек триангулируется с целью получения поверхности. В полученной поверхности выполняется поиск плоскостей для лучшей передачи стен и крыш зданий. Конечным продуктом является трехмерная модель местности, представленная с различной степенью детализации и доступная для просмотра онлайн.

Также существует технология автоматического построения трехмерных моделей фасадов зданий, разработанная в университете Беркли, США. Здесь аэросъемка и данные воздушного лазерного сканирования дополняются фотоснимками и облаком точек с наземного лазерного сканера (рис. 12).



Рис. 12. Полуавтоматическое создание 3D моделей

Данная методика исключает слабые стороны полностью автоматического процесса генерации моделей городов. Геометрические модели зданий здесь создаются операторами по аэроснимкам. Создание трехмерной модели здания состоит из измерения оператором характерных точек контура крыши. Измерения проводятся стереоскопическим методом. Для ускорения процесса применяются шаблоны, разработанные для основных типов крыш. Сложные формы образуются путем комбинации простых геометрических фигур. Высота стен зданий не измеряется. Стены образуются проецированием точек основания крыши на поверхность рельефа.

Описанная методика позволяет создавать модели зданий быстро и качественно. На одно здание опытный оператор (например, в Delta/Digitals) тратит от 10 секунд до одной минуты, в зависимости от его сложности. Точность измерений сопоставима с геометрической точностью исходных аэроснимков.

Создание моделей зданий – единственный ручной процесс при генерации трехмерной модели города. Дальнейшая обработка созданных моделей производится полностью автоматически. Текстуры фасадов и крыш извлекаются из тех же снимков, что использовались для создания геометрии (рис. 13).



Рис. 13. Трехмерная модель города

Большое количество старинных карт, стилизованных под трехмерные ландшафты, видимые с высоты птичьего полета, подтверждают, что людям очень нужно третье измерение в картах, даже если у них нет готовых инструментов для выполнения такой задачи. Но сегодня каждый может воспользоваться этими инструментами. 3D-картографы получили в распоряжение еще одно, третье измерение, позволяющее создавать карты совершенно иного уровня.

© Д. В. Грищенко, А. В. Кобецкая, 2017

УДК 004.92

*Д. А. Золотарёва, К. Е. Кравцова*

*Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)*

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ПАРАБОЛОИДА И ГИПЕРБОЛОИДА СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ КОМПАС-3D V16**

Целью данного исследования была разработка методических рекомендаций по моделированию гиперboloида и параболоида с использованием стандартных инструментов программного комплекса АСКОН Компас-3D.

Актуальность исследования. Многогранные поверхности и тела вращения являются базовым инструментарием при разработке геометрии инженерных систем, механизмов и отдельных деталей. Эти же объекты составляют основную массу геометрических образов, изучаемых в курсах «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика». Преподаватели и студенты технических вузов часто сталкиваются необходимостью трехмерного моделирования этих объектов средствами популярных графических программ. При создании моделей таких объектов как призма, пирамида, сфера, конус или эллипсоид вращения явных трудностей не возникает. Однако при моделировании поверхностей типа «гиперboloид вращения» или «параболоид вращения» часто возникают сложности [1, 2].

Задачи исследования: 1) анализ состава и содержания учебных задач, предъявляемых студенту на первом курсе в рамках изучения дисциплин «Инженерная графика» и «Начертательная геометрия»; 2) анализ условия задач, включающих в явной или неявной форме элементы гиперболических и параболических поверхностей; 3) изучение основных способов и приемов применяемых при трехмерном моделировании параболоидов и гиперboloидов; 4) выбор наименее трудоемкого способа и разработка методических рекомендаций по его использованию при работе в программном комплексе Компас-3D.

В результате анализа заданий выяснено, что поверхности гиперboloида и параболоида чаще всего встречаются в курсе начертательной геометрии при

изучении разделов «Поверхности второго порядка», «Пересечение геометрических образов», «Плоские сечения поверхностей» и «Особые случаи пересечения поверхностей», а также в курсе «Инженерная графика» при изучении раздела «Машиностроительное черчение» и «Строительное черчение»,

При выборе методики моделирования мы принимали во внимание направленность изучаемых дисциплин, доступное программное обеспечение, и содержание выполняемых заданий. Мы сознательно отказались от аналитических способов задания этих поверхностей, поскольку в большинстве заданий условиями являлись очерки данных поверхностей, а не их аналитические определители.

В результате проведенного исследования, мы пришли к выводу что наиболее актуальным для дисциплин графического цикла является кинематический способ задания поверхностей, т. е. способ при котором гиперболоид и параболоид являются результатом вращения гиперболы и параболы вокруг их осей.

Также были проанализированы трудности, с которыми сталкивались наши сокурсники при моделировании этих поверхностей. Основная загвоздка состояла в том, что параболы и гиперболы нет среди стандартных геометрических примитивов программы Компас-3D V16.

Таким образом был принят следующий план по решению задачи: 1) найти наиболее удобную методику неаналитического построения параболы, при условии, что ее основные параметры заданы графически (на чертеже); 2) определить последовательность действий по моделированию гиперболоида и параболоида; 3) описать методику построения.

Мы решили исходить из того, что парабола и гипербола являются кониками – т. е. кривыми, получаемыми при рассечении конуса плоскостью. Таким образом, все решение задачи будет состоять из четырех элементарных шагов: 1) построить ось вращения и образующую конуса (пересекающуюся в ней прямую), применить операцию вращения – получить конус; 2) рассечь конус плоскостью по параболе или по гиперболе; 3) скопировать кривую, начертить ось и выполнить операцию вращения.

Методика построения параболоида средствами Компас-3D V16 выглядит следующим образом:

1. Создаем новый документ «Деталь».
2. Выбираем рабочую плоскость, чертим определители конуса: ось вращения и образующую (прямую, пересекающую ось). Выходим из режима «Эскиз».
3. Применяем операцию «Вращение» (рис. 1).
4. Вводим две вспомогательные плоскости: первая – касательная к поверхности конуса (операция «Плоскость/Касательная»), вторая – параллельная первой (операция – «Плоскость/Смещенная»).
5. Пересекаем вторую плоскость с поверхностью конуса. Для этого вызываем операцию «Пространственные кривые / Кривая пересечения». Указываем коническую поверхность и вспомогательную плоскость – получаем искомую параболу (рис. 2).

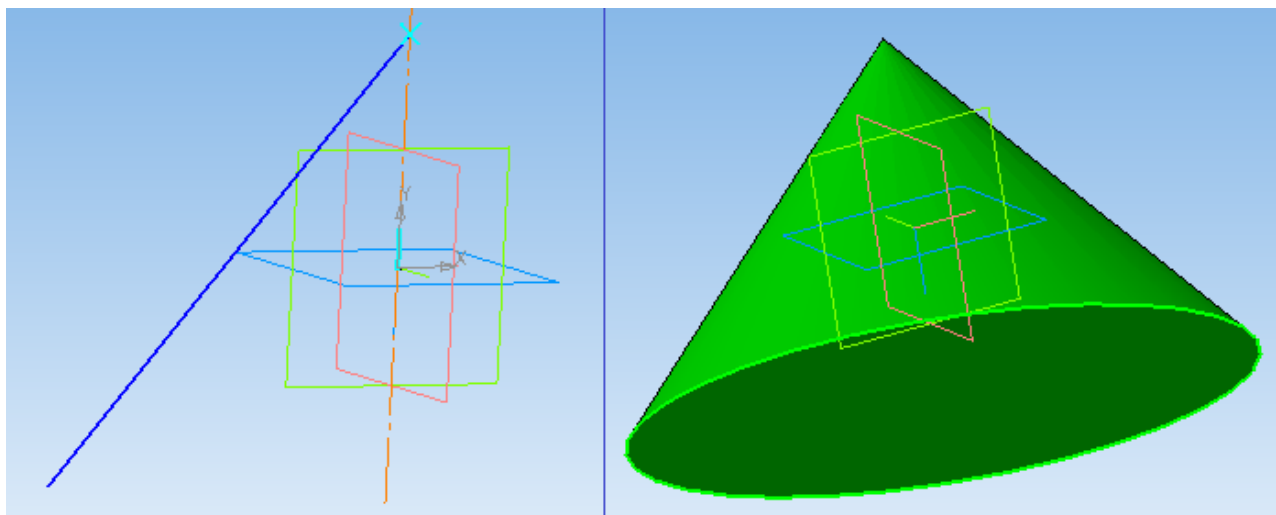


Рис. 1. Эскиз определителей конуса и результат операции «Вращение»

6. Для наглядности вводим третью вспомогательную плоскость и спроецируем на нее полученную параболу.

7. Включаем режим эскиза, вычерчиваем ось параболы, удаляем одну ветвь («Редактор / Удалить / Часть кривой»). Вызываем операцию «Вращение» и получаем искомый параболоид (рис. 2).

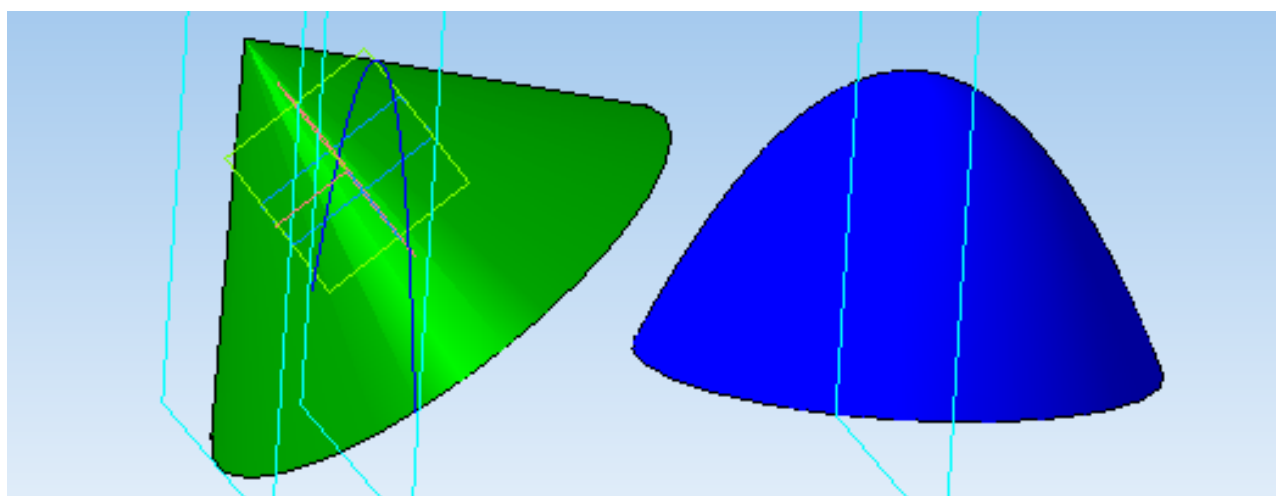


Рис. 2. Построение параболоида вращения

Методика построения гиперboloида аналогична. Только для построения гиперболы нам нужна плоскость, параллельная двум образующим конуса (рис. 3).

Результаты нашего исследования оформлены в виде методических рекомендаций и размещены в системе дистанционного образования. Кроме того, студентам доступен видеоурок, с подробными инструкциями.

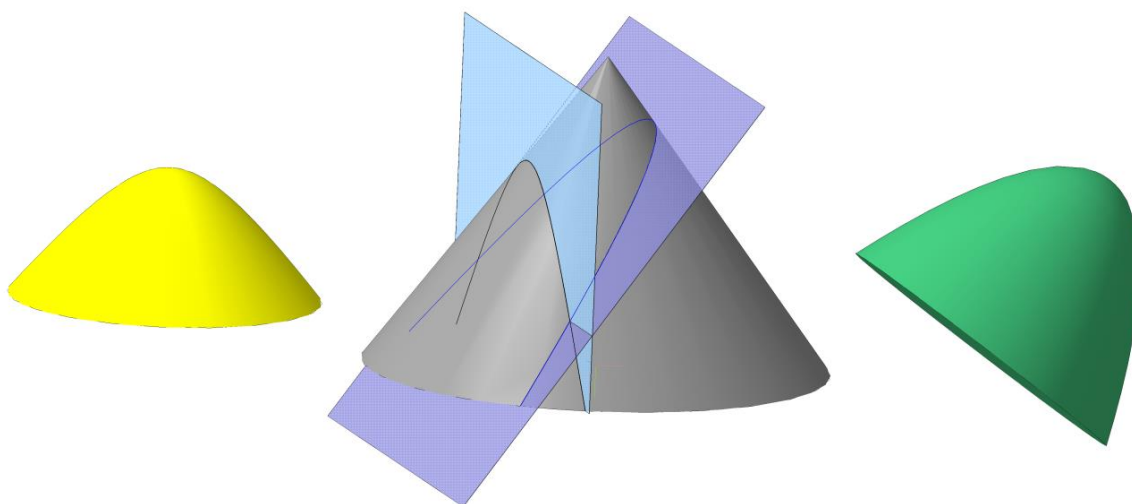


Рис. 3. Построение гиперboloида вращения

Таким образом, задача решена, цель достигнута. Методика построения параболоида и гиперboloида разработана и может быть использована студентами при решении задач по начертательной геометрии и при выполнении заданий по инженерной и компьютерной графике.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петухова А. В. Мультимедиа курс «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика»: опыт разработки и внедрения // Технологическое образование и устойчивое развитие региона. – 2013. – Т. 1, № 1-1 (10). – С. 51–63.
2. Петухова А. В. Новые перспективы инженерно-графической подготовки // Образование как единство обучения и воспитания : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 3 февр. 2016 г.) / Сиб. гос. ун-т путей сообщ. – Новосибирск, 2016. – С. 93–95.

© Д. А. Золотарёва, К. Е. Кравцова, 2017

УДК 514.18+37.01:007

*У. А. Каркавина*

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (СИБСТРИН)*

#### **ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ САД-СИСТЕМЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ**

Система автоматизированного проектирования (САПР) – автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности [1].

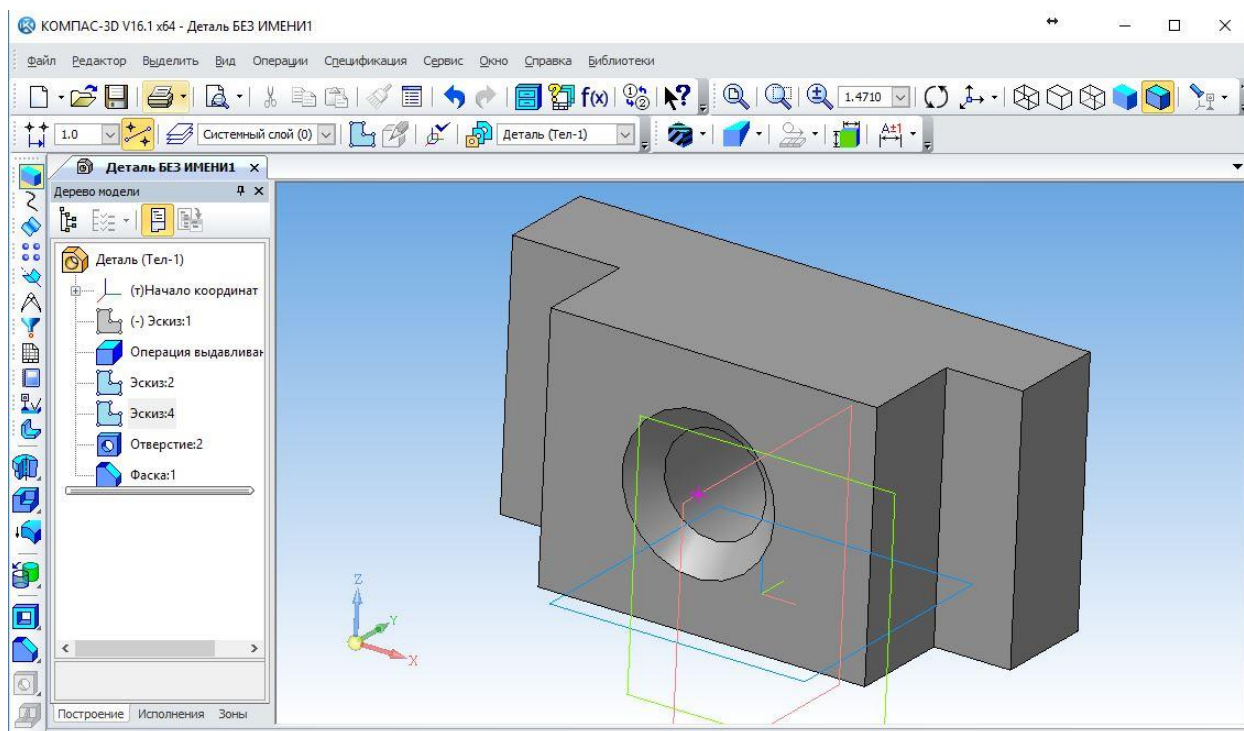
В нашей стране первая САПР появилась в конце 1980-х гг. Это пришлось на распад СССР. В одной из версий появления САПР в России говорится о том, что российским инженерам стали продавать AutoCAD, но это является ложной информацией. Основной причиной, обусловившей возникновение потребности проведения работ по автоматизации проектирования, явилась низкая производительность инженерного труда в сфере обработки информации по сравнению с производительностью труда рабочих в материальном производстве. Системы были, но с практически полным отсутствием интерактивности. Фундаментом являлись автоматизированные расчеты. Одним из самых заметных поставщиков САПР, который на раннем этапе обратил внимание на потенциал российских разработчиков, был Dassault Systemes (DS). В 1996 г. DS начал работать с Российским научно-исследовательским институтом искусственного интеллекта, а впоследствии и с компанией «Ледас», частью и лабораторией Института Искусственного Интеллекта и Института информационных систем в Новосибирске. DS и «Ледас» успешно проработали вместе до 2011 года и заключили 11 крупных контрактов. Идеи, разработанные в «Ледас» в ходе сотрудничества были включены в такие программы DS как CATIA V5 и V6, и, по словам DS, оказались очень надежными программами с высокой производительностью в полном промышленном контексте [2]. DS были одним из первых, но не единственным поставщиком САПР для разработки в России. К концу 1990-х гг. Россия была на пути к лидирующему положению среди стран по применению и развитию САПР. Хотя полного списка разработанных в России САПР нет, довольно просто найти их примеры. FlowEFD от Mentor Graphics и FlowVision от Carvidia – две высокоразвитые программы вычислительной гидродинамики (CFD), разработанные в России (разными людьми, которые, однако, знают друг друга). TurboCAD от IMSI, BricsCAD от Bricsys и IntelliCAD от IntelliCAD Technology Consortium – все эти программы разработаны в России, как и взаимодействия библиотек Teigha от Open Design Alliance, которые используются сотнями поставщиков САПР по всему миру. Сегодня вы с трудом найдете САПР, который не включал бы в себя компоненты, разработанные в России.

В начале 1980-х гг. и вновь в Коломне (Московская обл.) в «Конструкторском бюро машиностроения» начали свой профессиональный путь Александр Голиков и Татьяна Янкина. Эти люди основали компанию АСКОН. В свою очередь, это российская компания, разработчик инженерного программного обеспечения для проектирования и управления данными в машиностроении и строительстве. Их продуктами являются:

- КОМПАС-3D – система трехмерного моделирования, построенная на собственном математическом ядре;
- КОМПАС-График – универсальная система автоматизированного проектирования;
- ЛОЦМАН: ПГС – система управления проектными данными;
- ЛОЦМАН: PLM – система управления инженерными данными и жизненным циклом изделия;

- ВЕРТИКАЛЬ – система автоматизированного проектирования технологических процессов;
- ГОЛЬФСТРИМ – система автоматизированного управления производством [3].

Самым известным, востребованным и распространенным из продуктов является Компас. Это система трехмерного моделирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий, благодаря удачному сочетанию простоты освоения и легкости работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования. В КОМПАС-3D все основано на работе с эскизами – двумерными объектами, расположенными на определенных плоскостях и обладающих определенными свойствами, которые называются требованиями к эскизам. На основе эскизов создаются твердотельные объекты путем элементарных операций. Например, при создании детали, представленной ниже на рисунке, использовался эскиз, который впоследствии выдавливался на заданную высоту, а позднее было вырезано отверстие, выполнена фаска. Топология операций хранится в дереве построений. В дереве построений можно редактировать операции и изменить задаваемые параметры эскизов. Такая система создания трехмерных тел имеет свои достоинства. Кроме того, имеется возможность создавать сборочные объекты, используя систему сопряжений. Строительная конфигурация Компас позволяет с использованием библиотек объектов оформлять проектную документацию строительства, а технология MiD (model in drawing – модель в чертеже) автоматически сформировать модель спроектированного объекта, что наглядно демонстрирует результат деятельности, это важно для организации учебной деятельности студента в строительном вузе [4].



Пример построения модели в Компас

Не менее мощный САПР российского производства – это T-FLEX. Система автоматизированного проектирования, обладающая всеми современными средствами для разработки проектов любой сложности. Программа объединяет мощные параметрические возможности трехмерного моделирования со средствами создания и оформления конструкторской документации. Подходит для решения конструкторских задач любой сложности и масштаба: от ювелирных украшений и детских игрушек до космических ракет и атомных электростанций. Система идеальна для проектирования деталей, создания несложных сборок. Хорошо реализована возможность создания конструкторской документации. Наличие библиотек стандартизированных по ГОСТ элементов. Система отечественная, поэтому проблем с локализацией нет. Удобная и полная справка, фактически учебник по T-Flex. Относительно невысокая стоимость. Легко достать, распространяется бесплатная учебная версия. Обучение несложно даже для человека, никогда не работавшего с САД. Система является параметрической, что облегчает 2D и 3D черчение. Исключительно удобен модуль 2D черчения, имеется система проектирования деталей, гнутых из листового металла, возможен кинематический анализ механизмов, расчет упругих деталей и зубчатых передач. Простой и несложный для обучения интерфейс. Но ограниченные возможности расчета: нет аэро- и гидродинамики, отсутствует возможность эргономического расчета. Слабые возможности создания с фотореалистичного изображения, система поверхностного моделирования слабовата, отсутствуют инструменты трассировки и резервирования объемов. Возможности системы построения фотореалистичного изображения невысоки. Используется неудобный и сложный в обучении внешний рендер POV-ray. Проблемы с модификацией импортированных моделей. Нет хорошего инструментария проверки ошибок построения [5].

Следующую САПР отечественного производства, которую хотелось бы рассмотреть это nanoCAD. По сравнению с программами, представленными выше, эта система довольно-таки молодая – появилась в 2008 г. К ее достоинствам относятся бесплатное распространение для коммерческого использования, принципы работы с nanoCAD аналогичны принципам работы в AutoCAD, что позволяет пользователю сменить платформу без серьезного переобучения, чертежи, разработанные в nanoCAD, можно открыть в среде AutoCAD без дополнительных преобразований; и наоборот, чертежи, разработанные в среде AutoCAD, открываются в среде nanoCAD. Каких-то выраженных минусов нет, лишь небольшие недоработки программы, исключительно в связи с тем, что программа молодая. Так же можно отметить, что возможности трехмерного моделирования объектов начинают появляться только в последних версиях продукта.

Инженерная графическая подготовка должна соответствовать современным методам подготовки проектно-конструкторской документации, обеспечивающей информационную поддержку жизненного цикла изделия.

Мы поинтересовались, какие системы используются для обучения инженерной графике в некоторых вузах Новосибирска. Оказалось, что в начальной инженерной графической подготовке студентов из отечественных систем применяется только Компас, но при этом он конкурирует в основном с AutoCAD. Что требует некоторого сравнения этих систем.

AutoCAD – двух- и трехмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. Первая версия системы была выпущена в 1982 г. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности [6].

Стоимость отечественной системы Компас существенно ниже стоимости AutoCAD. В обеих САПР есть бесплатная учебная версия для обучения. Хотелось бы отметить, что в Компасе хоть и легче чертить.

Актуальность использования отечественных САПР в условиях санкций и требования правительства о переводе стратегических отраслей на российские программные продукты растет, поэтому растет и целесообразность их использования в инженерной графической подготовке.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] // Википедия : свободная энцикл. – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>(дата обращения: 25.01.2015).

2. Складный С. Русские САПР [Электронный ресурс] // САПР-журнал: Русские САПР – Электрон. дан. – [Б. м.], 2013. – Режим доступа: <http://sapr-journal.ru/stati/russkie-sapr/> (дата обращения: 26.11.2013).

3. Компания АСКОН [Электронный ресурс] // АСКОН – Электрон. дан. – [Б. м.], 2012. – Режим доступа: <http://ascon.ru/about/> (дата обращения: 03.09.2013).

4. Вольхин К. А., Субботина И. В. САПР как среда для обучения студентов правилам оформления архитектурно-строительного чертежа // Наука и образование в жизни современного общества : сб. науч. трудов по материалам Междунар. науч.-практ. конф. (29 ноября 2013 г.) : в 18 ч. Ч. 12 / М-во обр. и науки РФ. – Тамбов : Изд-во ТРОО «Бизнес-наука-общество», 2013. – С. 25–29.

5. Параметрическая САПР T-Flex [Электронный ресурс] // САПР T-FLEX – Электрон. дан. – [Б. м.], 2012. – Режим доступа: <http://www.vokb-la.spb.ru/soft/t-flex/t-flex.html> (дата обращения: 09.08.2012).

6. AutoCAD [Электронный ресурс] // Википедия : свободная энцикл. – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AutoCAD> (дата обращения: 08.10.2015).

© У. А. Каркавина, 2017

*М. В. Карманова*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

**СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ КРИСТАЛЛОВ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО КАБИНЕТА ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ДЕТСКО-ЮНОШЕСКОГО КРУЖКА «ЮНЫЙ ГЕОЛОГ» ПРИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ МУЗЕЕ «МИР КАМНЯ», АЛТАЙСКИЙ КРАЙ, БАРНАУЛ**

Уже много лет в Барнауле под эгидой Администрации Алтайского края существует геолого-минералогический музей «Мир камня». Все экспонаты, более трех тысяч геологических образцов, принадлежат частной коллекции директора музея Сергея Иосифовича Бергера. Основная концепция развития музея – популяризация науки, в частности, минералогии и геологии.

Образовательная программа музея в первую очередь нацелена на детей младшего и среднего школьного возраста. В течение всего учебного года при музее действует кружок «Юный геолог» для детей, увлекающихся геологией. Изучая экспонаты музея, участники кружка учатся определять минералы, узнают их формулы и структуру, а также условия формирования в природе.

Юный возраст кружковцев предполагает применение простых и доступных способов описания сложных кристаллических структур. Большие успехи в обучении достигаются при использовании трехмерных моделей, как визуальных компьютерных, так и макетов из бумаги или пластика.

Моделирование, как наглядно-практический метод обучения, впервые был предложен педагогами и психологами Д. Б. Элькониным, Л. А. Венгером, Н. А. Ветлугиной, Н. Н. Поддьяковым. Мышление ребенка развивают с помощью специальных схем, моделей, которые в наглядной и доступной для него форме воспроизводят скрытые свойства и связи того или иного объекта [1].

Как правило, кристаллы представляют собой объемные фигуры (рис. 1, а), что сильно бы облегчило моделирование, однако в природе редко встречаются кристаллы идеальной формы. Например, пентагондодекаэдрическая форма пирита отличается от классической формы платоновского пентагондодекаэдра, так как его грани представляют собой не правильные пентагоны с равными сторонами, а пятиугольники с четырьмя равными и одной отличной по длине стороной, и имеет не икосаэдрическую, а тетраэдрическую симметрию (рис. 1, б). В то же время его гексаэдрическая форма из-за разных скоростей роста граней редко формируется в виде куба с равными сторонами, напоминая, скорее, параллелепипед.

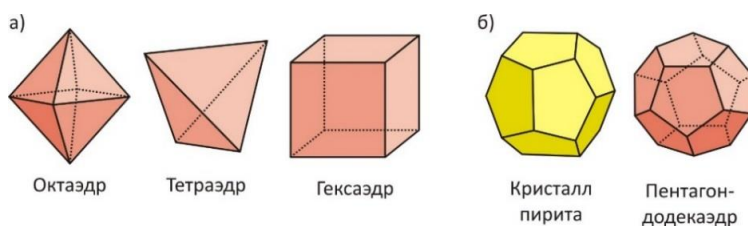


Рис. 1. Примеры форм кристаллов

Основная задача данной работы – разработать простой метод создания наиболее реалистичных трехмерных моделей кристаллов, таким образом, чтобы конечным продуктом стала полноценная модель, которую можно будет распечатать на 3D-принтере, использовать в обучающих фильмах или презентациях, а сам процесс создания наглядно бы иллюстрировал основные законы роста кристаллов (рис. 2).

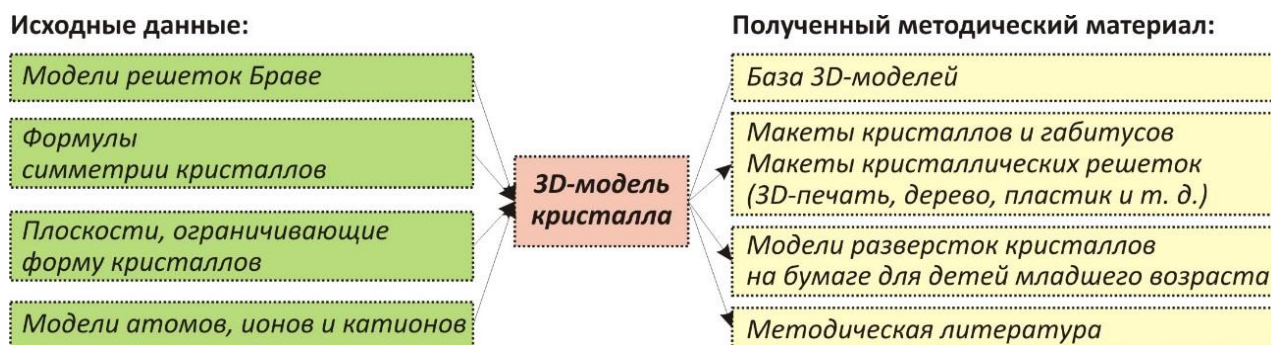


Рис. 2. Процесс разработки 3D-модели и возможности ее применения

Кристаллы построены из материальных частиц – ионов, атомов или молекул, геометрически правильно расположенных в пространстве. Представив их в виде точек, закономерно распределенных в пространстве, можно описать кристаллическую, или пространственную, решетку, как бесконечное трехмерное образование. Естественные форма и огранка кристаллов зависят от их структуры и условий образования. Каждая грань отвечает плоской сетке, а внешняя симметрия кристаллов соответствует симметрии их структуры [2].

Характерные свойства кристаллических веществ, которыми можно руководствоваться в построении модели:

- *однородность строения* — одинаковость узора взаимного расположения атомов во всех частях его объема;
- *симметричность* — закономерная повторяемость в расположении предметов или их частей на плоскости или в пространстве.

То есть, зная химическую формулу минерала, особенность распределения ионов, атомов или молекул в его кристаллической решетке, их размер и расстояние между ними, то можно построить универсальную ячейку решетки. Распространив полученную ячейку бесконечное число раз во всех направлениях, можно построить кристаллическую решетку, представив ее множеством возможностей роста граней кристалла.

О. Бравэ доказал, что существует только 14 типов полиэдров из которых можно «собрать» любую пространственную решетку. Все это дает бесконечное число реальных структур и минералов [3].

На рисунке 3 показан пример видов кубической сингонии.

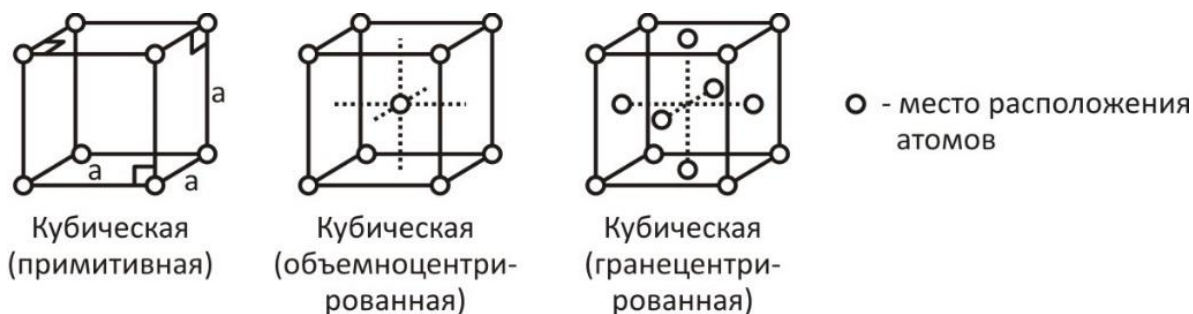


Рис. 3. Виды кубической сингонии

Грани кристаллов совпадают с плоскими сетками — плоскостями, проходящими через любые три узла (атома). Чтобы обозначить положение грани, в кристаллографии используется понятие *символа сингонии* (рис. 4).

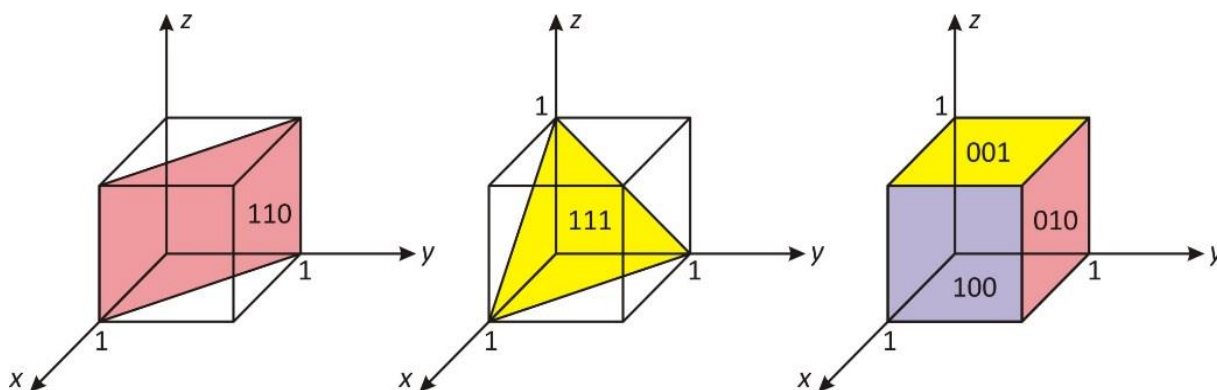


Рис. 4. Принцип определения символа грани в кубической сингонии

Расположение граней подчиняется правилам симметрии. Число совмещений при вращении кристалла на  $360^\circ$  вокруг оси называют *порядком оси симметрии*. Доказано, что в кристаллах возможны только оси второго, третьего, четвертого и шестого порядков (рис. 5).

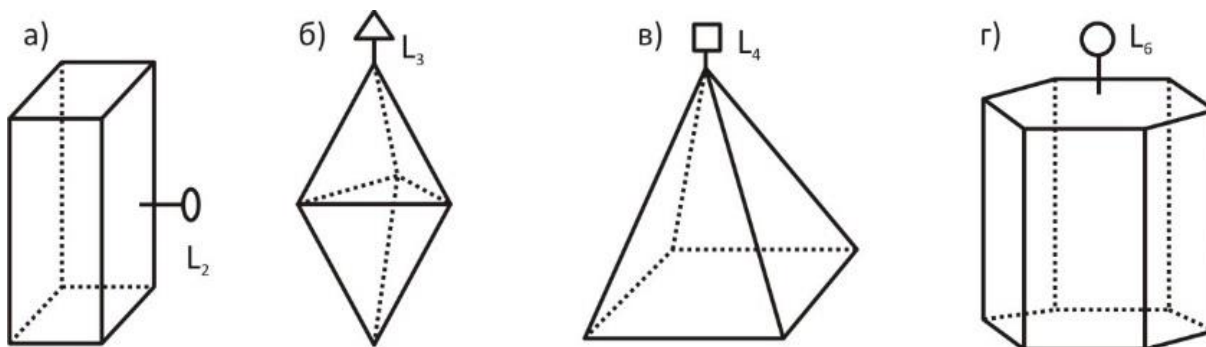


Рис. 5. Многогранники с осями симметрии второго (а), третьего (б), четвертого (в) и шестого (г) порядков

Учитывая описанные выше свойства, любой кристалл можно представить в виде плоских сеток (которые совпадают с гранями кристалла), проходящих через узлы (атомы, ионы, молекулы) решетки, построенной по определенному принципу (сингонии). То есть любой кристалл можно представить, как трехмерный объект, чья форма и положение в пространстве определяются параметрами кристаллической решетки.

Важным этапом в создании модели является выбор программного обеспечения. Для решения поставленной задачи не нужны сложные и дорогие программы. Оптимально подойдет даже бесплатная версия программы SketchUp. Особенности данного продукта в том, что, если совместить несколько пересекающихся плоскостей, то на месте их пересечения программа создаст самостоятельный объект. После чего нужно будет только удалить участки, не принадлежащие фигуре (рис. 6).

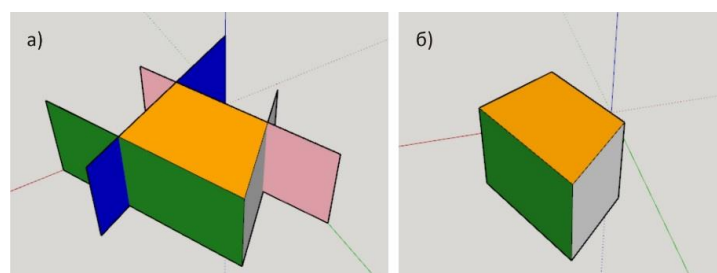


Рис. 6. Создание объектов в программе SketchUpPro 2017 методом пересечения плоскостей (а), удаление лишних элементов (б)

Создание 3D-модели кристалла начинается с изучения его параметров: химической формулы, структуры кристаллической решетки, физических свойств.

Покажем суть метода создания модели на примере кристалла самородной меди. Из-за ее мягкости и ковкости, подобные кристаллы редко сохраняются в природе в первозданном виде. Необходимо:

1. Определить химическую формулу минерала (Cu), радиусы атомов (1,28 Å).
2. Определить сингонию кристалла (кубическая), расстояния между атомами (3,6077 Å) и их расположения в кристаллической решетке (гранецентрированная), значения углов (90°) (рис. 7).

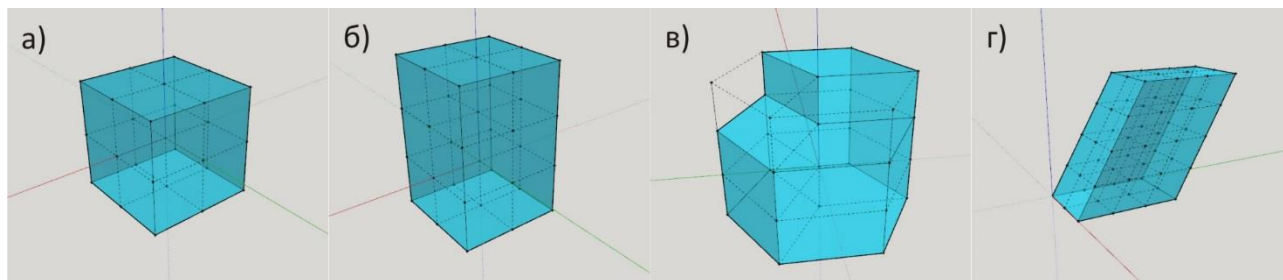


Рис. 7. Модели решеток Бравэ: а) кубическая, б) тетрагональная, в) гексагональная, г) моноклинная

3. Создать в программе основу кристаллической решетки и определить позиции расположения атомов (рис. 8).

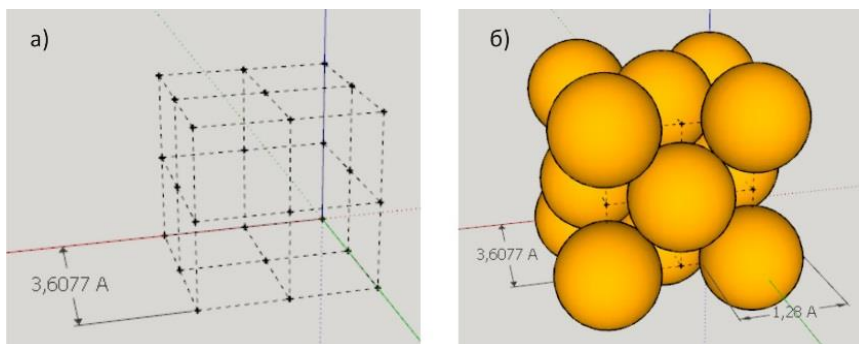


Рис. 8. Создание основы кристаллической решетки и распределение атомов

4. Определить положение всех возможных плоских сеток (рис. 9).

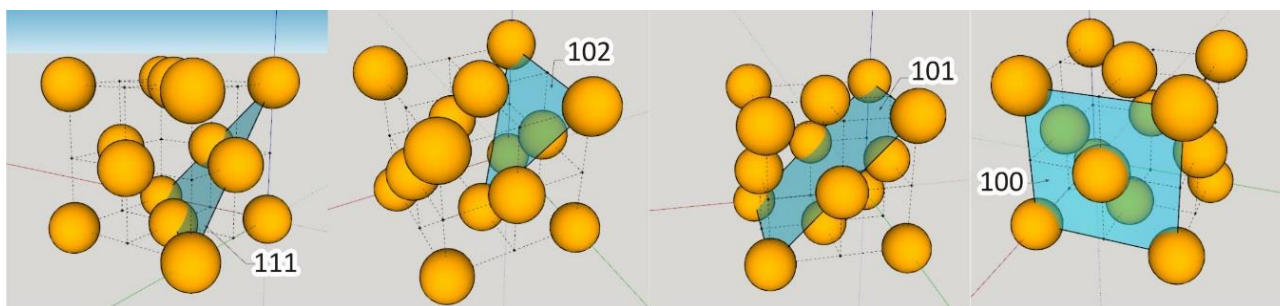


Рис. 9. Определение положения плоских сеток

5. Определить симметрию  $3L^4 4L_6^3 6L^2 9PC$ .

6. С помощью плоских сеток нарисовать кристалл и удалить лишние элементы (рис. 10).

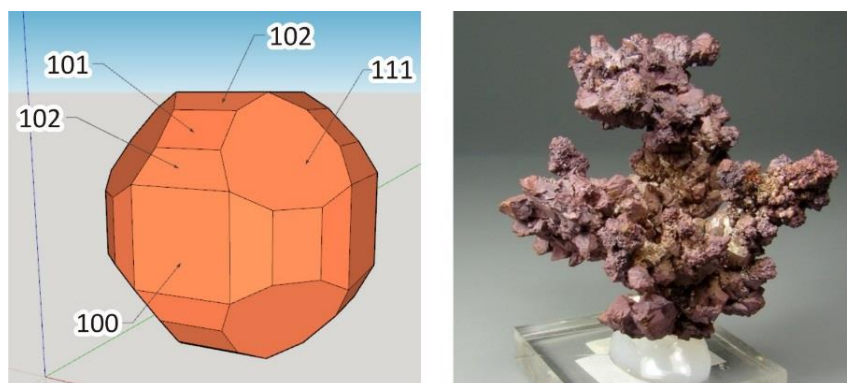


Рис. 10. Модель кристалла и сросток кристаллов самородной меди

Конечно, можно принять грани кристалла за вектора и математически находить их место положение, но тогда теряется связь со структурой кристалла и пропадает наглядность.

Так как созданный кристалл является самостоятельным объектом, то можно создать его копию, развернуть ее под необходимым углом и совместить с нужной гранью, так мы получим модель *двойника* – закономерного срастания кристаллов (рис. 11).

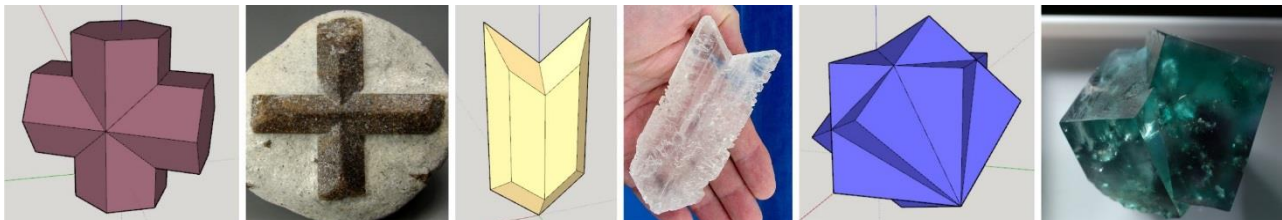


Рис. 11. Модели двойников ставролита, гипса (галльский двойник или «ласточкин хвост»), флюорита (по шпинелевому закону) и фотографии соответствующих минералов

Как показывает опыт, дети младшего возраста с удовольствием включаются в процесс моделирования, для чего им предлагается собрать разверстки моделей кристаллов, выполненных на бумаге. При создании разверсток также применяется трехмерная модель, так как в программе легко определить размеры деталей, их положение, углы между ними (рис. 12). Это заметно упрощает создание разверсток кристаллов, чья форма гораздо сложнее октаэдра.

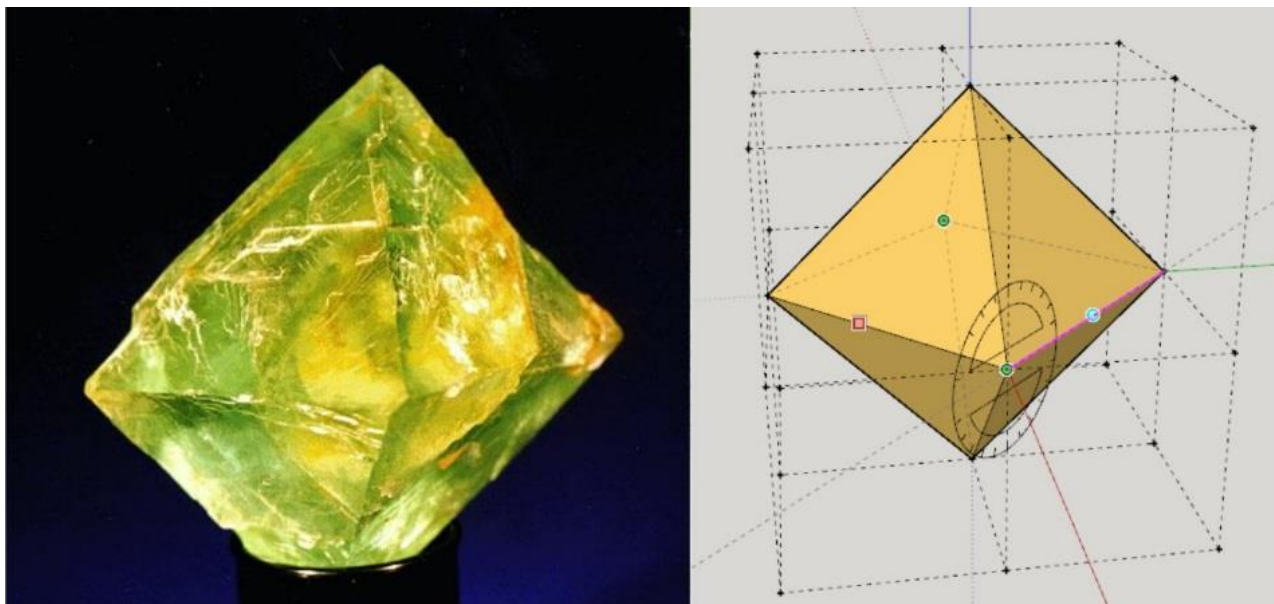


Рис. 12. Упрощенная модель кристалла флюорита в форме октаэдра



Рис. 13. Презентация бумажной модели с нанесенной текстурой, имитирующей расцветку флюорита, и ее разверстка

Таким образом, применяя описанный в статье метод разработки трехмерных моделей кристаллов, можно в короткий срок создать достаточно обширную базу 3D-моделей минералов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Социальная сеть работников образования nsportal.ru. «Моделирование на уроках в начальной школе» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nsportal.ru/user/295892/page/modelirovanie-na-urokakh-v-nachalnoy-shkole> (дата обращения 11.12.16).
2. Булах А. Г. Общая минералогия : учебник. – Изд. второе, испр. и перераб. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1999. – 356 с.
3. Бетехтин А. Г. Минералогия. – М. : Гос. изд. геолог. лит-ры, 1950. – 957 с.

© М. В. Карманова, 2017

УДК 528.087, 52-5

**И. А. Кноль**

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

#### **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОГНОЗНОЙ 3D-МОДЕЛИ ТЕХНОГЕННОГО ОБЪЕКТА В WEB-ПРИЛОЖЕНИИ**

По статистическим данным, в России проживает более 72 млн. человек в зонах, где непосредственная угроза жизни и здоровью может возникнуть вследствие аварий на потенциально опасных техногенных объектах и системах. В связи с этим важнейшей задачей безопасности является определение пространственно-временного состояния (ВПС) техногенных объектов (ТО).

Техногенная система – это упорядоченная материально-энергетическая совокупность природных объектов и технических сооружений. Она существует и управляется человеком как единое целое за счет взаимодействия, распределе-

ния и перераспределения имеющихся, поступающих извне и продуцируемых этой системой веществ, энергии и информации [1–3].

Для определения ПВС техногенных объектов ТО применяют различные технические средства: лазерные сканеры, инклинометры, тахеометры, фотографические камеры высокого разрешения, сонары, ультразвуковые датчики, датчики вибрации и излучения. Результатом мониторинга техногенной системы являются большие массивы разнородных данных, для которых требуется индивидуальная обработка. Кроме того, существует человеческий фактор, который неизменно приводит к снижению оперативности определения ПВС, что негативно сказывается на скорости принятия решений и, как следствие, на своевременном предотвращении чрезвычайных ситуаций. Идеальным вариантом было бы исключение или хотя бы минимизация влияния человеческого фактора, повышение эффективности обработки данных и получение предельно целостной картины о пространственно-временном состоянии техногенной системы. Для этого требуется универсальная система автоматизированного сбора, обработки, хранения, визуализации и анализа данных. Это достижимо с помощью разработки мультиагентной системы контроля ПВС ТО [3, 4].

Мультиагентная система – это технологический комплекс аппаратных и программных средств, состоящий из интеллектуальных агентов (блоков – «решателей» задач) которые расположены в некоторой среде, функционально связаны друг с другом и каждый из них способен к гибким, автономным и социально организованным действиям, направленным на predetermined цели [5, 6].

Предлагается разработка мультиагентной системы, функционирующей на основе взаимодействующих между собой блоков: блок сбора данных, блок анализа и обработки данных, блок взаимодействия с пользователем (человеком).

Этап сбора данных предполагает поступление полной (необходимой для принятия решения) информации о техногенном объекте в блок аналитики и параллельно с этим в блок взаимодействия с пользователем. От степени полноты данных об объекте зависит степень полезности обработки этих данных в блоке анализа.

На этапе аналитики происходит многопараметровая обработка разнородных данных. Таким образом, возможно на основе разнообразных алгоритмов и методов, интегрированных в систему аналитики, предоставить прогноз о состоянии объекта на определенный момент времени.

Следующим важным этапом является взаимодействие мультиагентной системы с пользователем. На данном этапе пользователь должен быть осведомлен в любой точке земного шара о ПВС ТО средствами приложения, оснащенного интерактивной визуализацией и панелью управления геоинформационными ресурсами. Выполнение данного требования может обеспечить комплекс разработок web-приложения, используемого сеть Internet для передачи данных [7, 8]. Для реализации интерфейса приложения в web-браузерах, простого и в то же время инструментально емкого, требуется библиотека методов и подпрограмм, которая позволит конструирование интеллектуального блока управления геопространственными данными о ПВС ТО. В данной статье рассматривается

вариант применения web-ресурсов для взаимодействия интеллектуального агента с пользователем.

Цель: визуализировать прогнозную 3D-модель техногенного объекта в web-приложении средствами WebGL.

Задачи:

- получить облако точек;
- обработать облако точек;
- выявить коэффициент приращения;
- визуализировать 3D-модель на основе коэффициента приращения.

Облако точек можно либо сгенерировать самостоятельно, либо получить реальные значения.

На базе центра инжиниринга и робототехники СГУГиТ был создан робототехнический стенд определения пространственно-временного состояния техногенного объекта, а точнее, его макета.

Стенд функционирует на базе устройства Arduino UNO и четырех ультразвуковых датчиков приближения. После каждого смещения макета техногенного объекта, были зафиксировано его текущее местоположение в локальной системе координат стенда. Точки по нескольким временным эпохам были проанализированы, и в результате был получен коэффициент приращения. Далее на основе коэффициента приращения были получены прогнозные значения координат стенок макета.

С помощью средств WebGL можно реализовать отображение в браузере геопространственных данных. Был написан код, отвечающий за обработку точек и последующую визуализацию прогнозной 3D-модели макета техногенного объекта.

В дальнейшем планируется модернизация стенда и доработка технологии получения геопространственных данных, а именно автоматическое сканирование объекта, помещенного в стенд и получение значений высот его поверхности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геоинформатика : учеб. для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др. ; под ред. В. С. Тикунова. – М. : Изд. центр «Академия», 2005. – 480 с.
2. Бугакова Т. Ю. К вопросу оценки риска геотехнических систем по геодезическим данным // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 151–157.
3. Бугакова Т. Ю., Шляхова М. М., Кноль И. А. Структурная декомпозиция объекта методами математического моделирования с последующей визуализацией на основе WebGL // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (18–22 апреля 2016 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 142–147.
4. Web GIS: principles and applications / Pinde Fu, Jiulin Sun. – 1st ed. Esri Press, 380 New York Street, Redlands, California 92373-8100 Copyright 2011 Esri. – P. 16.
5. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 22.1.12–2005. Структурированная система мониторинга и управления Инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200039543>.

6. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. Философия, психология, информатика. – М. : Эдиториал, 2002.
7. Коичи Мацуда, Роджер Ли. WebGL: программирование трехмерной графики / пер. с англ. А. Н. Киселев. – М. : ДМК Пресс, 2015. – 494 с. : ил.
8. Еременко О. С., Чердынцев Е. С. Сравнение трехмерных интернет-технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nauchforum.ru/node/3187>.

© И. А. Кноль, 2017

УДК 528.9

*А. О. Лебзак, Е. В. Лебзак*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

## **ПРОЕКТ КАРТЫ «КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ»**

Горный Алтай является местом величайших культурных и этнических контактов между Востоком и Западом.

Алтай – это горная страна в Западной Сибири, в которой можно наблюдать взаимосвязь самобытной и современной культуры. Алтай разнообразен природными условиями, животным миром и историко-культурными ресурсами, что делает его необычайно интересным для исследования.

Когда мы слышим слово «Алтай» всем нам в первую очередь приходят в голову сказочные пейзажи этого региона. Действительно, природа Алтая завораживает своей красотой. Но мы решили выбрать в качестве объекта изучения – культурно-историческое наследие Республики Алтай. А картографический метод изучения данной местности может быть очень продуктивен.

Из многочисленных памятников истории и культуры Республики Алтай поставлено на учет в АКИН («Агентство по культурно-историческому наследию Республики Алтай») более 2 000 объектов. В Перечне объектов культурного наследия федерального значения, расположенных на территории Республики Алтай, значатся 97 археологических памятников. [1]

Одной из актуальных проблем на сегодняшний день является изучение, сохранение и популяризация историко-культурного наследия коренных народов России.

Целью нашего проекта была разработка и создание карты «Культурно-историческое наследие Республики Алтай».

Для достижения поставленной цели были решены несколько задач:

- изучение понятия «историко-культурное наследие», его сущности и содержания;
- сбор и систематизация материалов по объектам историко-культурного наследия, находящихся на территории Республики Алтай;
- создание карты.

Согласно ст. 1, гл. 1 Закона Республики Алтай от 29 июня 1994 г. №4–2 «Об историко-культурном наследии народов Республики Алтай» под историко-культурным наследием понимаются результаты жизнедеятельности человека, представляющие материальные, духовные, интеллектуальные, историко-археологические, научные и иные культурные ценности.[2]

Первым этапом составления карты был сбор данных. В качестве картографической основы использовалась Туристская карта Республики Алтай масштаба 1 : 1 000 000. В качестве основных картографических источников информации были использованы: Карта каменных изваяний Республики Алтай масштаба 1 : 50 000 000, Карта особо охраняемых природных территорий Республики Алтай масштаба 1 : 1 000 000, Карта «Золотое кольцо Алтая» масштаба 1 : 1 000 000. В качестве вспомогательных источников были найдены, изучены и использованы различные литературные и картографические источники, в том числе информация с официальных сайтов Республики Алтай.

Вторым этапом был выбор математической основы карты. Так как в качестве картографической основы использовалась Туристская карта Республики Алтай масштаба 1 : 1 000 000, которая создана в поперечно-цилиндрической проекции Меркатора, было решено использовать именно эту проекцию и для нашей карты. Данная проекция является универсальной и довольно примитивной, но для поставленных перед нами задач она вполне пригодна.

Далее мы определили более удобный для нас масштаб – 1 : 1 000 000. Выбор данного масштаба обусловлен тем, что более крупный масштаб привел бы к более крупному формату карты, а более мелкий к слиянию условных знаков и плохому чтению их на карте. Кроме того, выбранный масштаб более удобен для дальнейшего оформления карты, карта в данном масштабе имеет оптимальный для нас размер и хорошую читаемость и наглядность условных знаков.

Третьим этапом была генерализация основы – общегеографической карты. Были выбраны объекты для дальнейшего нанесения на карту. Реки на карте отражены с 1 см в масштабе карты, а озера с 0,5 см<sup>2</sup>, такое подробное отображение гидрографии по нашему мнению поможет лучше ориентироваться на местности. Из объектов дорожной сети были отобраны магистральные автомобильные дороги. Населенные пункты на нашей карте нанесены по принципу административно-территориального деления, а именно центры субъектов РФ, центры районов региона, а так же прочие сравнительно крупные населенные пункты. Границы на карте даны тех же категорий что и на общегеографической основе, а именно государственные границы РФ, государственные границы других государств, границы субъектов РФ и границы районов республики. В процессе составления общегеографических элементов содержания данные о них уточнялись с помощью космических снимков и различных картографических сервисов.

Четвертый этап заключался в выборе объектов тематического содержания – объектов культурно-исторического наследия, которые далее были нанесены на карту. На карту были нанесены:



Созданная карта получилась наглядной, легко читаемой и современной. Она может быть использована при изучении истории республики, ее особенностей, как учащимися школ, так и широким кругом пользователей в познавательных целях и туристической деятельности.

В будущем планируется создание серии карт культурного наследия на разные регионы нашей страны.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Схема территориального планирования Республики Алтай. Положения о территориальном планировании : Постановление Правительства Республики Алтай от 21 ноября 2012 г. № 290 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Faltairepublic.ru%2Fupload%2Fiblock%2F623%2Fgov\\_decree\\_290\\_2012.pdf&name=gov\\_decree\\_290\\_2012.pdf&lang=ru&c=584d40471d23&page=1](https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Faltairepublic.ru%2Fupload%2Fiblock%2F623%2Fgov_decree_290_2012.pdf&name=gov_decree_290_2012.pdf&lang=ru&c=584d40471d23&page=1).

2. Об историко-культурном наследии народов Республики Алтай : Закон Республики Алтай от 29 июня 1994 г. №4-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://zakon.scli.ru/ru/legal\\_texts/legislation\\_RF/index.php?do4=document&id4=de2a1dbc-c641-462a-a95b-9b2773ea7bc8](http://zakon.scli.ru/ru/legal_texts/legislation_RF/index.php?do4=document&id4=de2a1dbc-c641-462a-a95b-9b2773ea7bc8).

© А. О. Лебзак, Е. В. Лебзак, 2017

УДК 69: 002.55

*С. В. Мосолов, Я. М. Матыева, А. А. Чантыкова*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

#### **ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТОК ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ В ГРАФИЧЕСКОМ РЕДАКТОРЕ AUTOCAD**

В наше время стремительного развития компьютерных технологий методы, ранее считающиеся универсальными, сегодня не выдерживают нарастающего давления со стороны новых технологий. Поэтому, актуальной является задача преемственности и замены старых методов и способов, новыми. Эту связь (старого и нового) можно рассмотреть на примерах построения разверток поверхностей некоторых геометрических объектов в графическом редакторе AutoCAD.

Разверткой называют фигуру, полученную при совмещении развертываемой поверхности с плоскостью без разрывов и складок. В начертательной геометрии различают развертки точные, приближенные и условные. Точные развертки строят для многогранников, приближенные и условные – для остальных поверхностей.

Развертки поверхностей являются основой для построения выкроек изделий из листового материала, которым путем свертывания и соединения с помощью сваривания, пайки, склеивания, вальцевания, сшивания и т. п. придается форма поверхности изделий. Так получают различные изделия: обувь, одежду, тару, трубопроводы, купола, кожухи, резервуары и т. д. Чтобы не допустить

ошибок при выполнении чертежей разверток, необходимо знать некоторые элементарные сведения о форме элементов, выясняется толщина металла, из которых они должны быть изготовлены, определяется технология их изготовления.

Для построения разверток в графическом редакторе AutoCAD существует несколько приемов с использованием таких команд как «Копирование граней», «ЗМ поворот», «Выровнять» и др.

Для построения точной развертки многогранной поверхности нужно совместить все грани этой поверхности с одной плоскостью так, чтобы образовалась плоская фигура. При этом смежными будут две грани, имеющие общее ребро. Для одной и той же поверхности вид ее развертки может быть различным в зависимости от избранной последовательности расположения граней на развертке. Все грани на развертке изображаются в натуральную величину, поэтому ее построение в общем случае сводится к нахождению натуральных величин отдельных граней поверхности.

Построение точных разверток гранных поверхностей может производиться путем снятия размеров отдельных граней и последовательного восстановления развертки на плоскости. Для этого необходимо копии граней поместить в единую плоскость чертежа, в качестве которой удобно использовать плоскость листа. Затем копии граней совместить по общим ребрам. Алгоритм построения следующий: Выбрать меню «Редактировать», «Редактирование тела», «Копировать грань». Далее выбрать грань, с указанием базовой точки для копирования и второй точки для перемещения. Копии граней поместить в единую плоскость чертежа, в качестве которой удобно использовать плоскость листа. Затем копии граней совместить по общим ребрам с помощью команды «Выровнять». Развертка куба, построенная методом копирования граней, представлена на рис. 1.

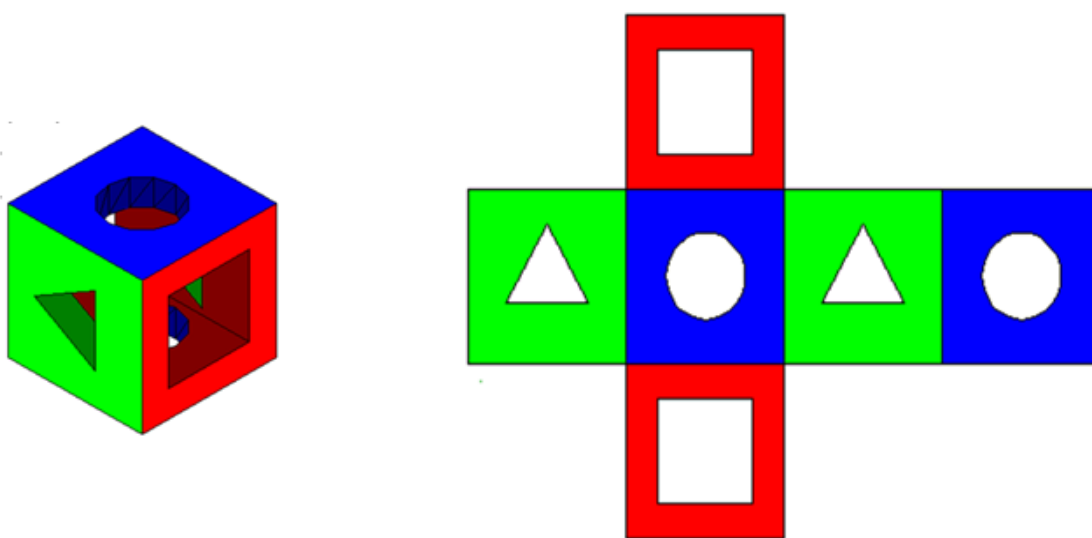


Рис. 1. Развертка куба

Развертку прямой призмы удобно построить с помощью команды «3D поворот». Алгоритм построений следующий: выделяем геометрический объект и разбиваем его на отдельные грани командой «Расчленить». Затем командой «3D поворот» совмещаем грани призмы с плоскостью нижнего основания. Угол поворота равен 90 градусов. Развертку строим в мировой системе координат (МСК). Пример построения развертки прямой призмы со сквозным отверстием приведен на рис. 2.

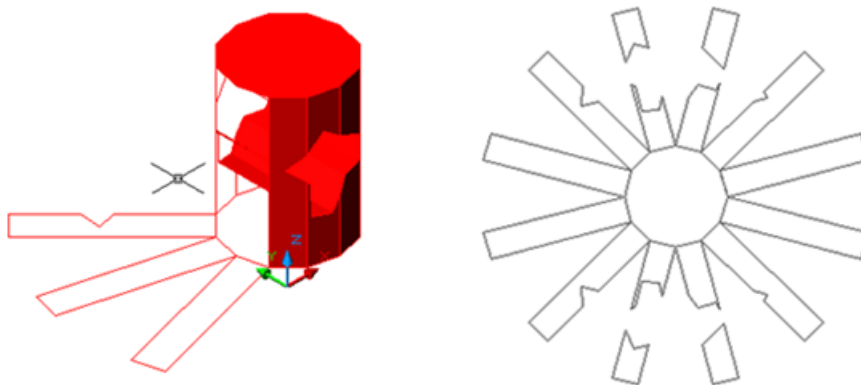


Рис. 2. Развертка прямой призмы со сквозным отверстием

Для построения развертки двенадцатигранной усеченной пирамиды необходимо: разделить пирамиду на грани командой «Расчленить». Эта команда заменяет один объект на несколько объектов. Выставить положение ПСК, повернуть одну из граней вокруг оси, совпадающей с ребром до совмещения с плоскостью основания с помощью команды «Выровнять» (Редактировать – 3D операции – Выровнять). Далее повернуть и присоединить к уже повернутой грани другую смежную грань командой «Выровнять», повернуть третью грань и присоединить ее к уже повернутой второй грани. Аналогично следует поступить с остальными гранями. Порядок построения точной развертки поверхности усеченной пирамиды приведен на рис. 3.

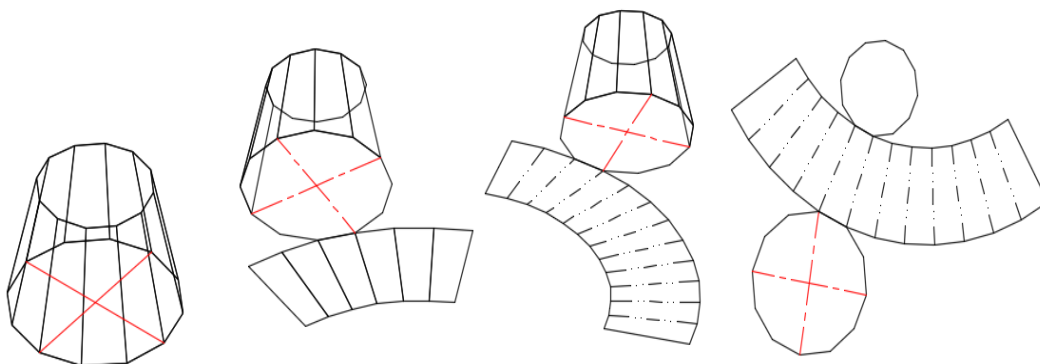


Рис. 3. Порядок построения точной развертки поверхности усеченной пирамиды

Для неразвертывающихся поверхностей построение развертки сводится к аппроксимации сложносоставной фигуры более простыми гранными фигурами (пирамид, усеченных пирамид и т. д.) и последующего разворота отдельных граней в единую плоскость с помощью упомянутых выше команд редактора AutoCAD.

К неразвертываемым поверхностям относится и поверхность сферы, которая имеет широкое распространение в быту, промышленности и архитектуре. Теннисные мячи, например, изготавливаются из двух плоских выкроек. В архитектурно-строительной практике неразвертываемые поверхности это сферические купола покрытий, резервуары и др. Существует большое количество различных способов приближенной развертки поверхности сферы.

Алгоритм построения приближенной развертки сферы, на основе аппроксимации поверхности вписанными усеченными пирамидами заключается в следующем:

– вписать в сферу круг, расположенный на  $\frac{1}{2} R$  радиуса сферы выше от центра самой сферы,  $r$  радиус круга вычислить по теореме Пифагора:

$$r = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2} R\right)^2};$$

– вписать сферу в двенадцатигранную усеченную пирамиду, у которой ребра оснований должны касаться экватора и построенного ранее круга;

– вписать сферу в следующую двенадцатигранную пирамиду, ребра оснований ее должны касаться круга, а вершина совпадать с верхним полюсом сферы;

– разделить пирамиды на грани командой «Расчленить». Эта команда заменяет один объект на несколько объектов;

– выставить положение ПСК;

– развернуть одну из граней вокруг оси, совпадающей с ребром до совмещения с плоскостью основания с помощью команды «Выровнять» на вкладке «Редактировать» (грани неусеченной пирамиды развертываются вокруг оси, совпадающей с ребром меньшего основания усеченной пирамиды);

– развернуть и присоединить к уже развернутым граням другие смежные грани командой «Выровнять», аналогично развернуть и присоединить остальные грани пирамид до тех пор, пока не получим половину развертки сферы;

– полученную развертку выстроить на прямой так же с помощью команды «Выровнять», командой «Зеркало» из вкладки «Редактировать» отразить полученную развертку и получить приближенную развертку сферы.

Результаты построений приведены на рис. 4.

На рис. 5 приведен более сложный пример построения развертки сферы со сквозным призматическим отверстием.

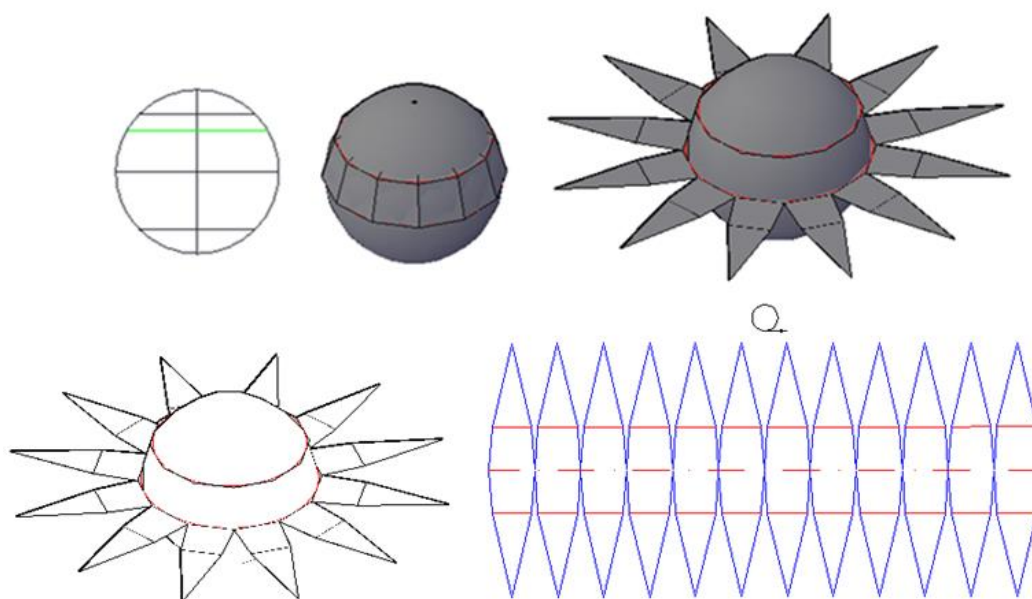


Рис. 4. Результаты построений развертки сферы

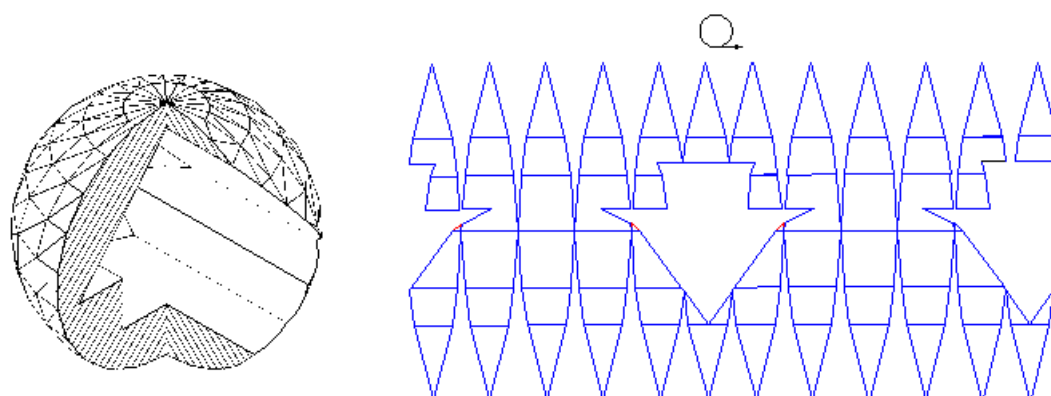


Рис. 5. Пример построения развертки сферы со сквозным призматическим отверстием

Таким образом, построение разверток в среде AutoCAD позволяет свести время и погрешность построения выполнения аналогичной работы в ручном варианте к минимуму.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максименко Л. А., Касымбаев Б. А. Способы построения разверток в трехмерном пространстве // Совершенствование преподавания графических дисциплин : сб. трудов. – Томск, 2010. – С. 42–46.
2. Максименко Л. А. О графической подготовке бакалавра в современном учебном процессе = The graphic disciplines in the modern educational process // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации : материалы 6-й

УДК 681.7

**В. А. Николаев**

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

## **ВОЗМОЖНОСТИ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ МОДЕЛИ СНАЙПЕРСКОГО ПРИЦЕЛА (ПСО)**

В настоящее время, большинство предприятий стремятся проектировать в трехмерном пространстве. Трехмерные САД-системы предоставляют проектировщику большой простор для творчества и при этом позволяют значительно ускорить процесс выпуска проектно-сметной документации. Наряду со скоростью, такие системы позволяют повысить точность проектирования: становится проще отследить спорные моменты в конструкции.

КОМПАС-3D, как универсальная система трехмерного проектирования, находит свое применение при решении различных задач, в том числе и в оптическом производстве [1–3].

Все разработки оптических приборов, особенно вооружение, являются закрытыми, и нет возможности найти их конструктивные параметры. В качестве примера был смоделирован прицел снайперский оптический ПСО-1.

Вся информация об устройстве ПСО-1 представлена в виде плакатов, схем, с которых и снимались размеры для компьютерного моделирования, позволяющего в учебных целях получить твердотельную модель прибора.

Устройство механической части прицела ПСО-1 представлено на рис. 1.

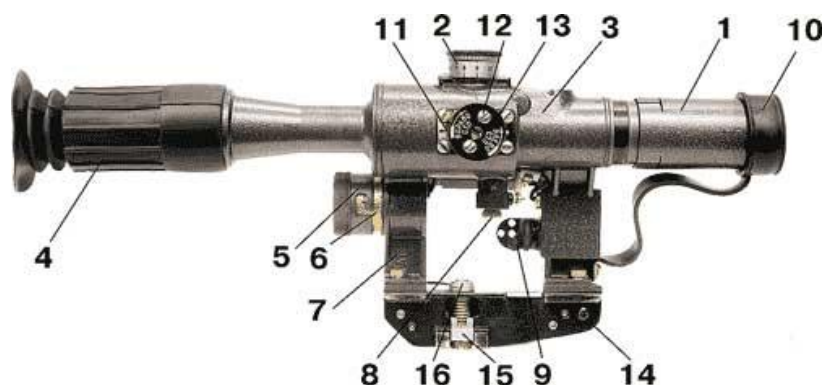


Рис. 1. Механическая часть прицела снайперского оптического ПСО-1 [4]

- 1 – выдвижная бленда; 2 – маховичок; 3 – корпус; 4 – резиновый наглазник;
- 5 – колпачок с упором; 6 – корпус для элемента питания (батарейки);
- 7 – кронштейн; 8 – электролампочка; 9 – тумблер; 10 – колпачок объектива;
- 11 – указатель (индекс); 12 – стопорный винт; 13 – маховичок; 14 – упор;
- 15 – движок с пружиной; 16 – зажимной винт

Внутреннее устройство прицела снайперского оптического ПСО-1 представлено на рис. 2.

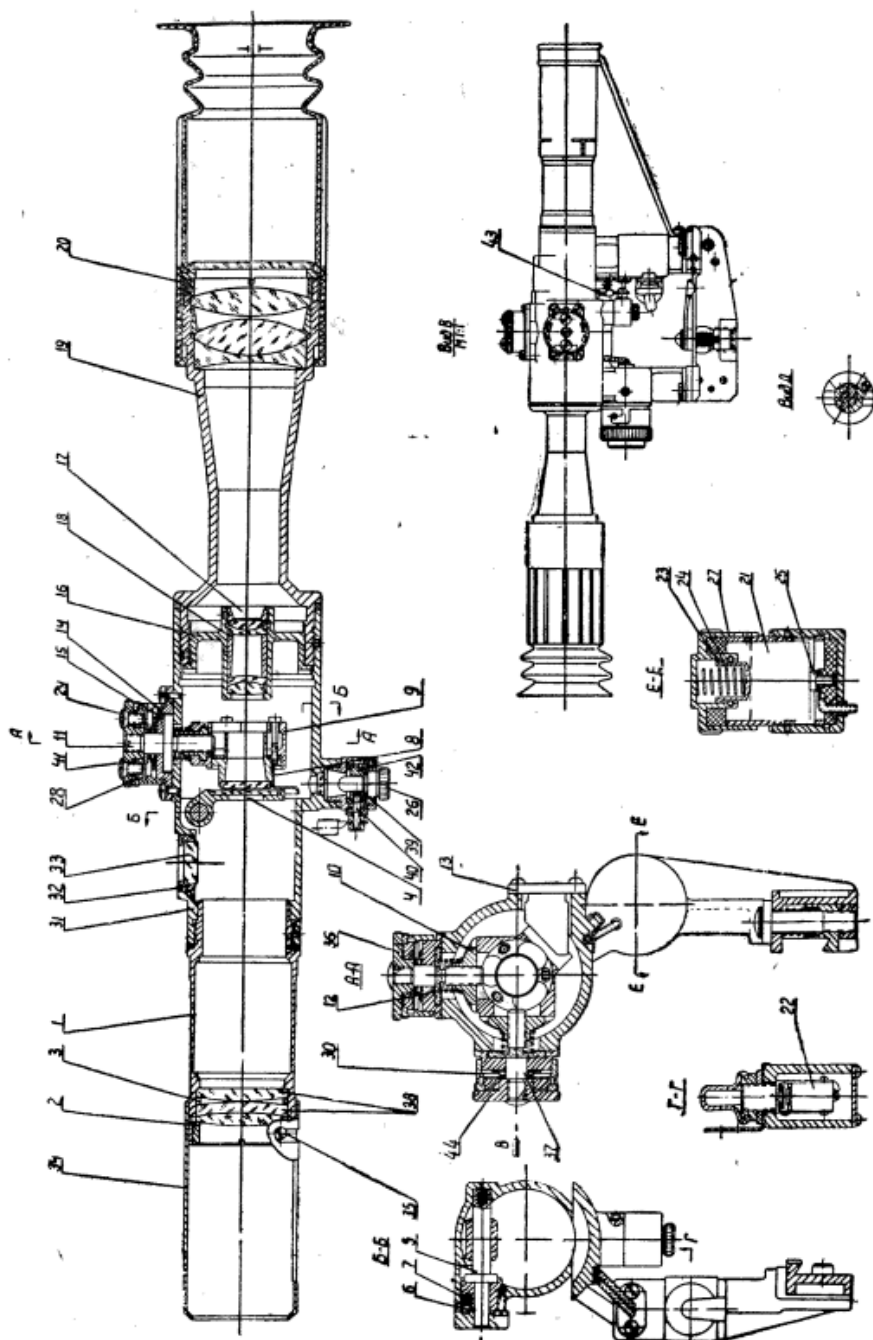


Рис. 2. Внутреннее устройство ПСО-1 [5]

1 – объективная трубка; 2 – резьбовое кольцо; 3 – промежуточное кольцо; 4 – оправка экрана; 5 – ось; 6 – фиксатор; 7 – пружина; 8 – оправка сетки; 9 – каретка; 10 – ползунки; 11 – винт; 12 – пружины; 13 – направляющая; 14 – шарики; 15 – пружина; 16 – оправка; 17 – резьбовое кольцо; 18 – прокладное кольцо; 19 – окулярная трубка; 20 – резьбовое кольцо; 21 – секция 2РЦ63; 22 – микротумблер; 23 – втулка; 24 – пружина; 25 – винт; 26 – лампа; 27 – колпачок; 28 – шкала; 29 – винт; 30 – шкала; 31 – корпус; 32 – оправка светофильтра; 33 – светофильтр; 34 – бленда; 35 – винт; 36 – гайка; 37 – винт; 38 – линзы объектива; 39 – кольцо; 40 – шпилька; 41 – шайба; 42 – контакт; 43 – провод; 44 – гайка

На рис. 3–7 представлены результаты моделирования прицела снайперского оптического ПСО-1 [1–5].

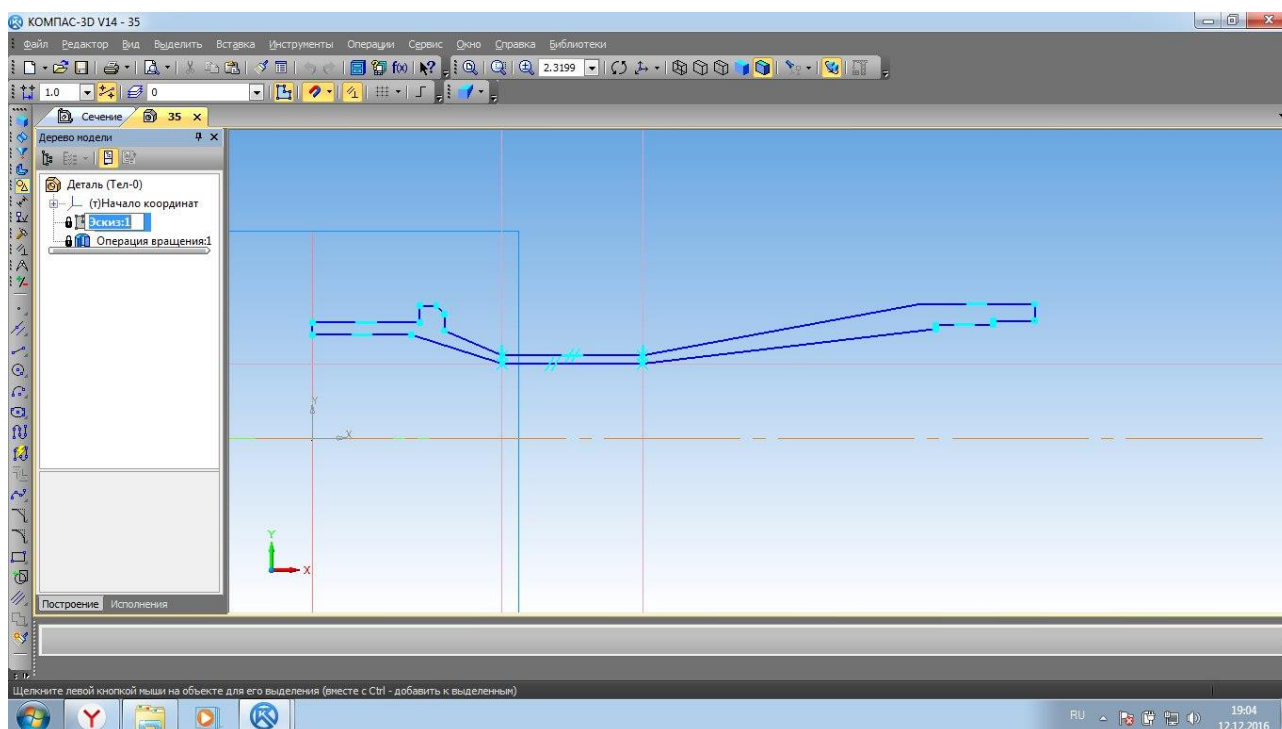


Рис. 3. Создание эскиза

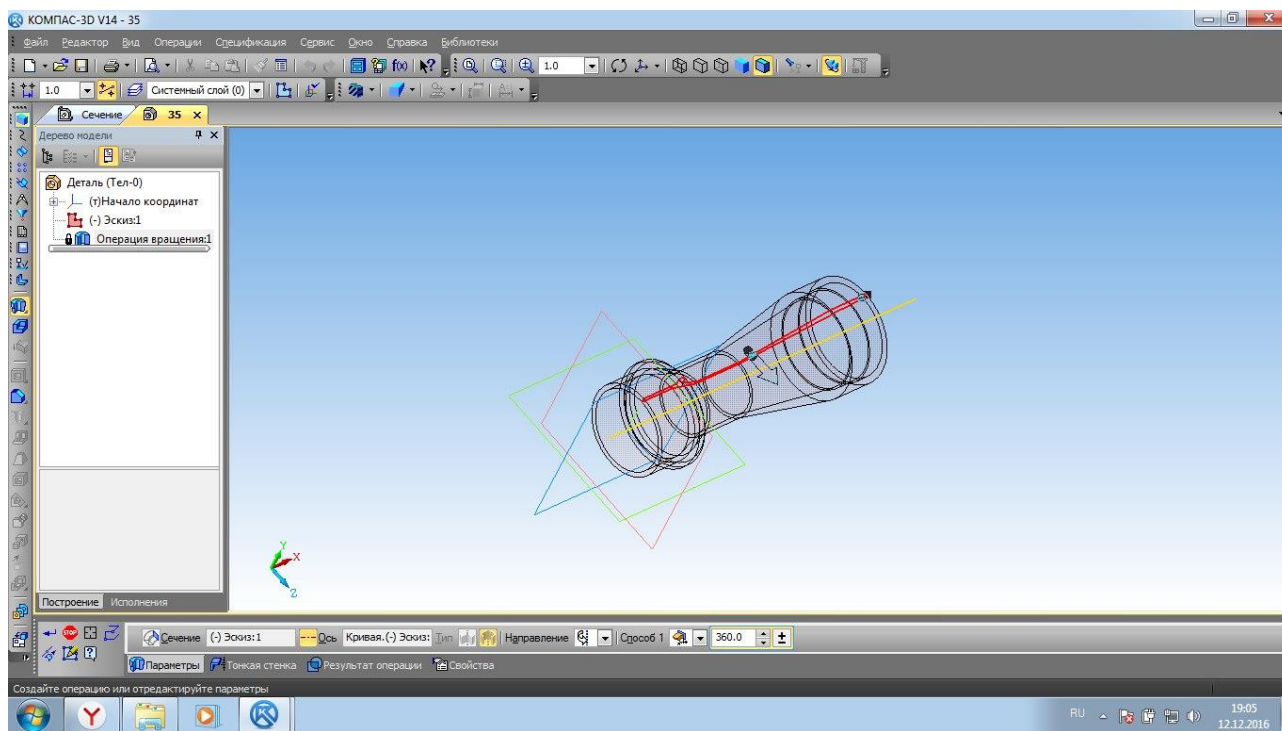


Рис. 4. Получение модели путем вращения

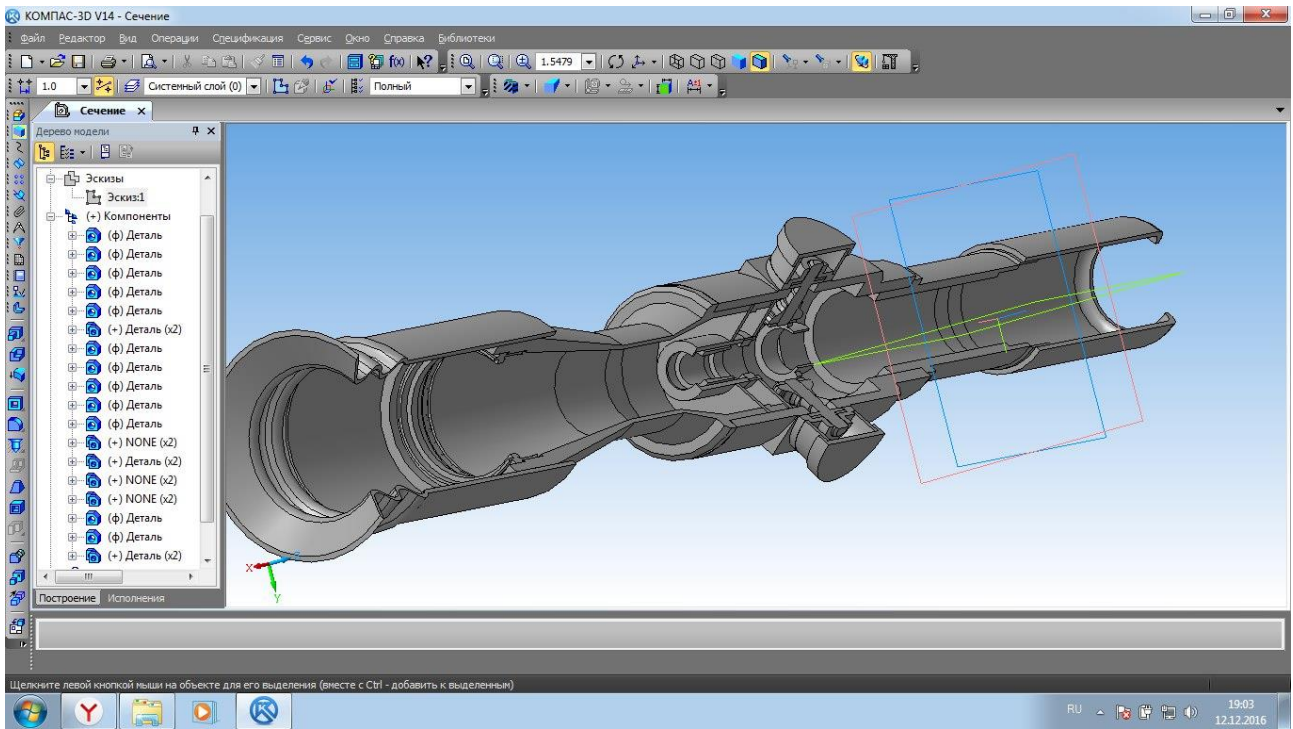


Рис. 5. Результат моделирования ПСО-1 (разрез детали)

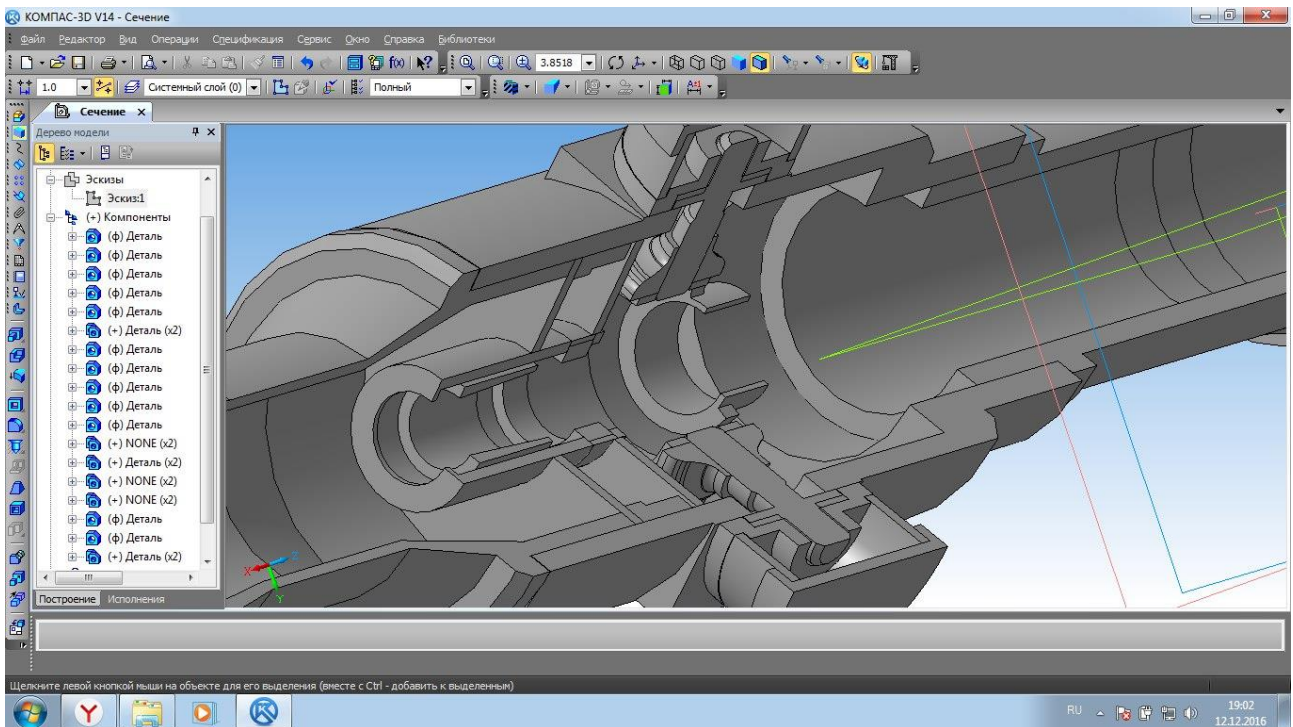


Рис. 6. Результат моделирования ПСО-1 (разрез детали в приближении)

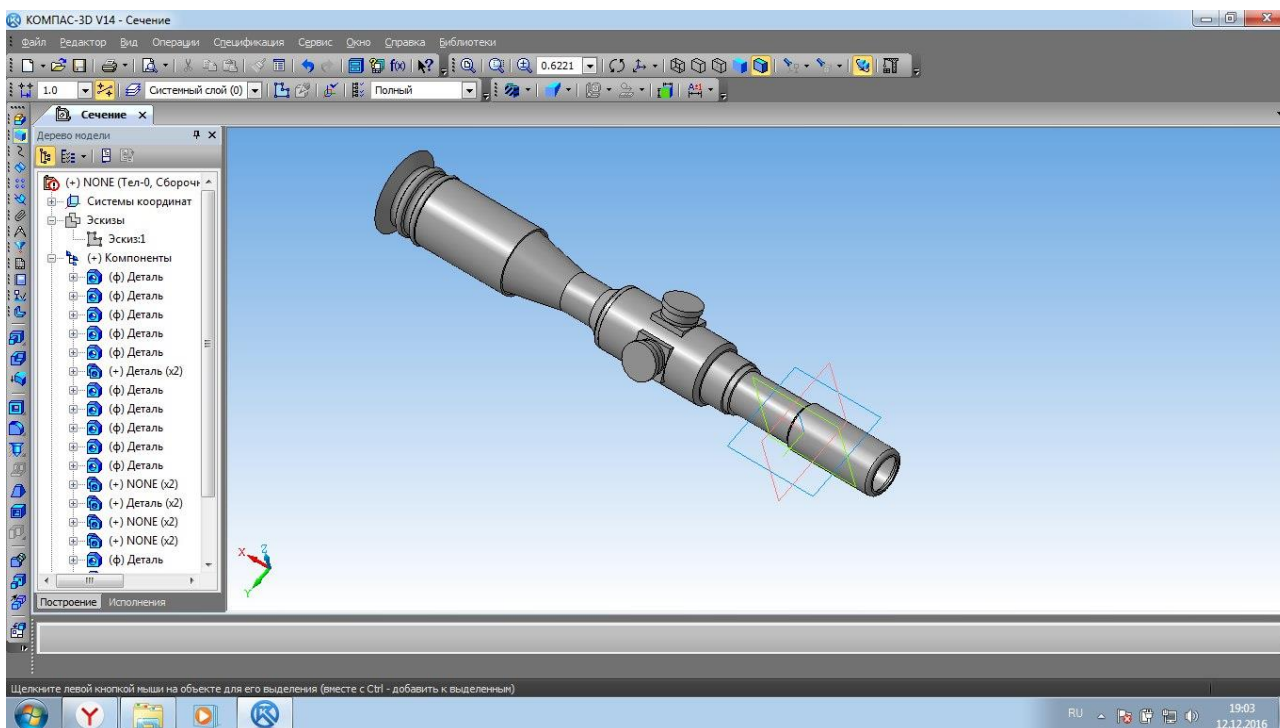


Рис. 7. Изометрическая проекция ПСО-1

Таким образом, программы автоматизированного проектирования позволяют смоделировать любой прибор, не имея полной информации о конструктивных особенностях составных деталей, что в дальнейшем может использоваться как в учебном процессе, так и для расширения кругозора в соответствующей области.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Третьяк Т. М., Фарафонов А. А. Пространственное моделирование и проектирование в программной среде КОМПАС 3D LT. – М. : Солон-Пресс, 2004. – 128 с.
2. Большаков В. П. Построение 3D-моделей сборок в системе автоматизированного проектирования «КОМПАС» : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во СПбГЭТИ «ДЭТИ», 2005.
3. Герасимов А. А. Самоучитель КОМПАС-3D V9. Трехмерное проектирование. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 400 с.
4. Снайперское оружие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sniper-weapon.ru>.
5. Краткое описание и инструкция по эксплуатации прицела снайперского оптического ПСО-1.

© В. А. Николаев, 2017

*А. Т. Нурмухаметова*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

## **ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГЕОДЕЗИИ**

В настоящее время в связи с развитием научно-технической и технологической отрасли появляется все большая необходимость в получении полной и достоверной информации о территориях и объектах управления, при этом влияние человеческого фактора на итоговую информационную модель должно быть сведено к минимуму. На сегодняшний день ответом на возникшие потребности стало возникновение и развитие новых методов сбора пространственной информации ее представление, хранение и анализ. Среди основных технологий сбора распространены такие технологии как дистанционное зондирование земли из космоса, аэрофотосъемка, воздушное и наземное лазерное сканирование и многие другие.

Трехмерное моделирование позволяет наилучшим образом описывать реальную местность, объекты окружающего мира и их взаимное расположение. Трехмерные модели представляют собой полноценные трехмерные карты, которые позволяют выбирать объекты на модели с целью запроса информации об объекте редактировать их внешний вид и характеристики (семантику), определять координаты объектов, выполнять измерительные и расчетные операции, производить детальную оценку местности в камеральных условиях.

Технология построения трехмерной модели предназначена для создания трехмерных моделей разной степени детализации и решения прикладных задач. По степени детализации модели делятся на типовые, детальные, модели внутренних помещений и тематические.

В основе моделей могут лежать различные картографические материалы. Планы городов, космические и аэрофотоснимки, крупномасштабные карты, матрицы высот, растровые изображения и другие материалы могут использоваться как отдельно, так и совместно.

*Задачи, решаемые при использовании трехмерных моделей:*

1. Визуализировать в трехмерные модели пространственную информацию в единой системе координат рельеф, объекты инфраструктуры, коммуникации, конструкции, установки, технологическое оборудование, с помощью которой можно оптимизировать технологические процессы, спланировать и создать благоприятные условия для транспортных и логистических операций, корректировать проектные решения.

2. Разрабатывать проекты, как дизайнерские, так и проекты реконструкции, реставрации, капитального ремонта и (пере)планирования стратегически и функционально важных объектов, а также обслуживающего оборудования (освещение, электричество и т. д.).

3. Производить контрольные работы, т. е. получать достоверную информацию о фактическом положении объектов инфраструктуры, строительных эле-

ментах и коммуникациях зданий и помещений, что определяет оптимальный подход к организации производственной деятельности. Информация о фактическом состоянии и возможностях объектов инфраструктуры необходима для оценки и обоснования планируемых бизнес – проектов и привлечения дополнительных инвестиций.

4. Решать задачи МЧС (Министерство по Чрезвычайным Ситуациям), т. е. предоставлять данные для планирования и организации мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, для разработки мероприятий по охране труда, вести расчет по определению максимально эффективных рабочих территорий.

5. Решать задачи предоставления данных в службы БТИ (Бюро технической инвентаризации), т. е. обеспечат точными геометрическими параметрами, на которых будут отражены реальные расстояния между элементами и их фактические размеры, составлять карты (планы) по межеванию объектов земельного устройства.

6. Выполнять инвентаризацию и учет объектов, помещений, а также площадей, что позволяет более точно рассчитывать экономическую эффективность использования и повысить качество управления объектами. А также позволит более точно рассчитать остаточную, восстановительную стоимости обслуживающих зданий и сооружений.

7. Использовать полученные данные в дальнейшем путем нанесения на объекты тематической информации и развития информационной базы, а также создания ГИС путем наращивания информационной базы.

Маркшейдерско-геодезические работы связанные с горными работами и добычей полезных ископаемых производятся своевременно, на периодической основе в соответствии с инструкциями. Традиционный метод определения объема рудных тел с помощью горизонтального и вертикального расчетов, объем рассчитывается по палетке. Частные формы пространственных форм, используют формулы геометрических тел чтобы соответствовать правильной геометрии. Использование этих методов могут быть непосредственно связаны с месторождением полезных ископаемых, добычи полезных ископаемых, форм отвалообразования, с методами съемки и маркшейдерской документацией.

В настоящее время за счет использования специализированных программных систем расчет объема упрощен. Объем добычи может быть вычислен в специальных программах, такие как AutoCAD и MapInfo. Для расчета объема в программе MapInfo необходимы пространственные данные ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) полученные в результате тахеометрической, теодолитной или других съемок, после чего создается пространственная модель и определяется площадь каждого участка (рис. 1 и 2). Данные полученные в результате тахеометрической съемки загружаются в программу MapInfo. Появляется таблица из четырех колонок. Далее сохраняется копия, после чего выполняется перестройка структуры таблицы.

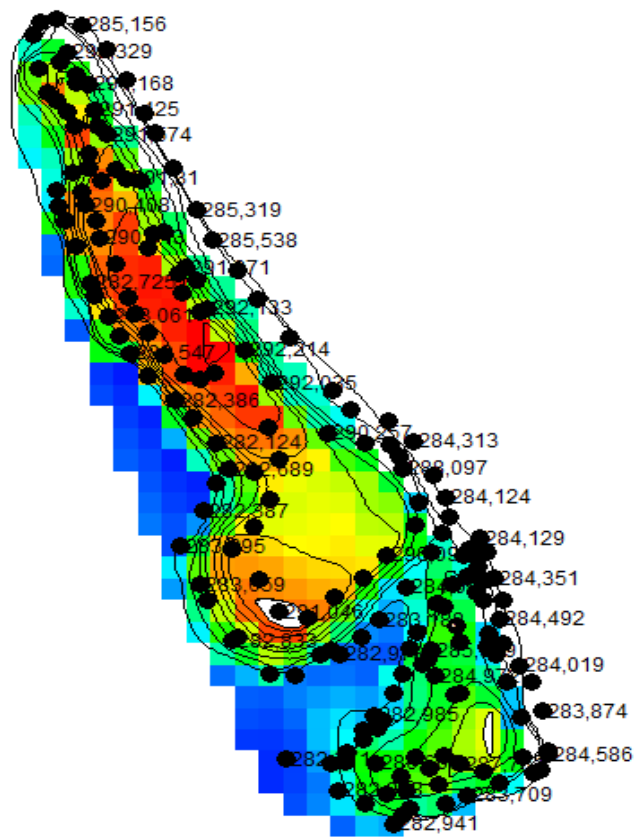


Рис. 1. Построение изолиний

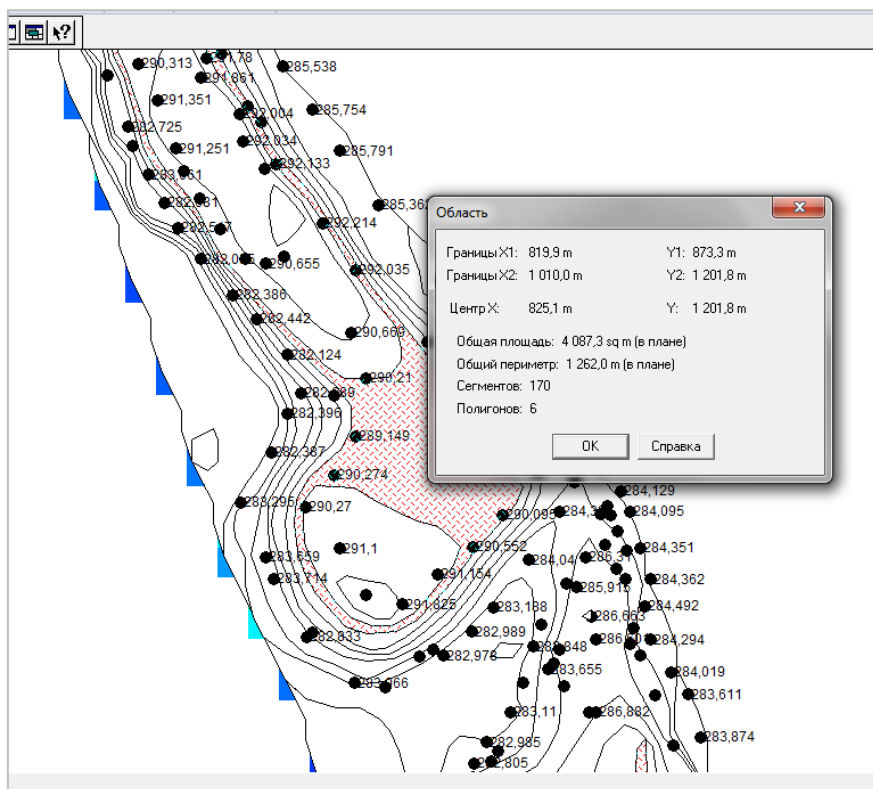


Рис. 2. Расчет объема

Для вычисления объема определенные площади вычисляются по следующей формуле

$$V_{12} = \frac{1}{3}h(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}) - \text{объем усеченной пирамиды,}$$

где  $h = 1$  м;

$$S_1 = 2\,852,3 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = 6\,443 \text{ м}^2;$$

$$S_3 = 1\,102,3 \text{ м}^2;$$

$$S_4 = 14\,041,1 \text{ м}^2;$$

$$S_5 = 18\,650,4 \text{ м}^2;$$

$$S_6 = 17\,510,2 \text{ м}^2;$$

$$V = V_{12} + V_{23} + \dots + V_{56} = 73\,769,6 \text{ м}^3.$$

Пространственные данные  $(x, y, z)$  полученные в результате тахеометрической съемки сохраняются в файле excel и загружаются в программу AutoCAD. По результатам съемочных работ вычерчивается верхний и нижний контура земли. Расчет объема выполняется быстро и точно. Создание цифровой модели рельефа имеет высокоточную рельеф местности и позволяет создавать пространственные модели песочной кучи (рис. 3–5).

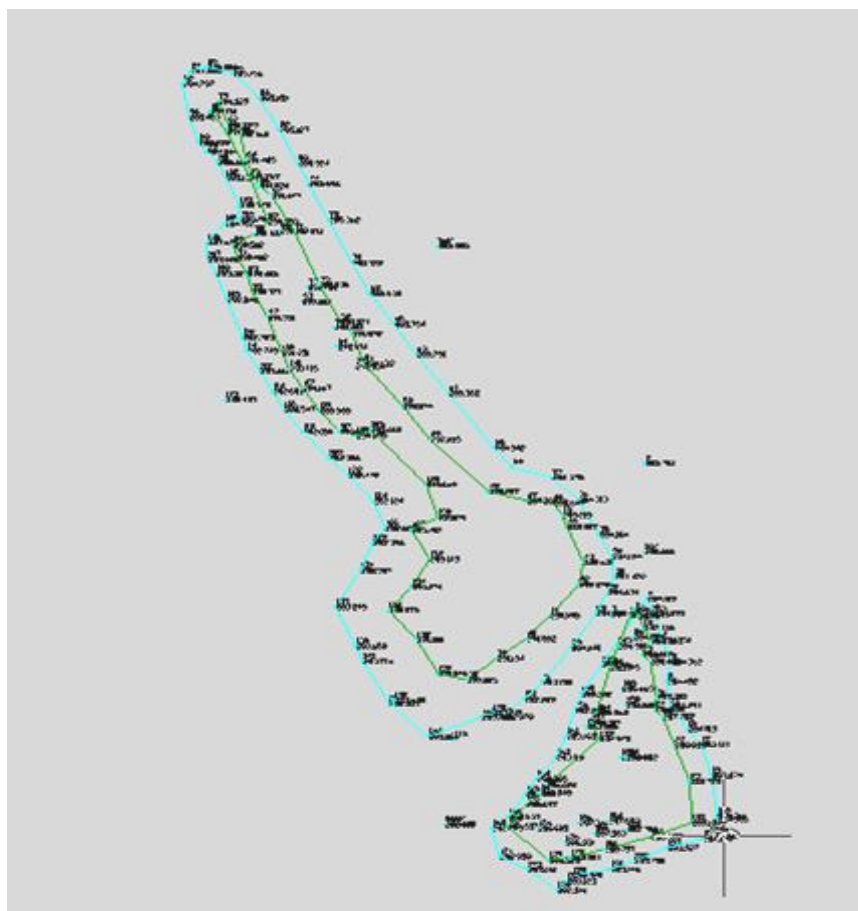


Рис. 3. Верхняя и нижняя границы

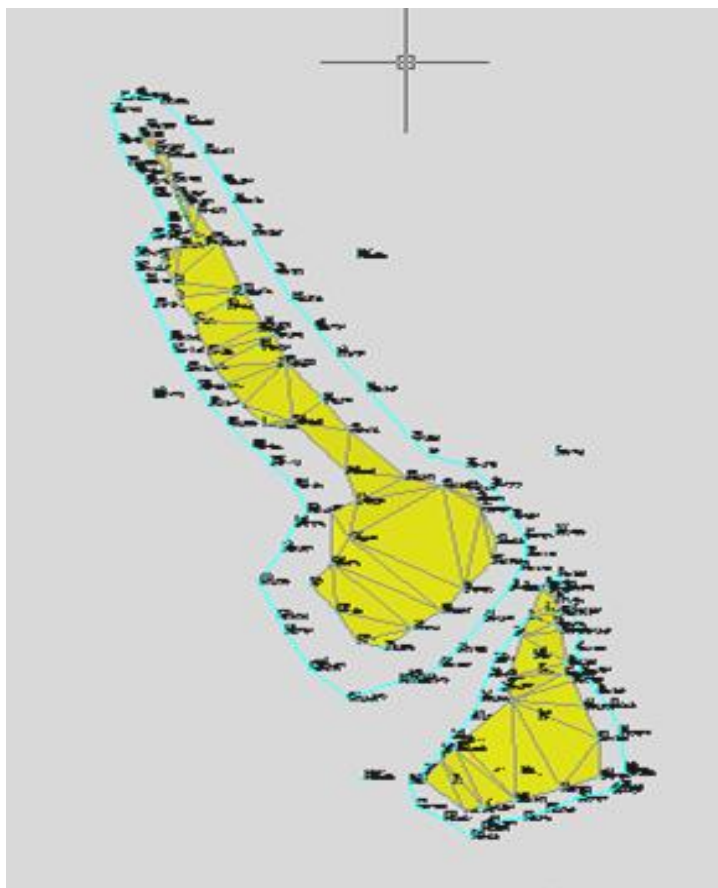


Рис. 4. ТИН для верхнего контура

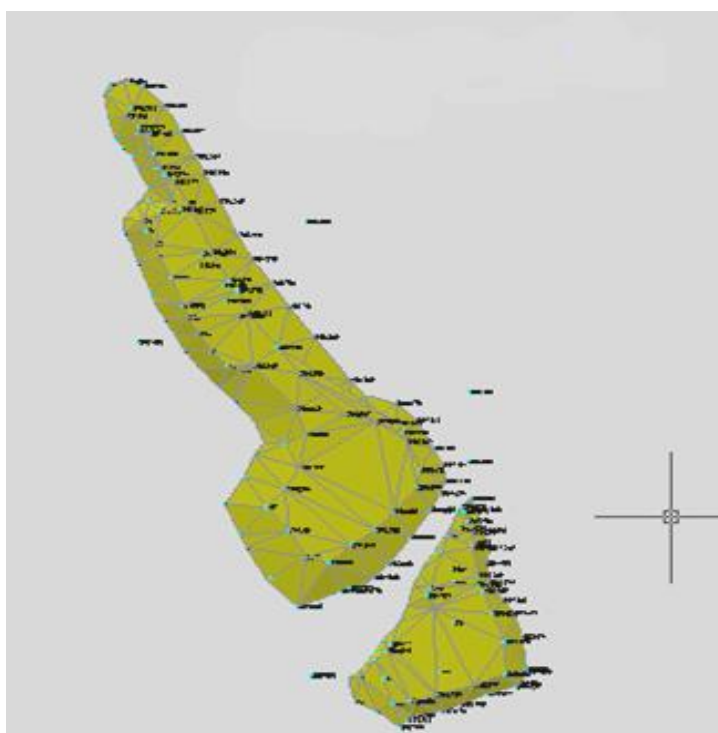


Рис. 5. Объем в программе AutoCAD

$$V = 73\,777,01 \text{ м}^3.$$

В заключение хотелось бы отметить, что трехмерная модель дает более детальную и объективную информацию по каждому объекту и территории в целом, а также позволяет решать сразу несколько задач различных служб:

1. Визуализировать в трехмерные модели пространственную информацию в единой системе координат: рельеф, объекты инфраструктуры, с помощью которой можно спланировать и создать, корректировать проектные решения.

2. Разрабатывать проекты, как дизайнерские, так и проекты реконструкции.

3. Производить контрольные работы, т. е. получать достоверную информацию о фактическом положении объектов инфраструктуры, строительных элементах и коммуникациях зданий и помещений.

4. Решать задачи МЧС, т. е. предоставлять данные для планирования и организации мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

5. Решать задачи предоставления данных в службы БТИ, т. е. обеспечат точными геометрическими параметрами, на которых будут отражены реальные расстояния между элементами и их фактические размеры, составлять карты (планы) по межеванию объектов землеустройства.

6. Использовать полученные данные в дальнейшем, путем нанесения на объекты тематической информации и развития информационной базы, а также создания ГИС путем наращивания информационной базы.

В рамках данной статьи показаны далеко не все примеры создания трехмерных моделей в геодезии и маркшейдерии на основе новых технологий, но и эта малая часть показывает, что развитие в области трехмерного моделирования набирает обороты, ну а нам с вами остается научиться всем этим пользоваться и шагать в ногу со временем.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.

2. Писарев В. С. Использование современных сканирующих систем на открытых горных выработках // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2015. – С. 61–64.

3. Технология 2000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tech-2000.ru/service/3d-modelirovanie>.

4. 3D-моделирование в геодезии и маркшейдерии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://tech-2000.ru/files/file/St\\_Krutikov\\_Kazan.pdf](http://tech-2000.ru/files/file/St_Krutikov_Kazan.pdf).

© А. Т. Нурмухаметова, 2017

*Е. А. Панков*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ СПЕКТРОМЕТРА**

Применение информационных технологий непосредственно в проектно-конструкторских работах позволяет перейти на принципиально новый уровень проектирования, улучшить качество и повысить скорость разработок изделий. Вариантом применения информационных технологий для проектирования является полный электронный макет изделия, который представляет собой взаимосвязанную совокупность всех трехмерных сборочных единиц системы. Трехмерное моделирование за счет возможности углубленной проработки проекта в целом открывает перспективу создания высококачественной продукции в сжатые сроки.

Для разработки спектрометра предлагается использовать систему САПР Siemens NX 10.1 (ранее «Unigraphics») — флагманская CAD/CAM/CAE-система производства компании Siemens PLM Software. Программа использует ядро геометрического моделирования Parasolid.

Siemens NX – это интерактивная система, предназначенная для автоматизированного проектирования, изготовления и расчетов изделий. NX является системой трехмерного моделирования, в которой инженер может создавать изделия любой степени сложности [1].

Использование электронного моделирования (ЭМ) позволяет:

- значительным образом уменьшить трудозатраты;
- повысить скорость разработки и внедрения новых компонентов;
- на стадии моделирования быстро вносить необходимые изменения;
- на любой стадии видеть всю сборку в целом;
- произвести расчет массы, центра тяжести, металлоемкости;
- упростить газодинамический расчет в специальных программах;
- произвести прочностной расчет методом конечных элементов;
- и в конечном итоге уменьшить затраты на производство.

Электронная модель – информация в электронном виде (созданная и поддерживаемая средствами САПР), содержащая трехмерное геометрическое описание и другие данные, необходимые для изготовления и контроля изделия (детали, сборочной единицы).

Электронная модель сборки – ЭМС, содержащая ЭМ входящих в ее состав сборочных единиц, деталей, покупных и стандартных изделий, составляющих конструкцию сборочной единицы, и другие данные, необходимые для сборки и контроля [2].

NX относится к так называемым системам высокого уровня автоматизированного проектирования и обладает широким набором инструментальных средств. NX широко распространена во всем мире и используется для разработки продукции ведущими мировыми производителями в наукоемких отраслях промышленности. Основная задача системы в конечном итоге состоит в сокращении стоимости создания изделия, улучшении его качества и сокращении сроков выхода на рынок.

Применение информационных технологий непосредственно в проектно-конструкторских работах позволяет перейти на принципиально новый уровень проектирования, улучшить качество и повысить скорость разработок изделий.

В настоящее время на производстве стараются в большинстве своем перейти к электронному проектированию с использованием систем САПР.

На основе оптической схемы монохроматора (рис. 1) была смоделирована трехмерная модель, для отработки на практике процесса моделирования спектрометра.

Монохроматор МСД выполнен в виде сборочной единицы, это значит, что все части системы при необходимости можно перемещать по всем осям.

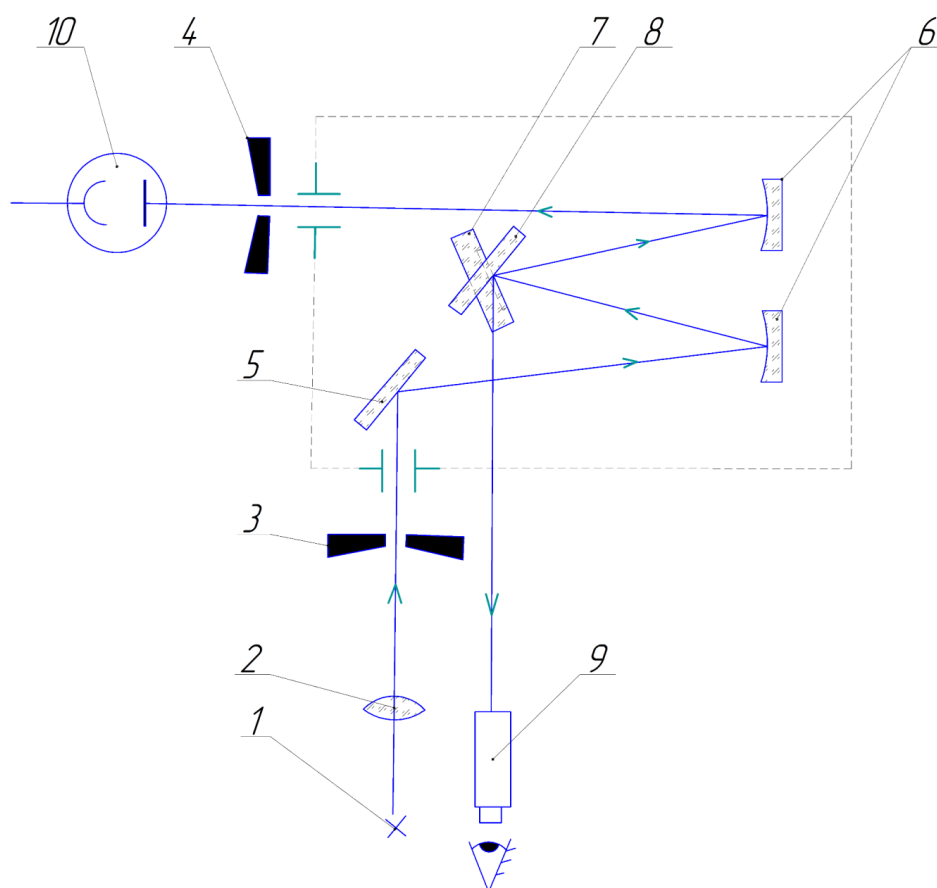


Рис. 1. Оптическая схема монохроматора

1 – источник излучения; 2 – конденсатор; 3 – входная щель; 4 – выходная щель; 5 – поворотное зеркало; 6 – сферические зеркальные объективы; 7 – дифракционная решетка; 8 – плоское зеркало наружного покрытия; 9 – зрительная труба; 10 – фотоприемник

Для удобства модель монохроматора разбивается на наиболее крупные составляющие его части (рис. 2).

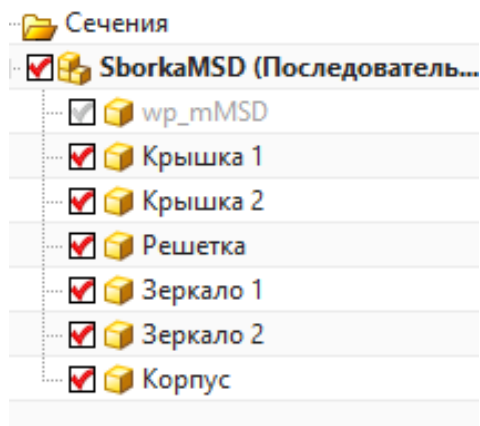


Рис. 2. Составляющие части

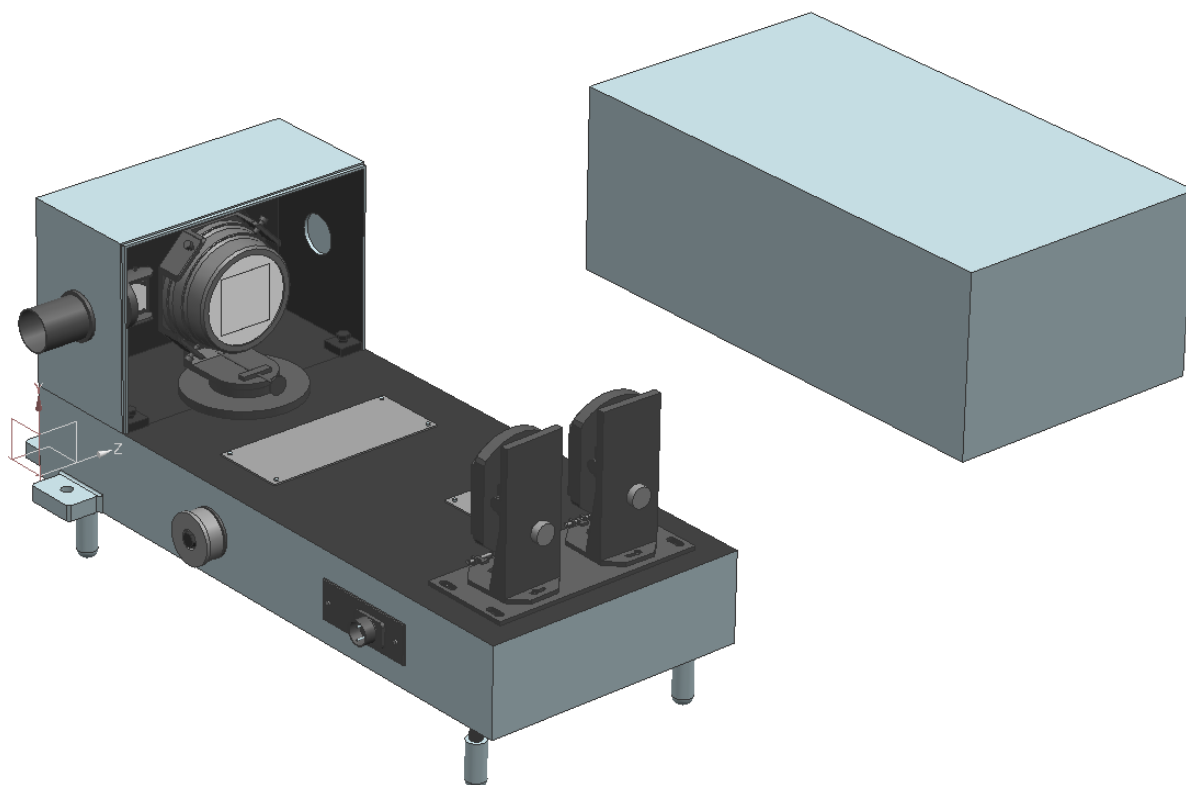


Рис. 3. Трехмерная модель монохроматора

С помощью функции разнесенных видов возможно различное представление сборочной единицы для лучшего понимания устройства прибора. В частности, необходим как минимум один рабочий разнесенный вид для демонстрации внутренней части прибора путем «снятия» крышки.

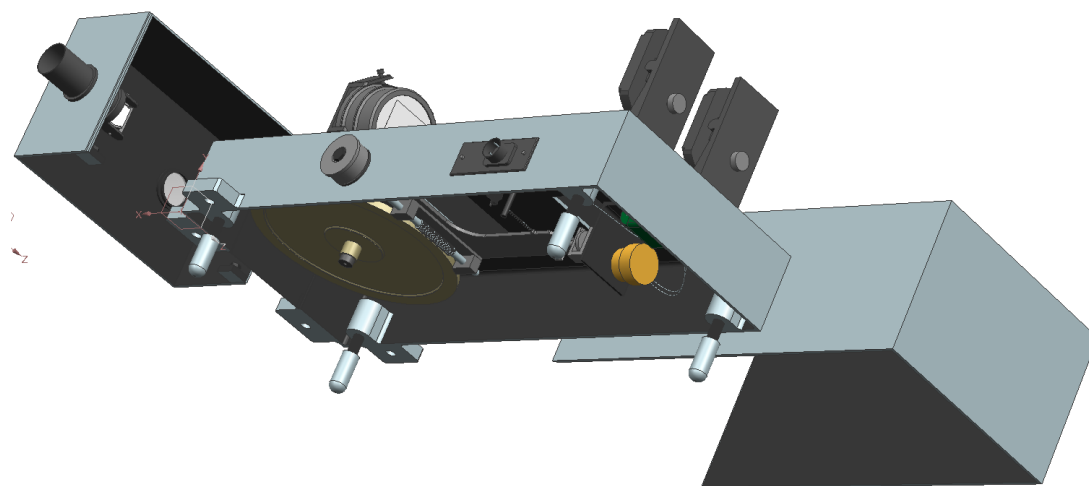


Рис. 4. Трехмерная модель монохроматора (вид снизу)

Таким образом, полученная трехмерная модель монохроматора, дает полное наглядное представление об устройстве объекта и может использоваться для необходимых действий в рамках обучения.

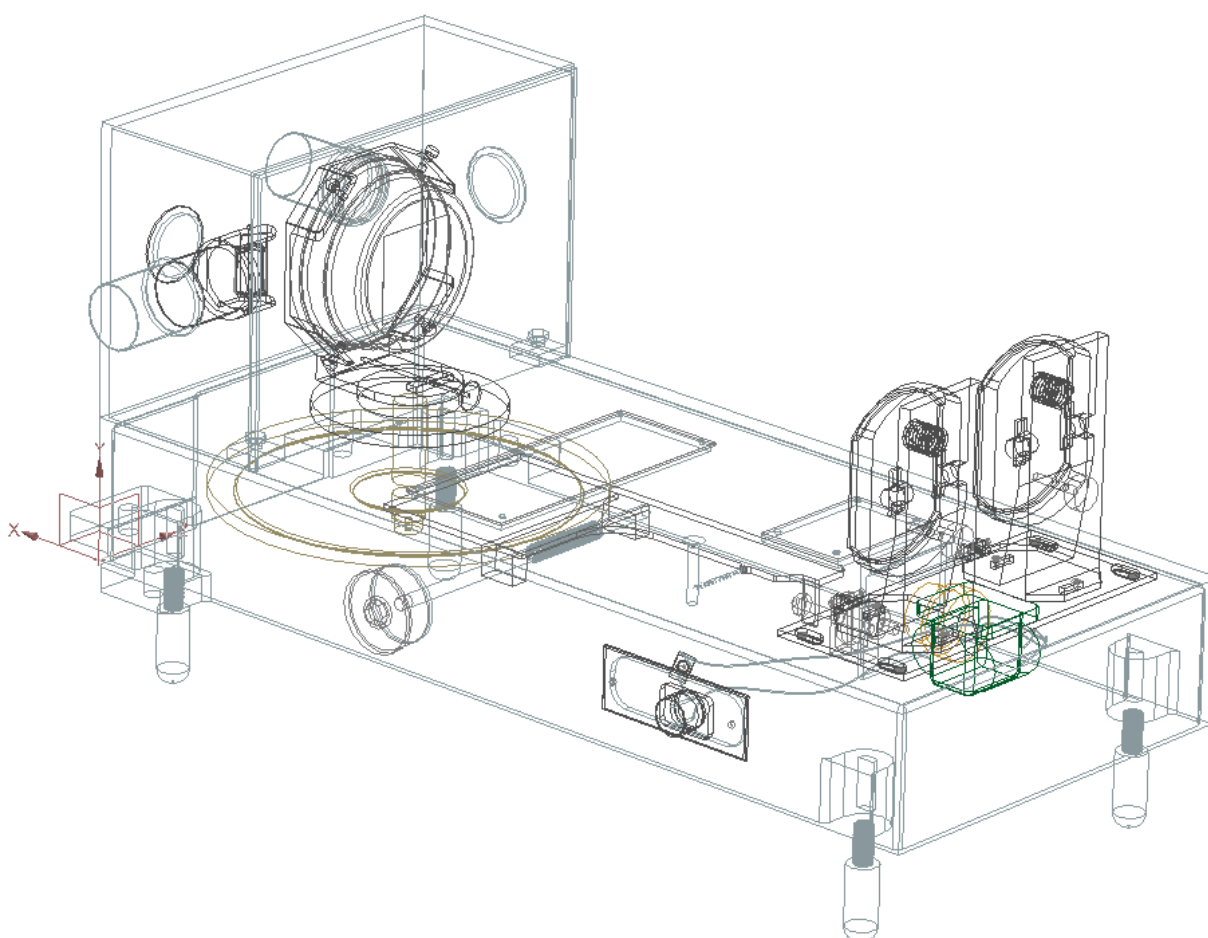


Рис. 5. Статический каркасный вид модели

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Модернизация монтажа системы воздушного охлаждения с использованием системы электронного моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bit.ly/2gRxNZC> (дата обращения: 12.12.2016).
2. NX для конструктора-машиностроителя : учеб. пособие / П. С. Гончаров, М. Ю. Ельцов, С. Б. Коршиков и др. – М. : ДМК, 2010. – 498 с.
3. Данилов Ю., Артаманов И. Практическое использование NX : учеб. пособие. – М. : ДМК, 2011. – 332 с.

© Е. А. Панков, 2017

УДК 428

*А. В. Пацан, В. Р. Степанов*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

### **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЯ «ВИРТУАЛЬНЫЙ ТУР СГУГИТ»**

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что в данный момент командой студентов ведется разработка приложения «Виртуальный тур СГУГиТ». В этой статье рассказывается о проделанной работе, основных трудностях, с которыми столкнулась команда и дальнейших планах по работе над приложением. Не смотря на то, что сама виртуальная реальность известна довольно давно, к массовому потребителю она попала недавно. В основном это связано с падением цен на вычислительную технику и собственно стремительное ее развитие. Сегодня в любом магазине приложений имеются тысячи виртуальной реальности, что говорит о набирающем популяризм новом виде развлечения. В связи с этим в рамках работы «Мастерской проектов» было принято решение о создании виртуального тура по СГУГиТ. Целью создания «Виртуального тура СГУГиТ» является создание демонстрационного материала для размещения на сайте СГУГиТ.

Этапы разработки любого приложения включают в себя:

- 1) разработку технического задания;
- 2) прототипирование;
- 3) написание кода и внедрение технологии, моделирование;
- 4) тестирование;
- 5) создание пререлизной версии;
- 6) размещение на сайте СГУГиТ.

Далее разберем детально каждый этап, и трудности, с которыми сталкивались, либо работаем сейчас, либо которые возможно предстоят в будущем.

**Разработка технического задания.** На этом этапе в соответствии с ГОСТ 19.201 были выделены цели и задачи, выявлены требования к системе, обозначены стадии и этапы разработки [3]. Также было принято решение использовать для разработки графический движок Unity. Unity – это кроссплат-

форменный инструмент для разработки двух- и трехмерных приложений и игр [1]. Выбор был обоснован рядом его преимуществ, такими как:

- кроссплатформенность;
- интуитивно понятный интерфейс и простые языки программирования;
- простота разработки мобильных приложений.

**Прототипирование.** Сначала рассмотрим определение, прототипирование программного продукта – этап разработки программного продукта, процесс создания прототипа программы – макета (черновой, пробной версии) программы, обычно с целью проверки пригодности предлагаемых для применения концепций, архитектурных и/или технологических решений, а также для представления программы заказчику на ранних стадиях процесса разработки [2]. Прототип позволяет также получить обратную связь от будущих пользователей, причем, именно тогда, когда это наиболее необходимо: в начале проекта еще есть возможность исправить ошибки проектирования практически без потерь. На этом этапе мы создали модель кабинета № 411, опробовали основные возможности движка Unity. На стадии прототипа создание полноценного тура казалось легкой задачей, так как структуру здания можно было создать с помощью стандартных примитивов. Текстуры представляли собой стандартные изображения. Оптимизация была не нужна, в силу простоты сцены.

**Написание кода и внедрение технологий, моделирование.** Сейчас командой студентов ведется основная разработка, параллельное тестирование производительности и оптимизация приложения. Основная трудность, с которой мы столкнулись – недостаточные компетенции. Из которой вытекает следующая трудность – оптимизация. На сегодняшний день главной «головной болью» является оптимизация зеркал находящихся в холле СГУГиТ. Разумеется, такое расположение зеркальных поверхностей удобно в быту и просто является интересным элементом внутреннего оформления, но для нас это представляет ряд проблем.:

1. Создание зеркальной поверхности стандартными инструментами очень ресурсоемко. Unity предусмотрено создание отражающих поверхностей с помощью инструмента Reflection Probe, который по сути является камерой, запоминающей окружение и накладывающей его на cubemap объекта. Данный метод приемлем для создания одной отражающей поверхности, мы же имеем шестнадцать сконцентрированных в одном месте. Следовательно, нам пришлось искать другой способ создания отражения.

2. Наличие рекурсии (расположение зеркал друг напротив друга). Для того чтобы добиться такого результата команде студентов пришлось создавать для каждого зеркала отдельный материал, что собственно существенно повлияло на производительность. Главным способом оптимизации сцен в Unity является уменьшение количества обрабатываемого материала (текстуры, материалы, шейдеры). Как известно из вышесказанного у нас в одном месте находится шестнадцать материалов, уменьшение количества не представляется возможным, так как тогда пропадает эффект рекурсии, следовательно и правильность отображения.

3. Близкое расположение элементов. Свой отпечаток на производительность так же накладывает концентрация элементов на сцене, графический движок обрабатывает все элементы, попавшие в поле зрения камеры, отсюда следует, что движку приходится обрабатывать одновременно минимум от двух до восьми отражающих поверхностей.

Студенческая команда прикладывает множество усилий для решения проблемы с оптимизацией, так как использование простых способов увеличения производительности не представляется возможным, мы собираемся пойти путем оптимизации кода, а именно улучшению шейдера. Либо в процессе решения проблемы будет выработан другой способ оптимизации.

**Тестирование.** Данный этап планируется пройти при помощи, как студенческого коллектива, так и при поддержке профессорско-преподавательского состава. Тестирование будет проведено как на множестве мобильных устройств, так и с помощью персональных компьютеров. Однако виртуальная реальность первое время будет доступна только на мобильных платформах. В ходе этого этапа будут выявлены недоработки и собраны дополнительные пожелания пользователей. Возможные трудности, с которыми придется столкнуться на этом этапе разработки приложения:

1. Использование тестирующего ПО. Как говорилось выше, недостаточность компетенций основная проблема команды студентов, из чего следует что, на проведение этой операции будет потрачено существенно больше времени.

2. Высокая занятость профессорско-преподавательского состава. В связи с динамичной работой как преподавателей, так и самого вуза время, выделенное на тестирование приложения, будет минимальным.

**Создание пререлизной версии.** Устранив недоработки и реализовав пожелания пользователей, студенческая команда планирует представить разработку на суд руководству СГУГиТ. По решению руководства будут предприниматься дальнейшие действия, доработка, или же приложение будет залито в Google play, а ссылка для скачивания размещена на сайте. Затруднения, с которыми планируется иметь дело на завершающем этапе:

1. Перед размещением в Google play, приложения проходят проверку. В среднем проверка приложения занимает два – три дня.

2. Составление и заполнение документации для размещения на официальном сайте СГУГиТ. Снова из-за нехватки компетенций выполнение этой операции может затянуться.

В заключение стоит отметить, что данная работа довольно масштабное мероприятие, требующее даже от профессионалов достаточных временных затрат. Польза проведения такой работы очевидна, во-первых, студентами будут получены достаточные компетенции для выполнения подобных задач, во-вторых, на сайт СГУГиТ будет добавлен новый, уникальный демонстрационный материал.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Unity – бесплатный кроссплатформенный 3D движок (и браузерный тоже) [Электронный ресурс] // Хабрхабр. – Режим доступа: [www.habrahabr.ru/post/112156/](http://www.habrahabr.ru/post/112156/) (дата обращения 11.12.2016).
2. Прототипирование программного продукта [Электронный ресурс] // Академик. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/140175>.
3. ГОСТ 34.602–89. Информационная технология. Техническое задание на создание автоматизированной системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://kip.su/gost/gost\\_34.602-89.pdf](http://kip.su/gost/gost_34.602-89.pdf).

© В. Р. Степанов, А. В. Пацан, 2017

УДК 374

*И. А. Рябцов*

*Новосибирский государственный педагогический университет (НГПУ)*

### **РАЗВИТИЕ ИНТЕРЕСА К ПРОФЕССИИ ИНЖЕНЕРА У ШКОЛЬНИКОВ ПОСРЕДСТВОМ САПР И 3D-ПЕЧАТИ**

Существует огромное количество проблем, на которые, обычно, никто никогда не обостряет внимания до тех пор, пока ситуация не станет катастрофической. Одна из таких проблем в Российской Федерации – нехватка инженерных кадров, которая из года в год становится все более критической. Все чаще можно услышать в средствах массовой информации сообщения о том, как падают самолеты, происходят катастрофы техногенного характера. На наш взгляд, это происходит из-за того, что инженеры, проводящие расчеты, не владеют рядом компетенций, позволяющих учитывать различные сценарии работы систем. Конечно, компетенции опираются на знаниевую компоненту, но как показывает педагогическая наука и практика, знания будут востребованными, если будут мотивированными. Отсюда можно сделать вывод о том, что работнику не хватает этих знаний: все дело в образовании [1]. Причины этого кроются на ранних стадиях образования – в школе. Школьник не видит практического применения теоретических знаний, не знает современных подходов к решению технических задач. Все это способствует тому, что у студентов и школьников нет мотивации в получении инженерного образования. Возникает вопрос: как же замотивировать ребенка к выбору профессии в данном направлении?

Существует огромное количество дополнительного образования, связанного с инженерным творчеством, но завлечь в него детей по-прежнему достаточно проблематично. Если дети до 11–12 лет не касались инженерного творчества, то с возрастом у них интерес к этому занятию возбудить достаточно сложно, что уже говорить про ленивых студентов [2]. Как же решить данную проблему? Попробуем разобраться.

На наш взгляд, ребенку следует прививать интерес к инженерному творчеству начиная с ранних лет. Первоисточником мотивации к получению инженерных знаний должны стать родители. Это может происходить как в игровой форме, например, игры с конструктором, так и в проблемной (задавая вопросы ребенку о том, что и как работает и т. п.). Тогда работа учителя будет проходить уже в более благоприятной среде уже первоначально мотивированного ребенка. Он придет в школу не просто за получением знаний, а за практическим применением знаний в будущей своей профессиональной деятельности. Но в наше время все действует по принципу того, что именно учитель должен привить интерес к ребенку к какой-либо профессии, так как родителям в большинстве случаев некогда заниматься со своими детьми из-за ряда определенных причин.

Какой же можно сделать вывод? На наш взгляд, одним из путей решения проблемной ситуации выглядит следующим образом. Существуют различные каналы восприятия информации: визуальный, аудиальный, кинестетический. Начинаем активно задействовать визуальный канал: дети приходят в школу и видят красочные плакаты по приглашению их на курсы 3D-моделирования с изображенными на них различными 3D-моделями. Во-первых, данный подход позволяет человеку увидеть всю ту красоту, которую он сможет спроектировать и сделать своими руками. Во-вторых, ребята видят уровень мастерства работ преподавателя и школьников, занимающихся в данной области. И, в-третьих, посредством фантазии, активно начнет работать творческая жилка, «а что бы я смог сделать»? В последствии активно задействуются аудиальный и кинестетический каналы восприятия информации (видеоуроки, 3D-модели напечатанных изделий).

На данный момент нами была разработана методика преподавания основ 3D-моделирования и прототипирования, которая была апробирована в «Лиге Роботов» (Новосибирск). Основой упор на занятии делается решение практических задач, посредством незамысловатых заданий. Сначала дети разрабатывают чертежи изделия, а затем 3D-модели в САПР Компас-3D.

Примеры этапов выполнения работ показаны на рис. 1 и 2.

Почему выбрана САПР Компас-3D?

Во-первых – это отечественный продукт, и мы сторонники позиции президента и правительства по импортозамещению.

Во-вторых, это одна из самых интуитивно понятных САПР систем, которая используется на мировом уровне.

В-третьих, у компании существует активная политика продвижения продукта в учебные заведения.

В-четвертых, анализируя перечень САПР программ в учебных заведениях г. Новосибирска, мы пришли к выводу, что это одна из самых распространенных.

В-пятых, знания, полученные на курсах, помогут детям в их дальнейшем обучении в школе и вузе.

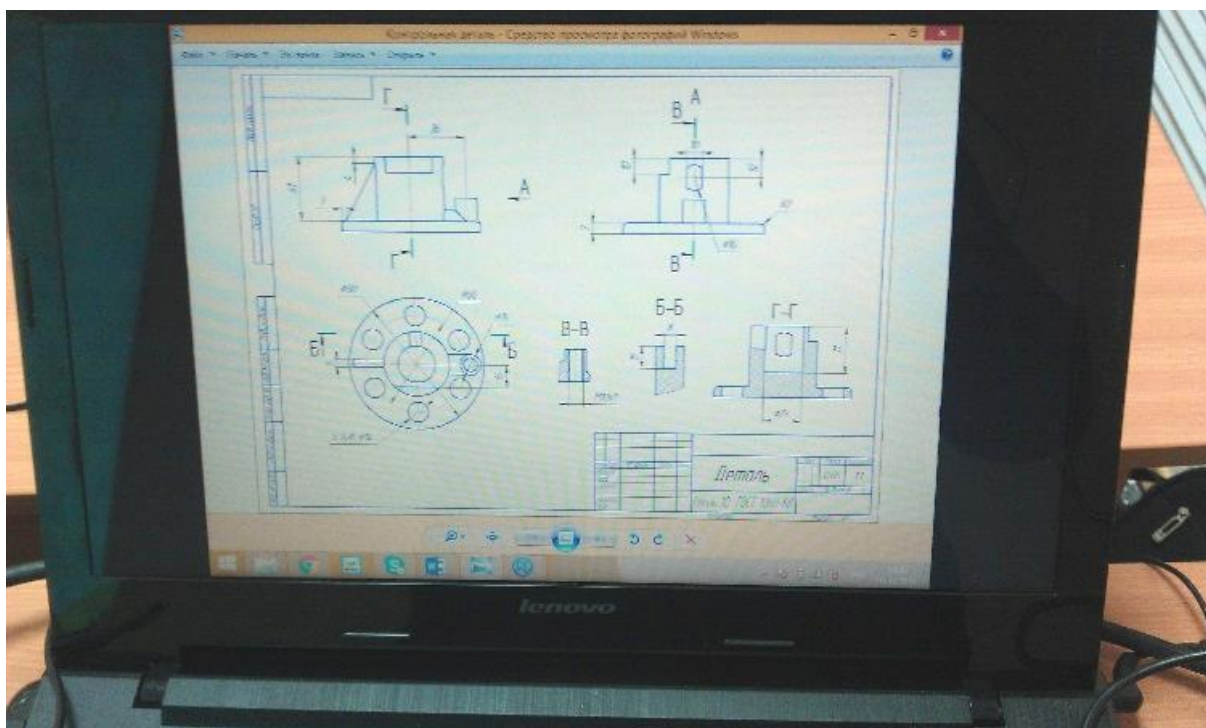


Рис. 1. Пример выполненного ребенком задания обратного проектирования

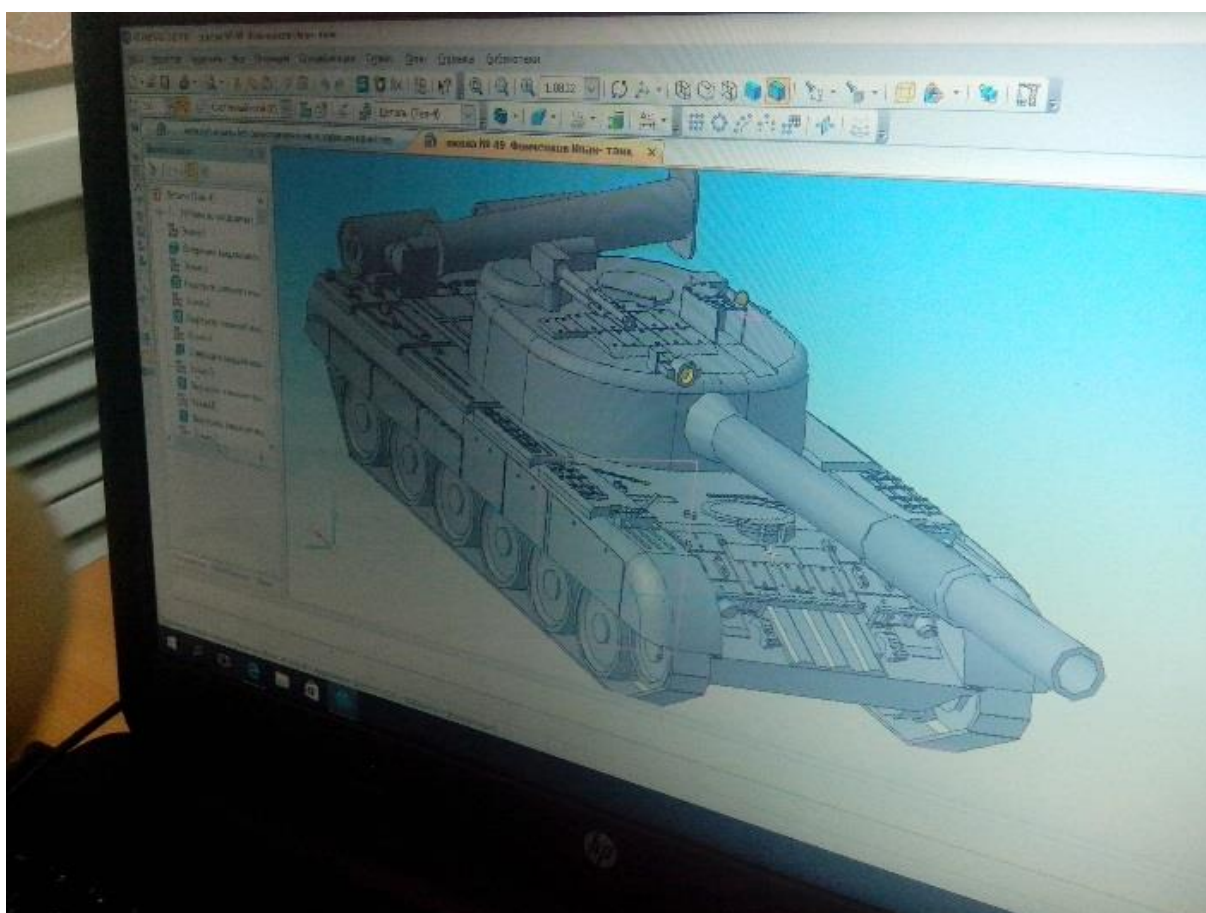


Рис. 2. Пример самостоятельной работы ребенка на свободную тему

На сегодняшний день на основании школьных отметок мы отмечаем возросший интерес школьников к математике, физике, черчению и технологии. Это, на наш взгляд, происходит потому, что ученики желают детальнее разобраться в теме своего проектирования, а преподаватель курсов помогает им решить возникшие затруднения не напрямую, а путем наводящих вопросов или примеров из жизни. Курсы позволят развивать у детей логическое пространственное мышление, а также навыки моделирования и прототипирования.

По окончании проектных работ, у каждого ребенка присутствует возможность напечатать свою разработанную модель на 3D-принтере, что, позволяет ребенку пройти все этапы инженерной деятельности от разработки до изготовления. Это, конечно же, дает стимул для посещения занятий и изучения материала, а в будущем, мы надеемся, станет смыслом всей жизни – профессией инженера.

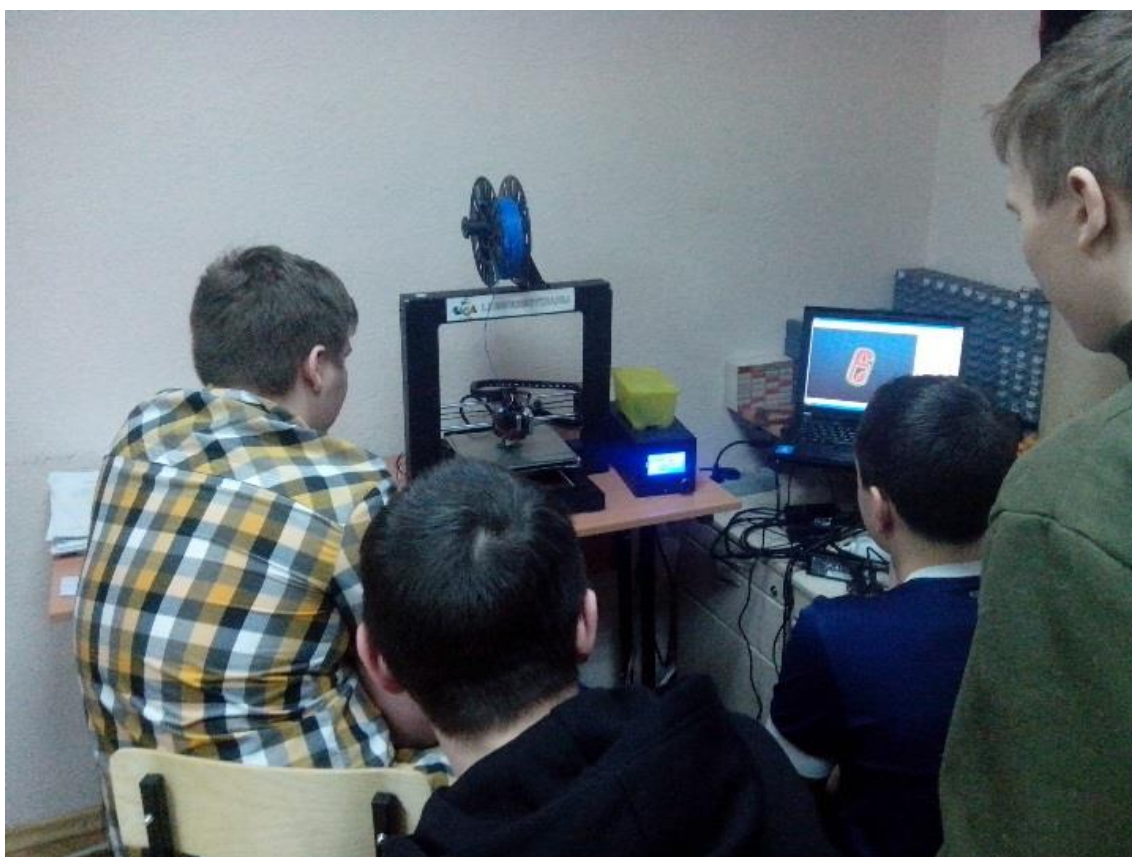


Рис. 3. Печать детьми на 3D принтере одного из разработанных проектов

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сказки роботов [Электронный ресурс] // РоботоБУМ. – Режим доступа: <http://robotobum.ru/index.php/image-gallery/82-news/35-professionals> (дата обращения: 10.12.16).
2. Танцевать от парты [Электронный ресурс] // Российская газета – Режим доступа: <https://rg.ru/2015/04/23/reg-pfo/kadry.html> (дата обращения: 10.12.16).

© И. А. Рябцов, 2017

*Л. Е. Сердаков*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

### **СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ УЧАСТКА ПЕРЕПУСКНОГО КАНАЛА «БУСТЕР-НУКЛОТРОН» НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Строительство крупных научных (mega-science) проектов иногда осуществляется на площадках уже отработавших свой ресурс комплексов. Часто возникает проблема отсутствия проектных чертежей зданий и помещений, что тормозит процесс проектирования новой установки. Современные геодезические средства измерений и программное обеспечение позволяют решить эту задачу.

Канал бустер-нуклотрон входящий в комплекс коллайдера NICA (г. Дубна) предназначен для перевода ионного пучка из бустера и согласования его параметров со структурными функциями нуклотрона. Бустер будет располагаться внутри магнитной структуры бывшего синхрофазотрона. Нуклотрон – действующая установка периметром 251,5 м расположена в тоннеле вокруг фундамента магнита синхрофазотрона. Разница высотных отметок медианных плоскостей бустер-нуклотрон 3,7 м. Суммарная длина канала составляет 23,1 м [1]. Для проектирования требовался план участка здания, через который проходит канал.

В период с 16 по 21 октября 2016 г. была произведена геодезическая съемка в зале синхрофазотрона (рис. 1) и тоннеле нуклотрона. Съемка производилась лазерным трекером Leica 401 [2]. Для связи всего участка канала бустер-нуклотрон была создана опорная геодезическая сеть, которая состоит из 21 пункта. Произведенная съемка была сориентирована в систему координат бустера через четыре точки на третьем прямолинейном промежутке.



Рис. 1. Съемка участка канала бустер-нуклотрон в зале синхрофазотрона

Обработка данных измерений и построение 3D-модели производилась в программном обеспечении SpatialAnalyzer. Для измеренных точек всех объектов участка канала, назначалась своя группа. Вся модель построена из множества плоскостей, построенных по МНК. Каждая плоскость преобразована в поверхность для дальнейшего экспорта в САД программы. Сводная таблица по погрешностям выглядит следующим образом:

Наименование измерений	Величина погрешности, мм.
Ориентирование съемки в СК бустера	$\pm 0,15$
СКО опорной сети канала бустер-нуклотрон	$\pm 0,02$
Бетонные конструкции	$\pm 50$
Ярмо синхрофазотрона	$\pm 3$
Оси криостатов нуклотрона	$\pm 0,1$

Полученная модель была оперативно передана заказчику и на данный момент времени завершено проектирование канала (рис. 2 и 3).

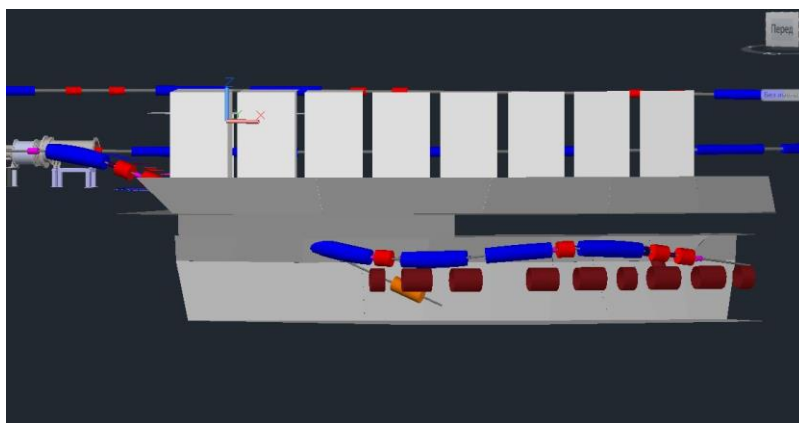
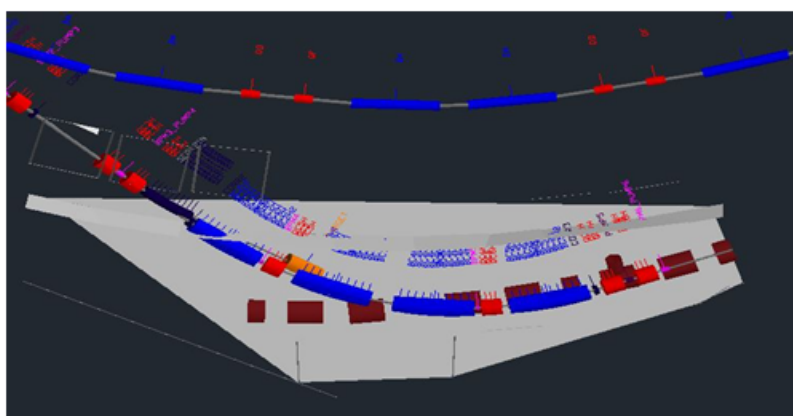


Рис. 2. Вид сбоку на 3D-модель канала бустер-нуклотрон



### Рис. 3. Вид сверху

Результатами проделанной работы являются:

- создание 3D-модели участка канала бустер-нуклотрон, для проектировки расположения элементов физического оборудования;
- создание опорной геодезической сети, от которой в дальнейшем будет производиться установка физического оборудования в проектное положение;
- уточнение высотных отметок между медианными плоскостями бустера и нуклотрона;

Данная работа показывает востребованность 3D-систем для оперативного решения научно-технических задач.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический проект ускорительного комплекса NICA [Электронный ресурс] / Объединенный ин-т ядерных исследований ; под общ. ред. И. Н. Мешкова, Г. В. Трубникова. – Дубна : ОИЯИ, 2015. – Т. 2. – Режим доступа: [http://nucloweb.jinr.ru/nica/TDR/2015/TDR\\_Volume\\_2.pdf](http://nucloweb.jinr.ru/nica/TDR/2015/TDR_Volume_2.pdf).
2. Leica absolute tracker AT401[Electronic resource] / Product brochure. – URL: [http://www.leica-geosystems.es/downloads123/m1/metrology/AT401/brochures/Leica%20Absolute%20Tracker%20AT401\\_en.pdf/](http://www.leica-geosystems.es/downloads123/m1/metrology/AT401/brochures/Leica%20Absolute%20Tracker%20AT401_en.pdf/)

© Л. Е. Сердаков, 2017

УДК 428

**И. И. Чебатарева**

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

### **СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ СГУГИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SKETCHUP PRO 2016**

В условиях динамично развивающегося окружающего нас мира стремительно набирает популярность такая отрасль как трехмерные технологии. 3D-моделирование активно применяется во всех отраслях нашей жизни: строительство, промышленность, управление территориями, игровая индустрия, и др. На сегодняшний день с помощью 3D-принтеров люди научились печатать посуду, одежду, игрушки, расходные материалы для принтеров и сами принтеры, машины и даже человеческие органы и ткани [1]. Следующим шагом на пути развития технологии 3D-печати стала печать строительных конструкций и жилых домов.

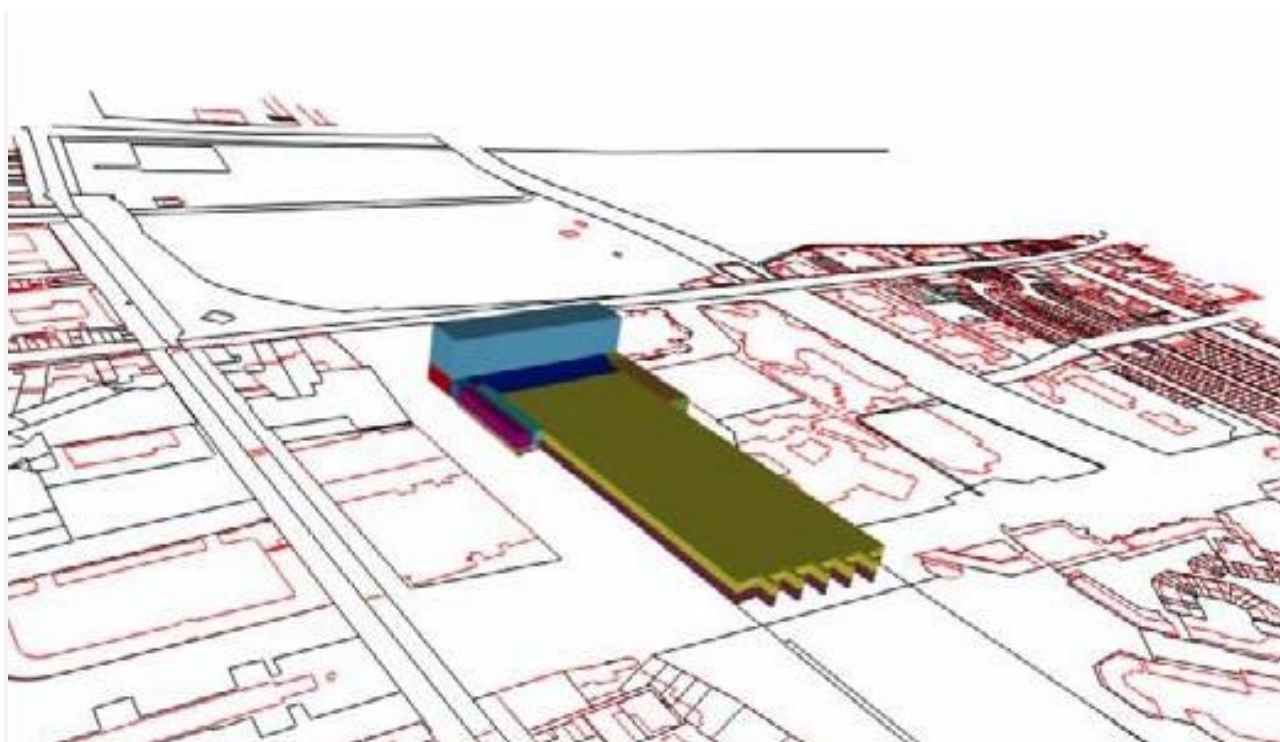
Одним из самых перспективных направлений использования возможностей 3D-технологий является отображение картографических данных. Город, поселок или просто участок земли в трехмерном пространстве выглядит гораздо наглядней и понятней, чем на любой карте или плане. Теперь человеку не требуется представлять высоту или вертикальный контур объекта в своем воображении, а можно наглядно увидеть все интересующие характеристики объек-

та. Применение трехмерных моделей для отображения пространственных данных в ГИС позволяет отображать реальный мир таким, какой он есть. В виртуальном 3D-городе с максимальной точностью переданы все пропорции его реального прототипа: расстояния, число этажей, цвета балконов и рекламных вывесок и т. д. Это значительно расширяет возможности для управления зданием, городом или целой областью. Информация о каждом, даже самом небольшом объекте, представляется в четком и структурированном виде, совмещающем множество информационных источников, позволяя легко сопоставлять разрозненные сведения [2].

Например, при строительстве здания можно увидеть подземные коммуникации, пролегающие под объектом, что гораздо проще, чем разбираться во множестве инженерных схем. Такие данные также необходимы для корректного кадастрового учета и регистрации объектов недвижимости. В целом, необходимость перехода к кадастровому учету объектов, обладающих трехмерными характеристиками, обусловлена целым рядом факторов, таких как:

- значительное увеличение стоимости недвижимости;
- увеличение числа тоннелей (метро), кабелей, трубопроводов;
- рост числа подземных парковок, зданий над дорогами, мостов, эстакад, сооружений на сваях и других различных многоуровневых сооружений нестандартных сложных форм;
- внедрение трехмерного подхода в других областях (3D ГИС, лазерное сканирование), что делает кадастровую регистрацию в 3D-технологически осуществимой [3].

Общепризнанными лидерами в области учета и регистрации 3D-объектов являются 3D-кадастры Швеции и Нидерландов.



### Рис. 1. 3D-кадастр Нидерландов

Для создания виртуальных моделей могут быть использованы различные программы, однако наибольшее распространение получил программный комплекс SketchUP, который также позволяет привязать к местности полученную 3D-модель объекта недвижимости. Основной идеей SketchUp является простота интерфейса, что позволяет освоить работу с программой даже непрофессиональному пользователю [4]. Программа реализует концепцию прямого моделирования геометрии, в рамках которой пользователь сначала строит плоский контур из имеющихся примитивов, затем вытягивает его с целью создания или вычитания объема, после чего придает модели нужную форму посредством перетаскивания ее элементов (вершин, ребер и граней) с помощью указателя мыши.

В рамках конференции был выполнен проект по созданию 3D-модели СГУГиТ. Для реализации проекта был использован технический план первого корпуса СГУГиТ и фотографические материалы университета. Построение модели производилось в несколько этапов:

- 1) построение внутреннего каркаса и возведение стен на его основе;
- 2) создание внутренних помещений и лестничных пролетов;
- 3) создание окон, дверей;
- 4) создание мелких деталей и наложение текстур;
- 5) привязка полученной модели к картографической основе.

В результате выполнения первых четырех этапов была получена трехмерная модель первого корпуса СГУГиТ в формате SKP (рис. 2).



Рис. 2. 3D-модель СГУГиТ, выполненная в SketchUP Pro 2016

Следующим этапом проекта стала привязка полученной модели к Google Earth для ее дальнейшего отображения в режиме реального времени на Google Maps.

Для привязки 3D-модели СГУГиТ были осуществлены следующие этапы:

- 1) загрузка модели в Google Earth;
- 2) в меню «файл» выбрано «географическое положение» – «добавить местоположение»;
- 3) в диалоговом окне Google Maps выбрано существующее местоположение СГУГиТ;
- 4) выравнивание модели относительно местоположения, импорт данных в формате «.kmz»;
- 5) загрузка импортированного файла в Google Earth [5] (рис. 3).



Рис. 3. Модель 1-го корпуса СГУГиТ в Google Earth

Рассматривая SketchUp как программу для реализации 3D кадастра в РФ, можно отметить что данный продукт вполне удовлетворяет всем возложенным на него требованиям. Его мощности нацелены в первую очередь на проектирование зданий, сооружений, разработку территорий. Интерфейс прост, интуитивен и даже неопытный пользователь сможет осуществить простейшие манипуляции, в этой программе легко обучаться. Так же преимуществом можно назвать простоту привязки получившихся моделей к местности в реальном времени. Эта программа может значительно поспособствовать переходу к 3D кадастру в нашей стране.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительные 3D принтеры – Энциклопедия [Электронный ресурс] // Оргпринт. – Режим доступа: <http://www.orgprint.com/wiki/3d-pechat/stroitelnye-3d-printery>.
2. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование. – М. : Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2002. – 472 с.
3. Создание 3D-кадастра в России – начало положено // Кадастр недвижимости. – 2012. – № 3. – С. 6.
4. Снежко И. И. Опыт создания 3D кадастра в странах Европейского союза // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2. – С. 89–93.
5. Esben Munk Sorensen. 3 Dimensional Property Rights in Denmark: 3D Property Design and Registration is Working – Visualization not // Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 2011, Delft. – Pp. 521–529.

© И. И. Чебатарева, 2017

УДК 428

*А. В. Чернов*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)*

### **СОЗДАНИЕ BIM МОДЕЛИ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ В ПРОГРАММЕ AUTODESK REVIT**

В настоящее время в Российской Федерации государственный кадастр недвижимости (ГКН) учитывает такие объекты недвижимости (ОН) как земельные участки, здания, сооружения, помещения, объекты незавершенного строительства [1]. Согласно [2], с 1 января 2017 г. в единый государственный реестр недвижимости будут также внесены сведения о машино-местах и о единых недвижимых комплексах. Важнейшей характеристикой учтенных объектов недвижимости является информация о их местоположении, которая вносится в ГКН в виде координат характерных точек в формате  $(x, y)$ , что не позволяет учитывать подземные объекты, мосты, трубопроводы, дорожные развязки и пр. [3]. В то же время уровень развития геодезической отрасли (а также смежных областей), программных средств для обработки пространственной информации, применение беспилотных летательных аппаратов позволяют создавать реальные высокоточные 3D-модели объектов недвижимости. В связи с этим, возникает необходимость создания и внедрения 3D-кадастра на территории Российской Федерации.

Первым шагом в создании трехмерного кадастра недвижимости можно считать реализацию совместного Российско-Нидерландского проекта «Создание модели трехмерного кадастра недвижимости в России» в 2010–2012 гг. [4]. В рамках проекта на территории Нижегородской области был выбран ряд типовых объектов, которые не могут быть корректно учтены в существующей кадастровой системе, построены их трехмерные модели (рис. 1), и проанализиро-

ваны необходимые дополнения и доработки в ГКН для учета и регистрации таких объектов.



Рис. 1. 3D-модели выбранных объектов недвижимости

Как и в большинстве мировых систем 3D-кадастра, в качестве основы российской модели трехмерного кадастра послужил стандарт ISO 19152 «Модель предметной области для управления недвижимостью (LADM)», содержащей 3D-пространственный профиль [5]. По результатам проведенного проекта было принято решение об использовании в качестве рабочей модели в Российской Федерации полиэдральный юридический 3D-кадастр, одним из главных недостатков которого является возможности учета протяженных линейных объектов [6], в связи с чем для криволинейных поверхностей (трубопроводы, кабели) целесообразно использовать такой тип моделирования как мультиполилинии с диаметром [4].

На основании полученных результатов были внесены дополнения в дорожную карту Росреестра «О плане мероприятий по повышению качества услуг в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества, регистрации прав на него и сделок с ним» [7] в вопросах разработки нормативно-правовых актов по учету и регистрации пространственных элементов объектов недвижимости.

В рамках дорожной карты, 18 декабря 2015 г. был опубликован приказ Минэкономразвития РФ № 953 «Об утверждении формы технического плана и требований к его подготовке, состава содержащихся в нем сведений, а также формы декларации об объекте недвижимости, требований к ее подготовке, состава содержащихся в ней сведений» [8], который вступит в силу с 1 января 2017 г.

Важность данного нормативного документа обусловлена законодательным закреплением понятия «3D-модель объекта недвижимости», описанием характеристик такой 3D-модели и требованиям к ее созданию.

Согласно [8], 3D-модель должна быть представлена в одном из форматов, представленных в таблице (в таблице также указаны программные комплексы для создания таких моделей):

Формат 3D-модели	Программный продукт для создания 3D-модели
DXF	Autodesk AutoCAD
RVT	Autodesk Revit
SKP	SketchUp Pro
PLN	Autodesk ArchiCAD

Модели, представленные в форматах DXF, SKP, PLN представляют собой виртуальные 3D модели, в то время как модель в формате RVT представляет собой класс информационных моделей зданий (Building Information Modelling – BIM), которые позволяют не только создавать трехмерную модель, но и управлять эксплуатацией объекта в цифровом виде, на весь период существования объекта [9].

Долгое время BIM моделирование использовалось исключительно в строительной области, однако в последние годы ряд стран добились значительных успехов в вопросах взаимодействия между информационным моделированием зданий и регистрацией и визуализацией трехмерной информации об объекте недвижимости [10]. Так, например, в Швеции такой подход был успешно применен при строительстве и регистрации больницы «Karolinska» (рис. 2, а), в Сингапуре создана информационная модель города Сингапура, реализованная с помощью программы Bentley, специально для целей кадастра (рис. 2, б) [10].



а)

б)

Рис. 2. Примеры использования BIM-технологий в кадастре

Для создания BIM моделей существует ряд программ таких как Bentley, GraphiSoft ArchiCAD, Civil 3D и др., однако наиболее часто используемым инструментом для BIM-моделирования является Autodesk Revit.

Упрощенно, создание BIM модели в Revit можно представить в виде следующей технологической схемы:

1. Создание каркаса модели (расположение осей здания, задание количества этажей (уровней).
2. Проектирование конструкций (стены, перекрытия, колонны, балки и др.).
3. Отделка модели (визуальная – текстурирование материалов, физическая – создание наложений различных частей каркаса друг на друга).
4. Заполнение проемов (окна, двери и пр.).
5. Создание интерьера и экстерьера (при необходимости).
6. Проектирование систем инженерно – технического обеспечения здания.
7. Визуализация модели (объемные виды, объемные сечения и пр.).
8. Создание аннотаций и спецификаций.
9. Привязка модели к местности.

В рамках конференции была создана BIM модель двухэтажного жилого дома с подземной частью в п. Ростовка (архитектор С. А. Юнусов, г. Омск, 2015 г., исполнители проекта – Тыртышная Елизавета, Мелешенко Ольга, СГУГиТ, руководитель – Чернов А. В., ассистент кафедры кадастра и ТП, СГУГиТ), представленная на рис. 3.

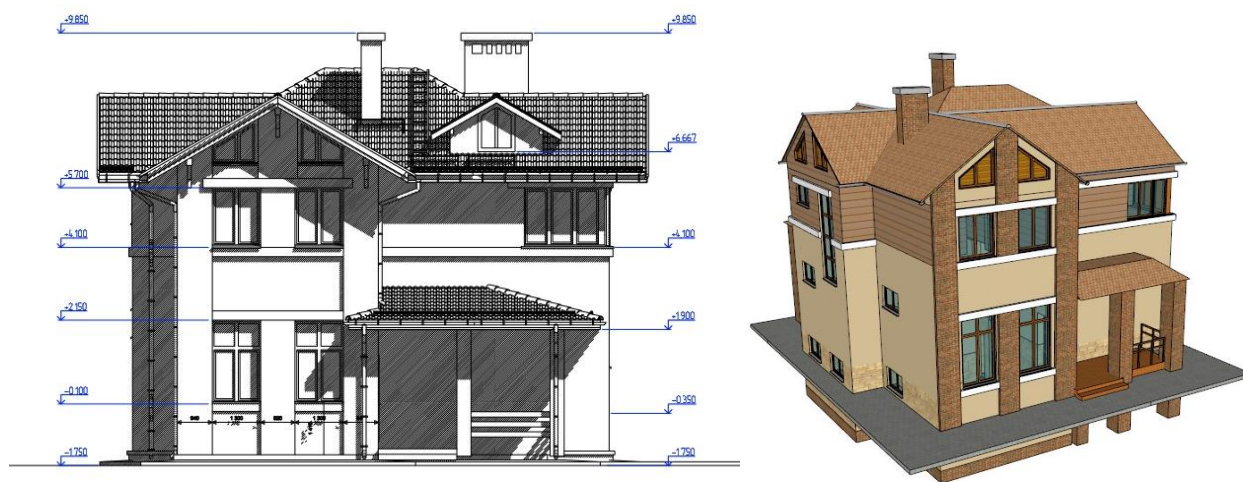


Рис. 3. BIM модель объекта недвижимости

Можно отметить, что полученная модель обладает гораздо большей наглядностью по сравнению с традиционной 2D-моделью, позволяет корректно отображать подземную часть объекта, обладает всей информацией об объекте (координаты характерных точек, объемы, характеристики материалов, и пр.)

и соответствует требованиям, предусмотренным [8]. Таким образом, подобные модели с 1 января 2017 г. могут быть учтены и зарегистрированы в ЕГРН. В совокупности с интеграцией ВМ в строительную область [11], наполнение базы ЕГРН информацией о пространственных объектах недвижимости в формате 3D моделей становится реальной перспективой развития ЕГРН, что в свою очередь позволит создать работоспособную систему 3D-кадастра в Российской Федерации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О государственном кадастре недвижимости [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ (действ. ред.). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
2. О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 03.07.2016 № 218-ФЗ (в ред. от 03.07.2016). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. Чернов А. В. Трехмерный кадастр – основной вектор развития успешной кадастровой системы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 81–87.
4. Отчет по Российско-Нидерландскому проекту «Создание модели трехмерного кадастра недвижимости в России» (сокращенная версия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gisa.ru> (дата обращения: 05.12.2016).
5. Международный стандарт ISO 19152 «Географическая информация – Модель предметной области для управления недвижимостью (LADM)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/file/file2815.doc> (дата обращения: 05.12.2016).
6. 3D GIS for urban development – Sisi Zlatanova, 2000 [Electronic resource]. – URL: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NL2001000641/>
7. Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») «Повышение качества государственных услуг в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 01.12.2012 № 2236-р. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. (дата обращения: 05.12.2016).
8. Об утверждении формы технического плана и требований к его подготовке, состава содержащихся в нем сведений, а также формы декларации об объекте недвижимости, требований к ее подготовке, состава содержащихся в ней сведений [Электронный ресурс] : приказ Минэкономразвития России от 18 декабря 2015 г. № 953. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
9. Талапов В. В. Основы ВМ: введение в информационное моделирование зданий. – М. : ДМК Пресс, 2011.
10. Митрофанова Н. О., Чернов А. В., Березина Е. В. Возможности использования ВМ-технологий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – 251 с. – С. 177 – 183
11. Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс] : приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 29.12.2014

№ 926/пр. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа:  
<http://www.consultant.ru>.

© *А. В. Чернов, 2017*

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Аленин И. Э.</i> Информационная модель здания как основа для использования энергосберегающих технологий при проектировании.....	4
<i>Ахмедов Б. Н.</i> Построение цифровых трехмерных моделей геопространства ....	9
<i>Байыр-оол А. В.</i> Создание плана внутрихозяйственного землеустройства в среде AUTO CAD .....	13
<i>Бондарев Э. С.</i> Имитационное моделирование в программе SOLIDWORKS ....	17
<i>Борисов Д. А.</i> Определение пространственного положения техногенных объектов по геодезическим данным.....	21
<i>Вахрушева А. А.</i> Трехмерное моделирование в наземной навигации.....	29
<i>Горбачева А. А.</i> Создание 3D-моделей объектов капитального строительства для целей государственного кадастра недвижимости.....	32
<i>Грищенко Д. В., Дайбова Д. Д.</i> Обработка материалов радарной топографической съемки для печати участков рельефа местности на 3D принтере.....	36
<i>Грищенко Д. В., Кобецкая А. В.</i> Трехмерная картография: преимущества, способы, инструменты.....	40
<i>Золотарёва Д. А., Кравцова К. Е.</i> Разработка методических рекомендаций по моделированию параболоида и гиперболоида средствами программы Компас-3D V16.....	46
<i>Каркавина У. А.</i> Отечественные САД-системы и их применение в инженерной графике .....	49
<i>Карманова М. В.</i> Создание трехмерных моделей кристаллов и разработка методического обеспечения учебного кабинета для занятий детско-юношеского кружка «Юный геолог» при минералогическом музее «Мир камня», Алтайский край, Барнаул.....	54
<i>Кноль И. А.</i> Визуализация прогнозной 3D-модели техногенного объекта в web-приложении.....	60
<i>Лебзак А. О., Лебзак Е.В.</i> Проект карты «Культурно-историческое наследие Республики Алтай» .....	63
<i>Мосолов С. В., Матыева Я. М., Чаптыкова А. А.</i> Построение разверток геометрических тел в графическом редакторе AUTOCAD .....	66
<i>Николаев В. А.</i> Возможности трехмерного моделирования при создании модели снайперского прицела (ПСО) .....	71

<b>Нурмухаметова А. Т.</b> Трехмерное моделирование в геодезии .....	76
<b>Панков Е. А.</b> Применение трехмерного моделирования в разработке спектрометра.....	82
<b>Пацан А. В., Степанов В. Р.</b> Особенности разработки приложения «Виртуальный тур СГУГиТ» .....	86
<b>Рябцов И. А.</b> Развитие интереса к профессии инженера у школьников посредством САПР и 3D-печати.....	89
<b>Сердаков Л. Е.</b> Создание 3D-модели участка перепускного канала «бустер-нуклотрон» на основе данных геодезических измерений .....	93
<b>Чебатарева И. И.</b> Создание 3D-модели СГУГиТ с использованием программного комплекса SKETCHUP PRO 2016 .....	95
<b>Чернов А. В.</b> Создание BIM модели объекта недвижимости в программе AUTODESK REVIT .....	99

*Научное издание*

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА  
И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
**Молодежная научно-практическая конференция**

**16 декабря 2016 года**

**Сборник научных докладов**

Материалы публикуются в авторской редакции

Ответственный за выпуск *Т. Ю. Бугакова*

Компьютерная верстка *Е. М. Федяевой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 20.01.2017. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 6,1. Тираж 55. Заказ .

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ  
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ  
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8