



Журнал для энтузиастов 3D-технологий

/ноябрь - декабрь/

Периодичность: 1 раз в 2 месяца.

<u>Редакция</u>

Главный редактор:

Дмитрий Усенков (SCREW Black Light)

#### Координаты редакции

e-mail: mir-3d-world@yandex.ru web: http://mir-3d-world.ipo.spb.ru



# Содержание

#### От редакции:

| В очередной раз переезжаем!       | 3 |
|-----------------------------------|---|
| 3D-Expo:                          |   |
| 3D Print Expo – 2017: что нового? | 5 |
| 3D-знания:                        |   |
| Осваиваем Компас-3D1              | 8 |
| 3D-software:                      |   |
| 3D PDF: создаем из своей модели 2 | 9 |
| 3D-взгляд3                        | 2 |
|                                   |   |

#### подписка:

Subscribe.Ru → hitech.video.mir3dworld

#### или по e-mail:

hitech.video.mir3dworld-sub@subscribe.ru

В коллаже на обложке использовано изображение логотипа системы 3D-конструирования «Компас-3D» фирмы ACKOH.

#### Условия распространения

- Журнал является бесплатным для читателей и распространяется редакцией свободно.
- Неимущественные авторские права на опубликованные материалы принадлежат их авторам, авторские права на журнал в целом принадлежат его редакции ( © Дмитрий Усенков / SCREW Black Light ).
- Условия публикации в журнале авторских статей: авторы передают редакции неисключительные права на публикацию и распространение своих статей в составе журнала или его фрагментов, не претендуя на какое-либо вознаграждение. Авторы могут публиковать эти же статьи в любых других изданиях. Согласование с редакциями этих изданий факта публикации статей в данном журнале возлагается на авторов.
- Условия публикации в журнале новостной и др. информации, взятой из сети Интернет: материалы, взятые из открытых публикаций в web, публикуются в редакторской обработке либо «как есть», с указанием ссылки на первоисточник.
- Третьи лица могут распространять журнал свободно и бесплатно. Вы можете включать выпуски журнала в любые комплекты своих материалов, в том числе распространяемые на коммерческой основе, при условии, что за собственно выпуски журнала никакая оплата не взимается. Выпуски журнала разрешается распространять «как есть»: целиком, без каких-либо изменений. При перепечатке фрагментов материалов журнала обязательны: сохранение ФИО автора (авторов), указание названия журнала («Мир 3D / 3D World»), номера и года его выпуска, а также адресов е-mail и web редакции.

#### М. – СПб.: СамСебяИздат, 2017



«Два переезда равняются одному пожару.» Популярная поговорка

# В очередной раз переезжаем!

Итак, журнал «Мир 3D / 3D World» вынужден уже в третий раз сменить свой «адрес прописки» в Интернете.

Причины банальны.

Первоначально сайт журнала был открыт на сервисе **Народ.Ру**, поддерживавшемся компанией Яндекс. Однако в январе 2013 в компании Яндекс решили, что мнение клиентов для них не является важным, и несмотря на многочисленные протесты владельцев «народных» сайтов, передали данный сервис во владение компании **Ucoz** — славящейся своей чрезмерно агрессивной рекламной политикой. Чтобы избавить своих читателей от «созерцания» многочисленных рекламных баннеров, практически полностью загораживающих web-страницы, мы поменяли компанию хостинга, выбрав площадку **Hostinger**.

В процессе работы с площадкой Hostinger время от времени возникали проблемы, которые решались в рабочем порядке без особого ущерба для сайта журнала.

Так, выяснилось, что несмотря на записанное в условиях договораоферты правило сначала предупреждать своих клиентов о приостановке работы сайта и только при отсутствии реакции клиента на это предупреждение закрывать сайт, администрация Hostinger закрывает «неподходящие» для них сайты вообще без каких-либо уведомлений.

Был закрыт таким способом (под надуманным предлогом) и адрес http://mir-3d-world.p.ht – вместе со всем доменом .p.ht. После этого редакцией было принято решение создать зеркала сайта сразу по двум адресам: http://mir-3d-world.w.pw и http://mir-3d-world.zz.mu, которые и использовались до августа нынешнего 2017 года.

Однако когда пришло время публикации очередного, пятого номера журнала, вдруг внезапно выяснилось, что «на серверах бесплатного хостинга» компании Hostinger «закончилось свободное место» – хотя согласно информации о сайтах, из обещанных компанией Hostinger двух гигабайт серверного дискового пространства использовано только примерно 250 мегабайт. Оказалась отключена и возможность обращения к службе технической поддержки (!). А на странице администрирования сайтов появилась издевательская надпись типа: «Закончилось свободное место? Вы можете в любой момент перейти на платный аккаунт». Вместе с тем, компания Hostinger уже открыла **другой** сайт бесплатного хостинга под своим названием, а также еще один аналогичный хостинговый сайт, где о том, что Hostinger является владельцем, лишь скромненько сообщается в уголке страницы мелким шрифтом. Однако переносить сайты со старого хостинга на новый владельцы компании отнюдь не спешат: они предлагают лишь вновь создавать сайты на новом хостинге и заново выкладывать там свои файлы.

Подобное изменение политики компании Hostinger по отношению к своим клиентам уже сложно называть иначе, чем вымогательством. Да, – можно было бы заново открыть бесплатный сайт на новом сервере или даже перейти на платный аккаунт. Да, – по прошествии двух недель удалось все-таки выложить на этих сайтах №5 / 2017. Но можно ли доверять компании, которая уже один раз «кинула» своих клиентов? В итоге редакцией журнала было принято решение **признать компанию Ноstinger ненадежным партнером** и отказаться от их услуг.

В настоящее время сайт «Мир 3D / 3D World» размещен на сервере партнера нашего журнала – Центра информатизации образования «КИО», который является издательством журналов «Компьютерные инструменты в образовании» и «Компьютерные инструменты в школе» (http://ipo.spb.ru/journal).

Поддержка прежних сайтов – зеркал http://mir-3d-world.w.pw и http://mir-3d-world.zz.mu прекращена, однако в течение какого-то времени (зависящего скорее от администрации хостинга Hostinger) эти копии сайта останутся работающими и на них будут доступны для скачивания прежние выпуски журнала.



### **3D Print Expo – 2017: что нового?**

ятница 13-е в октябре 2017 года стала не только очередным поводом вспомнить про всем известное суеверие, но и праздником – не для «темных сил», а для всех, кто интересуется 3D-технологиями: московские Сокольники на целых два дня стали «центром притяжения» для энтузиастовлюбителей и для профессионалов 3D-печати и 3D-сканирования. Речь идет, конечно же, о конференциивыставке **3D Print Expo**: уже традиционной (что замечательно), международной и ежегодной (что уже не так хорошо, потому как хотелось бы это мероприятие видеть не менее чем два раза в год). Нынешнее мероприятие по счету стало пятым, «полуюбилейным», и вполне могло бы быть отмечено «победным» знаком



🖉 в качестве обычной римской «пятерки».

Среди экспонентов, конечно, большинство было хорошо посетителям: рынок 3D-технологий в России пока еще на этапе развития. Но каждый год появляется новая техника и новые расходные материалы, появляются новые разработчики, производители и продавцы, так что на 3D Print Expo скучно не было. Способствовали тому и мастер-классы, на которых предлагалось освоить на практике азы 3D-проектирования, 3D-сканирования и 3D-печати (правда, это мероприятие было платным и по отдельному билету), а также предлагалось научиться рисовать в пространстве при помощи 3D-ручки.

#### 3D-ручки: «бренд» 2017 года

Вообще сложилось устойчивое впечатление, что 3D-ручки (которые многие 3D-печатники считают только лишь игрушкой для малышей или в крайнем случае вспомогательным средством, например, для заделки швов и дефектов на «настоящих» 3D-распечатках) постепенно набирают популярность у населения, – и не в последнюю очередь благодаря сочетанию низкой цены (существенно ниже, чем даже у самого простого и дешевого 3D-принтера) с возможностью «приобщиться» к миру 3D-печати. Правда, для полноценного пользования 3D-ручкой требуется не только фантазия и творческие способности, но и твердая рука (поскольку «рисовать» в пространстве – еще сложнее, чем рисовать на экране с помощью компьютерной мыши). Но уж те, кто освоил этот инструмент, умудряются с его помощью создавать настоящие шедевры. Во всяком случае, на выставочных стендах продавцов 3D-ручек было на что посмотреть и восхититься.



3D-ручки постепенно становятся популярными



3D-ручки isun3d LTP 4.0 специально предназначены для детей

Например, 3D-ручка, представленная китайской компанией iSUN3D, специально предназначается для детей. Кроме невысокой цены и простоты использования, ее плюсом является использование низкотемпературного наконечника (и, соответственно, пластиковой нити с низкой температурой плавления), что делает эту ручку безопасной для ребенка.



Можно даже так 😳



Гордый орёл (или, может быть, грифон) нарисован при помощи 3D-ручки Spider Pen



Та же ручка Spider Pen стала инструментом для создания дракона почти полуметровой высоты

#### 3D-принтеры: что новенького?

Впрочем, и разработчики «настоящих» 3D-принтеров тоже не отстают. Так, немецкие коллеги из компании **Concept Laser GmbH** (части одного из подразделений всем известной General Electric) представили линейку профессиональных 3D-принтеров, позволяющих печатать изделия сразу из металла (даже из титанового сплава), используя метод послойного селективного лазерного плавления металлических порошков (технология LaserCUSING).

Общий принцип 3D-печати в данном случае понятен из названия метода: частички металлического порошка попросту спекаются («свариваются») лазерным лучом слой за слоем. Однако при этом перемещение луча осуществляется по сложной «стохастической» траектории, что позволяет уменьшить возникающие в печатаемой детали внутренние напряжения и благодаря этому – печатать изделия больших размеров.



Принцип работы 3D-принтера с лазерным спеканием металлического порошка (фото из фирменного буклета компании Concept Laser)

Какие преимущества даёт использование 3D-печати по сравнению с традиционными технологиями изготовления металлических изделий, понятно.

Во-первых, это свобода конструирования и легкость воплощения инженерных идей в готовом изделии без необходимости содержать при конструкторском бюро цеха экспериментального производства.

Во-вторых – возможность изготовления изделий практически любой формы, в том числе такой, которую невозможно (или же крайне сложно) получить традиционными методами. Заодно, кроме всего прочего, перед конструктором открываются возможности уменьшения веса изделий за счет внутренних пустот сложной конфигурации (без снижения прочности изделия) и экономии материала (за счет тех же пустот). Причем стоимость изготовления детали от сложности ее формы никак не зависит. Как указывают сами разработчики, экономия времени при изготовлении изделия аддитивным методом составляет до 75% по сравнению с традиционным производством, а снижение веса изделия – 70% и более.

Наконец, в-третьих, 3D-печать позволяет существенно уменьшить количество отходов при производстве – ведь практически весь расходный материал (порошок) при этом идёт в дело. Не использованный для спекания порошок попадает в отдельный бункер и может быть использован повторно. Насколько меньше при этом количество отходов – наглядно можно увидеть на фотодиаграмме, представленной в буклете компании Concept Laser.



Экологичность 3D-печати наглядно видна на этой фотодиаграмме (из фирменного буклета компании Concept Laser)

Впрочем, промышленные 3D-принтеры – это категория особая (и, кстати, весьма дорогая). Наших же читателей, скорее всего, интересуют 3D-принтеры, доступные для домашних пользователей, для сферы образования и для малого бизнеса. И таких моделей на выставке было представлено не просто много, а очень много. Как говорится, на любой вкус и цвет. ©



«Младший и старший братья» на стенде компании «Цветной мир»

9

Одна из моделей таких простых и дешевых 3D-принтеров, ориентированная ее разработчиками именно на использование в школах, была представлена на стенде ООО «Дизайн групп» под фирменной маркой **PrintBox 3D**.

Принтер **Cybermicro Plus** можно, пожалуй, назвать самым компактным из представленных на выставке 3D-принтеров. Его внешние габариты вписываются в область с размерами примерно 20×20×20 см, но притом гарантируется возможность печати моделей с размерами до 10×10×10 см (реально рабочая камера чуть больше, но разработчики рекомендуют не выходить за указанные размеры).

Рабочий стол в этой модели – без подогрева (т.е. возможна печать только пластиком типа PLA, но не ABS), со съемной подложкой из акрила. Как сообщают разработчики, этот материал не требует использования каких-либо покрытий для адгезии (прилипания) печатаемого изделия к поверхности, а вынув и слегка согнув подложку, легко отделить от нее напечатанную модель. При этом стол остается неподвижным, а перемещение по всем трем координатам осуществляется за счет движения только печатной головки, поэтому калибровка по высоте не требуется. Общая калибровка «по 9 точкам» выполняется на заводе, и при эксплуатации принтера, скорее всего, не понадобится, а если потребуется, то она выполняется простым подкручиванием винтов.

Принтер, как и многие более серьезные модели, способен печатать автономно от компьютера – с карты памяти SD, а в ближайшем будущем разработчики планируют и выпуск доработанной модели с беспроводным подключением через Wi-Fi.

Стоимость принтера Cybermicro Plus составляет на данный момент всего 24 000 рублей, так что школа, например, может позволить себе оборудование инженерного класса с установкой такого принтера на каждой ученической парте. Правда, в этом случае существенным недостатком является его открытый, «каркасный» корпус. На корпусе, конечно, предусмотрен отдельный индикатор, указывающий на опасность горячего сопла, но разработчикам все же можно порекомендовать подумать и над добавлением в конструкцию прозрачных стенок (скажем, из того же акрила).



3D-принтер Cybermicro Plus

А вот принтер **Zmorph 2.0 sx** от **SIU System** привлекает внимание прежде всего своим внешним видом – вполне в духе Apple Macintosh, с прозрачным, слегка округлым корпусом. И уже только взяв в руки рекламный буклет, мы узнаем, что это не просто «классический» 3D-принтер, а многофункциональное

гибридное устройство. «Принтерную» печатающую головку можно заменить или на фрезеровальную – и тогда устройство превращается в станок с ЧПУ для фрезеровки и резания, или на лазерную – для лазерного гравирования. Всего в комплекте 6 сменных головок: экструдеры для пластика 1,75 мм и для пластика 3 мм, экструдер для густой пасты, экструдер для пластика DUAL PRO, инструментальная головка для фрезерования СNC PR и лазерная головка.



Многофункциональный гибридный 3D-принтер Zmorph 2.0 sx

Еще одно направление совершенствования 3D-принтеров – увеличение рабочих температур. Так, 3D-принтер **Designer X PRO** от **PICASO 3D** обеспечивает нагрев сопла до 380 °C, а рабочего стола – до 140 °C. Это позволяет использовать более тугоплавкие пластики, устойчивые к сравнительно высоким температурам, и, соответственно, расширяет спектр применений напечатанных изделий.



«Горячий» 3D-принтер Designer X PRO

Среди прочих преимуществ данной модели – достаточно ёмкая рабочая камера (20×20×21 см), толщина слоя до 50 микрон, скорость печати до 30 см<sup>3</sup>/ч, а главное – усовершенствованная технология переключения сопел **JetSwitch**, позволяющая в 8 раз быстрее (5 секунд вместо 8-ми) переключаться между используемыми материалами при печати двумя филаментами (например, основным и растворимым, используемым для поддержек). Вроде бы выигрыш в 3 секунды не так велик – но если при печати таких переключений требуется много, то суммарный выигрыш получается весьма весомым. На сайте PICASO 3D можно найти пример, демонстрирующий выигрыш при печати сложной модели за счет использования технологии JetSwitch в целых 15 часов!



Пример, демонстрирующий выигрыш по времени за счет использования технологии JetSwitch (илл. с сайта http://picaso-3d.com)

Дополнительно имеются система контроля подачи пластика, предохраняющая от сбоев печати из-за окончания или обрыва пластиковой нити, система контроля первого слоя печати (особо важного с точки зрения адгезии модели к рабочему столу/подложке), а также быстрая автоматическая калибровка: 5 секунд – на автокалибровку высоты сопел, 50 секунд на калибровку самой рабочей платформы и 5,5 минут – на калибровку смещения сопел. Подключение же к компьютеру возможно не только через порт USB, но и через Ethernet, что позволяет интегрировать несколько принтеров в локальную сеть, объединить их в едином интерфейсе обновленного программного средства POLYGON X и централизованно управлять работой каждого из принтеров, что облегчает организацию мелкосерийного производства и печать сборных моделей.

Наконец, еще одно изделие, представленное на стенде компании «Цветной мир», позволяет реализовать «вкусную» 3D-печать – шоколадом. Э Агрегат Choc Creator V2.0 Plus позволяет реализовать как «2D-печать» плоских шоколадных изображений (в том числе на печенье), так и «2,5D»-режим создания плоских шоколадных изделий небольшой толщины (из нескольких слоёв) и собственно 3D-печать. Разогретый шоколад заправляется в 30-мл шприц, который наподобие

картриджа вставляется в принтер, – и можно печатать (причем в принтер уже загружено около 100 готовых моделей, а при желании можно скачать и бесплатные приложения для создания собственных рисунков и надписей).



Шоколадный Choc Creator V2.0 Plus и создаваемые с его помощью изделия

#### Чем печатаем

Хороший 3D-принтер – это, конечно, важно, – но не менее важен и выбор печатных материалов. «Классические» PLA и ABS всем знакомы, и здесь вопрос, скорее, в том, как и где купить пластик достаточно высокого качества и не очень дорого. Модификации типа ABS+ и PLA+, а также материалы типа SBS, HIPS, Flex и растворимый в воде PVA для поддержек тоже уже знакомы многим. Но изготовители постоянно расширяют линейку филаментов, и на выставке можно было увидеть несколько новинок.

- PLA PRO (торговая марка Printbox 3D) имеет повышенную прочность по сравнению с обычным PLA. На стенде можно было получить бесплатный пробник зеленого PLA PRO, чтобы оценить его преимущества.
- PET-G (полиэтилентерефталат-гликоль) высокоударопрочный смесевой пластик, по прочности сравнимый с ABS, но со свойствами печати как у PLA, растворимый в дихлорметане. Для этого вида пластика характерны высокая прочность на разрыв, усталостная прочность, вибростойкость и стойкость к растрескиванию, абразивная стойкость и хорошая химическая стойкость к маслам и растворителям; запас его прочности заявлен производителем до 20 лет. Также можно было получить бесплатный пробник на стенде изготовителя, так что перечисленные свойства для заинтересовавшихся им посетителей не останут-

ся только теорией. Кстати, стоимость пластика невелика – около 800 руб. за катушку 0,75 кг.

- ООО «Стримпласт» из Тульской области предложило сразу несколько новых интересных разновидностей филамента (и тоже с бесплатными пробниками). Инновационный материал ULTRAPET (PETg) прозрачен, обеспечивает высокую морозо- и атмосфероустойчивость изделий, химическую стойкость к щелочам, разбавленным кислотам и органическим растворителям, высокую прочность и жесткость, имеет отличную межслойную адгезию, а также разрешен для контакта с холодными пищевыми продуктами. Однако он рассчитан на низкие эксплуатационные температуры (*t* печати – 220-250 °C, *t* стола – 60-80 °C, *t* размягчения – 68 °C).
- PLA Ecofil (тоже от ООО «Стримпласт») на базе полиактида обладает прочностными характеристиками, сравнимыми с параметрами полистирола (HIPS) и с высокой степенью прозрачности (*t* печати – 180-220 °C, *t* стола – 20-70 °C).

Впрочем, наибольшее внимание было обеспечено стенду московского завода **FDplast**, который хотя и торгует вполне традиционными ABS, PLA, HIPS и SBS (в том числе прозрачным SBS GLASS), но по очень конкурентоспособным ценам – в разы дешевле, чем у других производителей. Так, килограммовую (!) катушку ABS можно приобрести за 498 рублей, килограммовую катушку PLA – за 628 рублей, HIPS – по цене 468 рублей за килограмм, а SBS – 678 рублей за килограмм. Правда, скидок на выставке никаких не предлагалось (цены – те же, что и на сайте www.sopytka.ru), но зато можно было сэкономить на стоимости доставки.

Пластик FDplast привлекает своей ценой – но его нельзя считать «дешевым эрзацем». Нужно лишь не забыть правильно выставить температуру печати (например, для ABS FDplast – порядка 250 °C), и качество печати получается не хуже, чем из импортного пластика, – без расплывания, «волос» и прикипания рафта и поддержек. Привлекает и упаковка – может быть, без красивых этикеток, но зато в удобных пакетах с zip-lock и с силикагелем, которые можно затем использовать многократно.

Кстати, очень интересно выглядит упаковочная коробка FDplast: не есть ли это явный намёк на существенное расширение ассортимента пластика в самое ближайшее время?



Упаковочная коробка пластика FDplast



Стенд FDplast

#### Хорошая банька

Принтер и пластик для него – это, конечно, основное. Но полезной вещью в хозяйстве 3D-печатника является и... баня. © А точнее – паровая баня для постпечатного выглаживания поверхности напечатанных моделей в парах ацетона или дихлорметана.

Обычно такую паровую баню каждый делает себе сам из подручных материалов. Но уже предлагаются и «фирменные» модели – с испарителем, перемешиванием воздуха в камере и отсчетом времени «экспозиции».



Паровая баня Polysher от шанхайской компании Polymaker

#### Что можно напечатать

«Товар – лицом» в случае 3D-печати означает демонстрацию не только самих принтеров, но и получаемой с их помощью продукции. А поскольку обычные «злые селёдки», шарики и прочие мелкие рекламные распечатки уже всем порядком поднадоели, в рамках 3D Print Expo была организована арт-галерея с весьма оригинальными работами. Среди них – 3D-печатные гитара и балалайка с натянутыми струнами, на которых даже можно было поиграть, огромный осьминог с гибкими щупальцами, футуристического дизайна «пушка» и даже целая космическая ракета.



3D-печатные гитара и балалайка. Действующие 😊



3D-печатный осьминог



3D-печатная «космическая винтовка» явно скопирована с какой-то из компьютерных игр



Эта ракета – пожалуй, самое крупное 3D-печатное изделие на выставке

Несколько выпадал из этого видеоряда особняком стоявший стенд по продаже мёда. Впрочем, при широкой трактовке можно и для него обосновать присутствие на выставке 3D Print Expo: ведь строительство сот – это, по сути, тоже аддитивная технология, в которой пчелиный рой играет роль 3D-принтера. ©



**Д. Ю. Усенков,** Московский государственный институт индустрии туризма имени Ю.А. Сенкевича



### Осваиваем Компас-3D

Усенков Д.Ю., Москва

егодняшняя профессиональная деятельность инженеров-конструкторов, технологов и многих других людей, занимающихся конструированием и выпуском практически любой продукции, немыслима без применения систем САПР (систем автоматизированного проектирования), или, в зарубежной номенклатуре, CAD (computer-aided design – компьютерная поддержка проектирования). Уже одно это выводит хотя бы начальные навыки владения программным обеспечением САПР на уровень обязательного минимума компетенций современного специалиста и настоятельно требует освоения таких систем в школьном курсе информатики / технологии. Однако все более широкое распространение 3D-технологий (прежде всего 3D-печати), в том числе в домашних условиях, заставляет считать базовые умения работать с системами 3Dпроектирования настолько же неотъемлемым атрибутом современной компьютерной грамотности, как набор и редактирование текста. Даже простая распечатка готовой модели обычно требует минимальных навыков работы в среде программы-«слайсера», предназначенной для предобработки моделей и их отправки на печать, – а такая программа, по сути, уже представляет собой упрощенную систему 3D-проектирования. Если же вы захотите создавать с помощью 3Dпечати собственные изделия, то вам придется осваивать одну из полноценных систем САD и учиться конструировать в ней хотя бы простые объекты.

Впрочем, всё обстоит не так грустно: САПР-программ сегодня существует очень много, немалое их количество доступно совершенно бесплатно (причем легально – речь не идет о «пиратских» копиях), а их освоение не так сложно, как кажется на первый взгляд. При желании всегда можно выбрать для себя пакет САD, обладающий достаточным количеством возможностей и (за счет отсутствия излишеств) понятный для изучения. Перечислим лишь некоторые из бесплатно доступных САD-систем.

 Компас-3D (http://support.ascon.ru/download) – разработка российской компании АСКОН. Выпускается несколько версий этой САПР, в том числе не только профессиональная, но также «домашняя» (версия HOME), ориентиродомашней 3D-печати, ванная именно на сферу И версия LT (http://kompas.ru/kompas-3d-lt/about), доступная совершенно бесплатно как для частных пользователей, так и для образовательных организаций. Преимуществом Компас-3D версии LT является легальная возможность массовой установки в компьютерных классах школ, вузов и профессиональных училищ, вполне дружественный и понятный интерфейс, а также наличие большого числа пособий и готовых методических разработок уроков с ее использованием. Главный же недостаток заключается в том, что LT-версия не способна работать ни с какими форматами данных, кроме своего собственного, и, в частности, не позволяет сохранить созданную модель в формате STL, который является общепризнанным стандартом данных для 3D-печати. Впрочем, даже профессиональная версия Компас-3D не имеет возможностей импорта данных из формата STL и вообще функционала работы с сетками точек (mesh), получаемыми в результате 3D-сканирования.

– Autodesk 123D Design 2012 (http://www.123dapp.com) – бесплатная CADсистема, предлагаемая компанией Autodesk, хорошо известной как разработчик профессиональной системы AutoCAD («классики» 3D-CAПР). В дополнение к ней предлагаются продукты: ReCap 360 («облачная» система для получения 3D-моделей по набору фотографий объекта, пришедшая на смену аналогичной программе 123D Catch, поддержка которой прекращена с 2017 года), 123D Make (позволяет превратить 3D-модель в набор «срезов» для ее сборки из листового материала, например, из картона) и 123D Sculpt+ (интересная программа 3D-«скульпторинга» для iPad).

– **Tinkercad** (https://www.tinkercad.com)– онлайн-приложение от той же компании Autodesk, предназначенное для начинающих 3D-конструкторов, своего рода «детская» версия САПР-среды, позволяющая создавать трехмерные объекты из готовых «примитивов» – стереометрических фигур (цилиндр, сфера, конус и т.д.). Достаточно удобно в работе и легко осваивается, но ограничено по своим возможностям.

– **Blender** (https://www.blender.org) – свободный кросплатформенный редактор трёхмерной графики с открытым кодом, интересный встроенными возможностями 3D-анимации и монтажа видео со звуком, что делает его отличной некоммерческой альтернативой знаменитому пакету 3D Max.

– SketchUp (http://www.sketchup.com) – бесплатная программа 3Dмоделирования, разработанная компанией Google и снабженная большим количеством хороших «тьюториалов» (уроков для освоения), правда, в основном нацеленная на архитектурное проектирование.

– FreeCAD (https://sourceforge.net/projects/free-cad) – полноценная и мощная CAD-система с открытым исходным кодом, которая по функционалу может поспорить с многими коммерческими профессиональными CAПР. При этом система FreeCAD обладает целым рядом уникальных возможностей, которых нет в других CAD-системах (даже профессиональных!): она умеет работать с сетками точек, представленных в популярных форматах, в том числе в STL, не имеет каких-либо ограничений функционала, присущих «учебным» версиям CAПР, имеет встроенный компилятор с языка программирования Pithon, что позволяет автоматизировать работу с системой за счет написания скриптов. Среда FreeCAD построена как набор выбираемых пользователем «верстаков» (режимов работы), каждый из которых имеет свой набор инструментов, что позволяет не запутаться в них. Основной недостаток – нестабильная работа при формировании 3D-моделей, состоящих из нескольких элементов различной формы.

#### Интерфейс программы Компас-3D LT

Прежде всего отметим, что интерфейс программы Компас – настраиваемый. Можно менять его вид, выбирая наиболее привычный для пользователя стиль (например, по типу интерфейса Microsoft Office версии 2003 или 2007) и для стиля Office 2007 – менять цветовую схему. Для большей определенности в дальнейшем изложении мы выберем стиль Microsoft Office 2003; это можно

.19

сделать в стартовом диалоговом окне, которое открывается при первом запуске программы (рис. 1). В дальнейшем можно отказаться от показа этого окна при каждом запуске, сняв пометку соответствующего флажка.

| KOMINAC-3D LT V12                                 |  |
|---|--|
| : <u>Ф</u> айл <u>В</u> ид Сервис <u>С</u> правка |  |
| i 🗋 • 🔊 🖬 🔝 🖑 🛝 🖎 🖄 🐨 👘 🔶 foo i 📢 🚦 i             |  |
|   | [+★★\$   |
|   | Ид приложения<br>КОМПАС-3D LT V12<br>Для докашного использования и учабных цавий<br>Стиль приложения: Меговоft@ Office 2003<br>Стиль приложения: Меговоft@ Office 2003<br>Цветовая скена<br>Соругленные "корешко" панелей<br>Соругленные сольваношие подосазки<br>Вы ножете изменять выд приложения ванно "Серенс" конандой "Вид приложения"<br>Фладававать этот диалог при запуске<br>ОК [рименить] |
|   |  |

Рис. 1. Стартовое диалоговое окно настройки интерфейса программы Компас

После запуска окно программы Компас-3D содержит стартовую страницу (рис. 2). Здесь собраны ссылки на различные материалы и разделы фирменного сайта, полезные для начинающего пользователя, а также кнопки для быстрого начала работы:

– **Чертеж** ( ) – создание плоского (двумерного) чертежа в соответствии с требованиями ГОСТ;

- Фрагмент () – создание плоского чертежа в упрощенном виде;

– **Деталь** () – создание трехмерного объекта (то, что нас больше всего интересует);

– **Создать...** ( ) – объединяет в себе функции всех трех вышеперечисленных кнопок, раскрывая окно, в котором можно выбрать одну из аналогичных им иконок – Чертеж, Фрагмент или Деталь (рис. 3);

– **Открыть...** ( ) – открытие уже существующего файла на просмотр и редактирование.

| 🛞 КОМПАС-3D LT V12 - [Стартовая страница] |                                       |
|---|---------------------------------------|
| : 😵 файл Вид Сервис Окно Справка          | - 8×                                  |
|   |                                       |
| ····                                      | ■**1% 1\®五戸北(今秋米大*)<br>■              |
|   |                                       |
|   |                                       |
|   |                                       |
|   | /12                                   |
|   |                                       |
|   |                                       |
| Новые возможности этой версии             | Сайт Службы технической поддержки     |
| · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·     | Ψ.                                    |
| ина Учебное пособие «Азбука КОМПАС»       | Написать письмо в Службу техподдержки |
| -   |                                       |
| Форум пользователей КОМПАС                | Сайт «Решения АСКОН в образовании»    |
| ₩ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·   |                                       |
|   |                                       |
|   |                                       |
|   |                                       |
| Создать Чертеж Фрагме                     | нт Деталь Открыть                     |
|   |                                       |
|   |                                       |
|   |                                       |
|   | y.                                    |
|   |                                       |
|   |                                       |
| Готово                                    |                                       |



| Новый документ  | ×                         |
|-----------------|---------------------------|
| Новые документы |                           |
|                 |                           |
| Фрагмент Деталь |                           |
|                 |                           |
|                 |                           |
|                 |                           |
|                 | ОК Отмена <u>С</u> правка |

Рис. 3. Окно кнопки Создать...

Поскольку нас интересует режим 3D-конструирования, нажмем кнопку **Деталь** ( ).

21

В режиме трехмерного конструирования окно программы Компас-3D LT разделено на несколько зон<sup>1</sup> (рис. 4).



Рис. 4. Интерфейс программы Компас-3D LT

Основную часть экрана занимает рабочее окно, в котором отображается конструируемая модель или эскиз. Изначально при создании новой детали рабочее окно пусто и содержит только «конструкцию» из осей рабочей системы координат и основных ее плоскостей.

Слева расположено окно дерева модели, где отображается история создания и редактирования элементов данного 3D-объекта и их иерархия. При выборе того или иного элемента под окном дерева модели появляется окно с дополнительной информацией – от каких элементов зависит данный элемент и для каких элементов он, в свою очередь, является опорным (рис. 5). Структура информации в обоих окнах является древовидной – подобно дереву имен каталогов и файлов на диске компьютера, здесь можно раскрывать те или иные «ветви» для получения более подробной информации.

В верхней части программы, как обычно, размещаются главное меню и панели инструментов. Кроме того, еще одна панель инструментов размещена слева, по вертикали вдоль края окна программы, а во время выполнения той или иной операции еще одна панель с параметрами этой операции появляется внизу (чуть позже мы познакомимся с ней).

Панель «Стандартная» во многом аналогична используемой в других приложениях Windows (файловые операции, вырезание, копирование и вставка и пр.):



<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Интерфейс профессиональной версии Компас-3D в основном аналогичен.





Панель «Вид» служит для управления отображением и позволяет выбрать масштаб, вид и стиль отображения трехмерного объекта, а также содержит кнопки переключения использования мыши для перемещения или поворота 3D-объекта в рабочем окне:

Панель «Текущее состояние» понадобится прежде всего для перехода в режим создания эскизов, для работы с локальными системами координат, а также для управления привязкой к условной сетке с определенным шагом ячеек, что облегчает черчение:

Панель «Глобальные привязки» требуется во время создания эскиза и тоже содержит целый ряд кнопок, облегчающих эту работу (с ними мы тоже познакомимся позже):



«Компактная» панель является, пожалуй, наиболее важной при 3Dконструировании и имеет достаточно сложную структуру. Во-первых, ее вид различен во время 3D-конструирования и во время создания и редактирования эскиза. Во-вторых, кнопки в ее верхней части позволяют выбирать различные режимы работы с программой, и в зависимости от выбранного режима меняется состав кнопок доступных операций в нижней части панели. Наконец, втретьих, некоторые кнопки нижней части панели, имеющие на своем изображении маленький треугольничек в нижнем правом углу, раскрывают при нажатии вложенные кнопочные панели. Разобраться в этом многообразии не так просто, поэтому мы будем знакомиться с нужными кнопками уже по ходу работы с программой. Для начала работы нужно вначале создать новый проект (если это не было сделано сразу после запуска). Напомним, что для создания трехмерной модели в стартовом окне требуется нажать кнопку Деталь либо выбрать в меню Файл команду Создать и в раскрывшемся окне опять же выбрать иконку Деталь, нажав затем кнопку ОК. Рекомендуется сразу же сохранить проект (выбрать для него место хранения на диске) при помощи команды Сохранить как в меню Файл, а затем не забывать сохранять сделанные изменения клавишами Ctrl+S.

Когда новый проект создан, можно начать конструирование 3Dмодели. Можно также загрузить 3D-объект из уже существующего файла, чтобы продолжить ранее прерванную работу или что-либо изменить в ранее созданной модели. Программа Компас-3D LT поддерживает только собственный формат хранения данных, принятый для всего «семейства» программ Компас-3D (в том числе для профессиональной версии). Профессиональная же версия поддерживает очень большое число форматов данных, используемых в распространенных программах 3Dмоделирования, – за исключением импорта моделей, состоящих из сетки точек (в частности, импорта формата STL).

#### Некоторые определения

**Модель (деталь, тело)** – трехмерный объект, создаваемый или редактируемый в рабочей области САD-программы. Может состоять из трехмерных элементов различной формы, которые создаются отдельными операциями и автоматически объединяются в единое тело. Специальные операции также применяются, чтобы вырезать в модели отверстия требуемой формы и расположения.

Эскиз – плоский чертеж, определяющий форму соответствующего элемента трехмерной модели. Эскизы являются опорой для выполнения ряда операций, формирующих на их основе трехмерные элементы.

Грань – часть (фрагмент) поверхности трехмерной модели, рассматриваемая как единое целое. Важно понимать, что грань (в отличие от школьного курса стереометрии) не обязательно представляет собой фрагмент плоскости; в CAD гранью называют и криволинейные поверхности (например, сферическую или боковую поверхность цилиндра либо конуса).

**Ребро** – линия границы между соседними гранями. Ребра также могут представлять собой не только отрезки прямой, но и различные кривые.



÷Y

: 🛂

ø,

Ø

ŧS

0

Ø

ø

È,

۵,

Ø

ବ୍

#### Навигация

Под «навигацией» в данном случае подразумевается возможность изменения положения создаваемой 3D-модели в рабочем пространстве – «переключение видов» и осмотр со всех сторон, масштабирование при отображении и т.д. Всё это можно делать при помощи мыши или кнопками на панелях инструментов.

**1. Выбор объекта.** Чтобы выбрать элемент, с которым предполагается работать (линию эскиза, точку, ребро или грань детали либо какой-то ее трехмерный элемент), достаточно щелкнуть левой кнопкой мыши на самом элементе в рабочем окне или на его названии в дереве модели. При этом выбранный элемент выделяется на изображении модели в рабочем окне зеленым цветом, – например, как на рис. 6, где при выборе в дереве модели операции «вырезать элемент» на модели выделяются ребра и грани соответствующего отверстия.



Рис. 6. Выделение элемента «отверстие»

При наведении курсора мыши на тот или иной элемент модели нужно обращать внимание на значок, появляющийся внизу справа возле курсора мыши. Он показывает, на какой именно элемент модели в данный момент наведен курсор. Так, маленькая наклонная черточка указывает, что будет выбрано ребро. Изогнутая полоска означает, что будет выбрана грань. Маленький параллелограмм с перекрещенными на нем срединными линиями покажет, что вы готовы выбрать плоскость (нужно наводить курсор на границу прямоугольника, условно обозначающего эту плоскость) и т.д. Это позволит точно выбрать в рабочем окне нужный элемент.

**2. Перемещение модели в рабочем окне.** Достаточно нажать в панели инструментов «Вид» кнопку <sup>(1)</sup>, и можно перемещать модель в рабочем окне,

передвигая мышь. Курсор мыши при этом имеет такой же вид, как иконка на кнопке: «четырехконечная стрелка».

Можно обойтись и без кнопки <sup>↓</sup>: достаточно передвигать в рабочем окне курсор мыши, удерживая нажатыми клавиши «левый Shift» и «левый Ctrl».

3. Вращение модели. Чтобы вращать модель в рабочем окне, осматривая

ее со всех сторон, достаточно нажать в панели инструментов «Вид» кнопку и передвигать мышь. Курсор мыши при этом также имеет такой же вид, как иконка на кнопке: две круговые стрелки.

Другой вариант – перемещение мыши при нажатом колесике, в этом случае программа временно переходит в режим вращения модели независимо от того, какая кнопка в данный момент нажата на панели «Вид».

**4. Масштабирование.** Для изменения масштаба отображения модели в рабочем окне достаточно вращать колесико мыши. (Эта операция влияет только на размеры изображения на экране, но не на размеры самого объекта!)

Дополнительные удобства предоставляют кнопки панели инструментов «Вид»:

— автоматически подбирает масштаб отображения так, чтобы вся модель уместилась в рабочем окне в максимально возможном масштабе;

— позволяет выбрать при помощи мыши («растягивая» пунктирную рамку), какую часть модели нужно показать во всё рабочее окно;

Переключает мышь в режим масштабирования: нажав левую кнопку мыши и перемещая ее, можно увеличивать или уменьшать масштаб отображения (для пользователей, у кого мышь не имеет колесика);

2.40 – раскрывающийся список, указывающий текущий масштаб отображения и позволяющий выбрать значение масштаба: 0,5 (т.е. вдвое меньший), 1, 2, 3 или 4.

**5.** Выбор проекции. Позволяет выбрать ракурс, под которым модель будет показана в рабочем окне. Для этого служит кнопка тов «Вид», раскрывающая меню (рис. 7), в котором можно выбрать один из шести видов проекции либо один из трех видов изометрии.

#### Система координат

При работе в CAD-программе используется прямоугольная (декартова) система координат, состоящая из трех осей: Х, Ү и Z. Точка пересечения всех трех этих осей считается «нулевой» точкой (все три координаты которой равны нулю). Соответствующим парам осей также назначены «нулевые» плоскости.

В рабочем окне Компас-3D изначально отображается «конструкция» из трех осей и трех нулевых плоскостей (см. рис. 4), а также иконка в левом нижнем углу, указывающая текущую ориентацию трех осей системы координат в пространстве при данном ракурсе отображения. Это – *елобальная* система координат, относительно которой по умолчанию отсчитываются все координаты всех элементов модели. При необходимости можно также для удобства создавать собственные (*локальные*) системы координат, размещая их в рабочем пространстве в требуемом месте и с требуемой ориентацией, а затем вести отсчет координат элементов построения уже относительно выбранной локальной системы.





Глобальная система координат является основой создаваемой модели, с нее всегда начинается дерево модели (рис. 8).





#### Стили отображения

Любой трехмерный объект, созданный в системе твердотельного моделирования, представляет собой следующую иерархию геометрических объектов: опорные точки → опорные линии (ребра) → грани (поверхности) → трехмерный объект.

Обычно для трехмерной модели выбирают стиль отображения в виде твердого тела («полутоновое»), тогда на модели будут показаны все ее грани (в том числе с ребрами, если выбран соответствующий режим). Однако в некоторых случаях может потребоваться отображать модель только как «каркас» из ребер, без показа граней (например, чтобы увидеть внутренность отверстия, невидимую ни при каком ракурсе отображения в виде твердого тела). «Каркасный» стиль отображения также допускает следующие модификации: показ всех ребер; показ невидимых ребер (в данном ракурсе загораживаемых от глаз пользователя гранями) в виде тонких белых линий; скрытие невидимых ребер. Для выбора стиля отображения используются следующие кнопки панели «Вид»:

🖄 – каркасный стиль с показом всех ребер (рис. 9, *а*);

🖾 – каркасный стиль со скрытыми невидимыми ребрами (рис. 9, б);

- каркасный стиль с отображением невидимых ребер белым цветом (рис. 9, в);

🇾 – стиль отображения в виде твердого тела;

— отдельная кнопка, включающая и выключающая отображение ребер для стиля «твердого тела» (рис. 9, *г*, *д*); на «каркасные» стили отображения не влияет.



Рис. 9. *а*) каркас со всеми ребрами, *б*) каркас со скрытыми невидимыми ребрами, *в*) каркас с показом невидимых ребер белыми («тонкими») линиями, *а*) твердое тело без показа ребер, *д*) твердое тело с показом ребер

> (Продолжение в следующем номере журнала)



### 3D PDF: создаем из своей модели

Усенков Д. Ю.,

Московский государственный институт индустрии туризма имени Ю.А. Сенкевича

Трехмерные модели (сконструированные или отсканированные) чаще всего сохраняют в формате STL: это наиболее универсальный формат (если не требуется сохранить информацию о расцветке поверхности), пригодный для распечатки на любых 3D-принтерах (его «понимает» любой слайсер). Но если потребуется продемонстрировать такую модель (заказчику, на конференции и т.д.), то возникают некоторые сложности: программа для просмотра STL-файлов есть далеко не на каждом компьютере, а отдельно устанавливать ее может оказаться очень хлопотно.

Выручить может сравнительно новый формат **3D PDF**, который позволяет просматривать 3D-модель непосредственно в программе PDF Reader (достаточно современной версии), которая сегодня имеется почти у всех. Но как создать такой «трехмерный» PDF-файл?

Для создания 3D PDF сегодня существует немало программ различной степени сложности и удобства – Declam Exchange (работа с ней описана, Готовим например, статье «Кухня дизайнера. 3D **PDF**» в http://3dtoday.ru/blogs/hiropraktic/the-kitchen-designer-prepare-3d-pdf), утилита **U3D-2-PDF** (https://github.com/meisterlumpi/U3D-2-PDF). Но программа Declam Exchange – платная, а бесплатная U3D-2-PDF требует доустановки еще нескольких «вспомогательных» программ – MiKTeX, MeshLab и .NET Framework 4 и (судя по всему) определенных «танцев с бубном» 🙂.

Однако есть и гораздо более простой способ превратить существующий STL в 3D PDF – через универсальный формат **U3D** (на котором, кстати, 3D PDF и базируется). Эту подсказку можно найти в форуме на сайте компании АСКОН (разработчика САПР «Компас»).

1. Сначала нужно конвертировать STL в U3D. В этом нам поможет всем известная (причем бесплатная и достаточно удобная) программа **MeshLab**:

– выбираем в меню **File** пункт **Import Mesh** и загружаем наш STL-файл (рис. 1);

– при необходимости редактируем модель (благо возможности программа MeshLab предоставляет очень богатые);

– выбрав в меню File пункт Export Mesh As, выбираем в списке типов файлов формат U3D (нужно прокрутить список допустимых типов файлов до самого низа) и сохраняем модель в этом формате. В появившемся окне

настроек можно просто нажать кнопку **OK**, ничего в нем не меняя. (Единственная сложность: нужно не забывать, что программа MeshLab очень уж не любит кириллицу в именах файлов и папок, поэтому сохранять файл надо под латинским именем и в папку с именем из латинских букв.)



Puc. 1

2. Теперь нужно запустить Adobe Acrobat Pro (программа коммерческая, но все же есть у большего числа пользователей, чем Declam Exchange или другое «специфическое» ПО):

 – в стартовом окне (рис. 2) нужно выбрать пункт «Создать PDF из файла» (правая колонка);

– в открывшемся окне открытия файла нужно выбрать только что сохраненный из MeshLab файл модели в формате U3D;

- в окне подтверждения (рис. 3) нажать кнопку **ОК**;

– в окне просмотра PDF-файла появится искомая 3D-модель, которую остается только сохранить в файле PDF.

| Іослер      | цние файлы Все файлы | Выберите задачу                |
|-------------|----------------------|--------------------------------|
| 婱 Мой       | компьютер            | Создать PDF из файла           |
| Acrobat.com |                      | Редактировать PDF              |
|             |                      | 🔁 Создать форму                |
|             |                      | 🔂 Объединить файлы в PDF       |
|             |                      | Получить подпись на документах |



| Вставить 3D                            |                                     |    | ×             |
|--|-------------------------------------|----|---------------|
| <u>Ф</u> айл: D:\headcrab HL2\headcrab | classic.u3d                         |    | <u>О</u> бзор |
| Спра <u>в</u> ка                       | □ Показать дополнительные параметры | ОК | Отмена        |

Puc. 3

3. Теперь этот PDF-файл можно копировать, пересылать по e-mail и просматривать при помощи обычного **Acrobat Reader** (рис. 4). Только нужно не забыть «активизировать» 3D-отображение модели щелчком мыши на ней.



Puc. 4



## Природа Валаама







Фото: *Д.Ю. Усенков.* Перекрестные стереопары. Съемка стереофотоаппаратом Fujifilm FinePix REAL 3D W3. Конвертация в перекрестные стереопары: StereoPhotoMaker