

К теме выбора графических адаптеров для задач САПР наша редакция обращается довольно регулярно – см. статьи Ильи Гавриченко «Профессиональные видеокарты NVIDIA Quadro M6000, M5000, M4000 и M2000: обзор и тестирование» (*Observer* #5/2016), «Профессиональные видеокарты Sapphire AMD FirePro W7100, W5100 и W4100: обзор и тестирование» (#6/2015), «Обзор профессиональных видеокарт NVIDIA Quadro K5200, K4200 и K2200» (#7/2014) и др. Сегодня мы предлагаем вниманию читателей еще один материал этого автора. Статья печатается с сокращениями; полная версия доступна на сайте [www.fcenter.ru](http://www.fcenter.ru).

## Профессиональные видеокарты NVIDIA Quadro P6000 и P5000: обзор и тестирование

Илья Гавриченко ([gavric@xbtllabs.com](mailto:gavric@xbtllabs.com))



### Введение

Архитектура NVIDIA Pascal уже далеко не в новинку: первые продукты на ее основе в виде ускорителей вычислений Tesla и игровых видеокарт GeForce GTX тысячной серии появились на рынке весной 2016-го. И вполне закономерно, что со временем графические процессоры на

более современного поколения добрались и до линейки Quadro, которая объединяет ускорители для рабочих станций. Формально они были объявлены еще полгода назад, на конференции SIGGRAPH 2016, однако в реальности путь новых профессиональных графических решений на рынок оказался не таким быстрым из-за необходимости оптимизировать программное обеспечение и сертифицировать ускорители у разработчиков инженерных пакетов. В результате, реальное появление новых карт Quadro, построенных на GPU семейства Pascal, состоялось только теперь. А раз так, то самое время подробно познакомиться с теми возможностями, которые они предлагают.

Примерно полгода тому назад мы подробно тестировали всю линейку современных графических ускорителей Quadro, но самые свежие её представители тогда основывались на архитектуре Maxwell 2. Теперь же настало время посмотреть, насколько сильно шагнул прогресс в области профессиональной графики за самое последнее время.

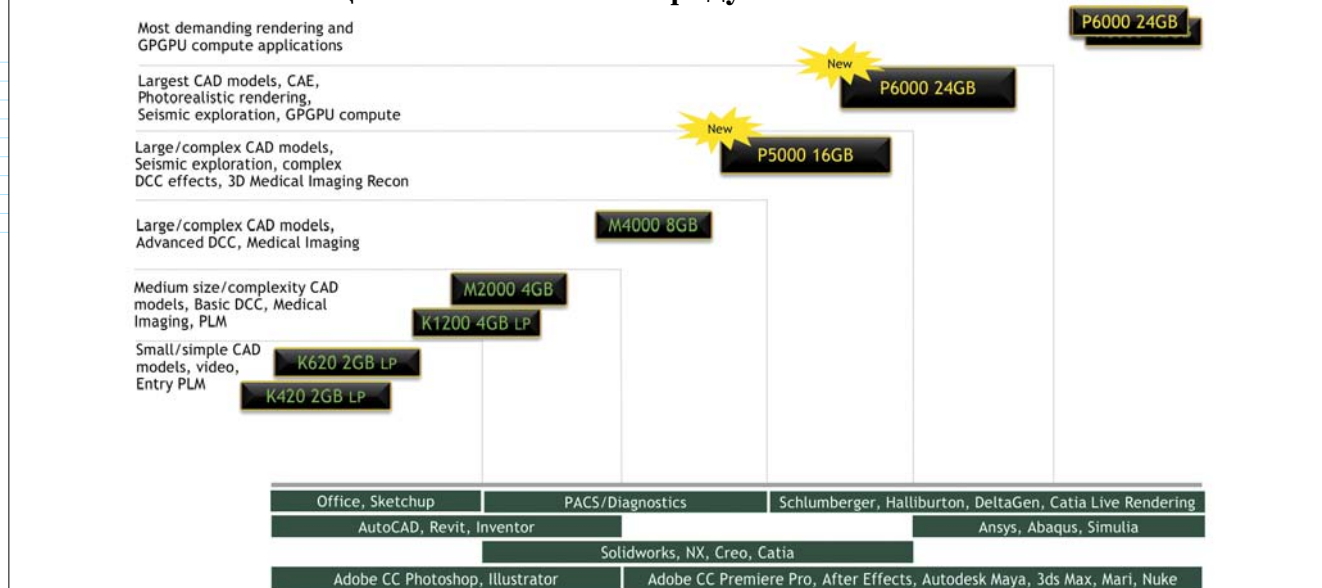
В отношении профессиональных графических решений компания NVIDIA старается выдерживать не слишком интенсивный график обновления флагманских продуктов. Новые версии высокопроизводительных видеокарт для рабочих станций выходят в среднем раз в два года. Но сказать, что кто-то сильно проигрывает от такого размеренного темпа, было бы совершенно неверно. Конечно, можно думать, что интенсивность смены лидеров в линейке Quadro не увеличивается из-за того, что NVIDIA смогла занять чуть ли не монопольное положение на рынке графических ускорителей для инженерного применения. И

скорее всего, такая аргументация тоже имеет какое-то значение. Но более важную роль здесь играет другой мотив: флагманские карты семейства Quadro – весьма дорогостоящие продукты, поэтому их покупатели нуждаются в защите инвестиций, и подталкивание к частой модернизации систем вряд ли пробудит у них лояльность. Поэтому нет ничего удивительного в том, что прошлый флагманский ускоритель Quadro M6000, который относится к поколению Maxwell 2, пришел на рынок в начале 2015 года, и с тех пор он неизменно оставался лучшим вариантом для пользователей систем 3D-моделирования. В начале 2016-го, в ответ на появление AMD FirePro W9100, его косметически обновили, добавив видеопамяти, но что-то принципиально лучшее для рабочих станций – новый ускоритель **Quadro P6000** – компания выпустила лишь сейчас.

Погоня за высокой производительностью в сфере профессиональных ускорителей постепенно утрачивает смысл и по другой причине. Дело в том, что нагрузка, которую создают CAD/CAM-системы в окнах проекции, не столь высока для того, чтобы ощущался недостаток быстродействия даже у видеокарт уровня ближе к среднему. Как показывают проводимые нами тестирования, оптимальную производительность в системах 3D-моделирования показывают ускорители класса Quadro M4000. Более мощные видеокарты могут понадобиться лишь при работе с очень сложными высокодетализованными моделями, которые



## Целевое назначение продуктов NVIDIA



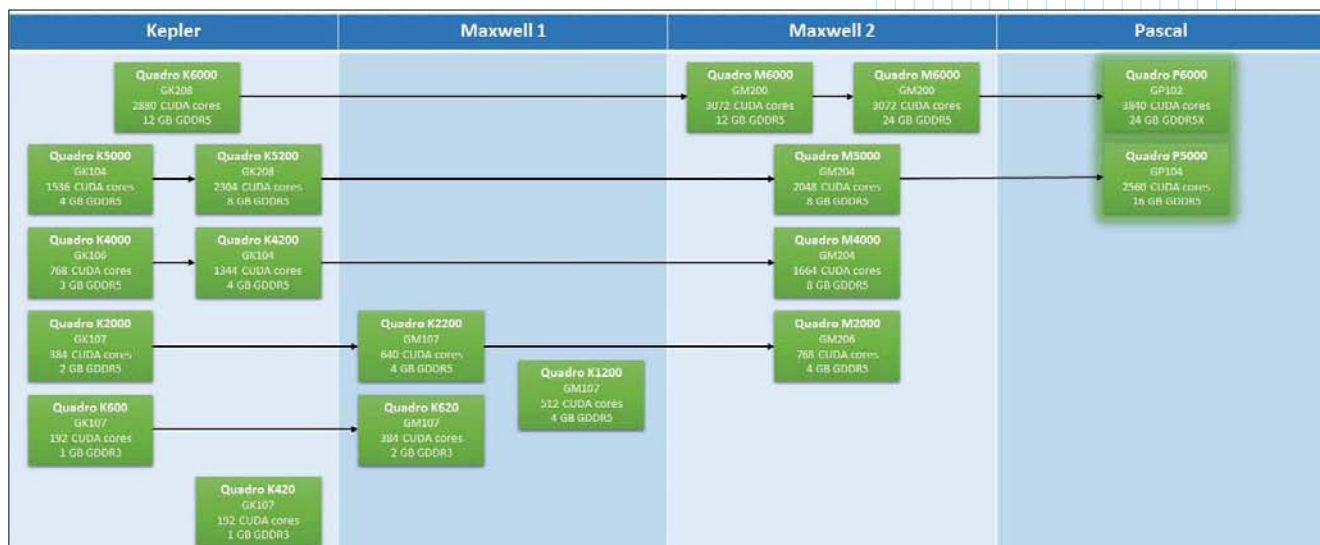
встречаются редко. И эта ситуация не меняется ни с выходом новых версий программных пакетов, ни с переходом на 4K-разрешение, ни с включением режима сглаживания линий. Рабочая среда CAD/CAM-систем порождает сравнительно простую графическую нагрузку, суть которой, фактически, сводится к элементарным геометрическим преобразованиям, наложению несложных текстур и использованию простых моделей освещенности. Ни о каких шейдерных операциях или какой-либо постобработке, естественно, речь почти никогда не идет. Поэтому многие инженеры попросту не имеют стимула к модернизации своих систем и к миграции на новые флагманские ускорители.

Тем не менее, с последней тенденцией компания NVIDIA борется достаточно эффективно, открывая для высокопроизводительных графических ускорителей серии Quadro, о которых сегодня пойдет речь, новые сферы применения. Сегодняшние Quadro – это уже не простое аппаратное средство для повышения

комфорта при работе в окнах проекции CAD/CAM-систем. Эти ускорители готовы взвалить на себя и задачи финального рендеринга, и численного моделирования, и даже создания и обработки мультимедийного контента. Иными словами, современные профессиональные ускорители Quadro – это уже не просто узкоспециализированные видеокарты. Сегодня они претендуют на то, чтобы стать куда более универсальными рабочими инструментами для инженеров, дизайнеров, специалистов по моделированию или монтажеров. Поэтому в нашем очередном тестировании мы, наряду с традиционной проверкой работы новинок в окнах проекции, коснемся и возможностей, открывающихся в других областях.

### Видеокарты NVIDIA Quadro P6000 и P5000 в подробностях

В то время как для игровых видеокарт компания NVIDIA старается проводить смену поколений



**Табл. 1. Технические характеристики карт Quadro разного уровня**

| Показатель                                     | Quadro P6000             | Quadro P5000             | Quadro M6000            | Quadro M5000            |
|------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Графическая архитектура                        | <i>Pascal</i>            | <i>Pascal</i>            | <i>Maxwell 2</i>        | <i>Maxwell 2</i>        |
| Графическое ядро                               | <i>G102</i>              | <i>G104</i>              | <i>GM200</i>            | <i>GM204</i>            |
| Технологический процесс GPU                    | <i>16 nm</i>             | <i>16 nm</i>             | <i>28 nm</i>            | <i>28 nm</i>            |
| CUDA-ядра                                      | 3840                     | 2560                     | 3072                    | 2048                    |
| Текстурные блоки                               | 240                      | 160                      | 192                     | 128                     |
| Количество ROP ( <i>Render Output Unit</i> )   | 96                       | 64                       | 96                      | 64                      |
| Базовая частота GPU                            | 1506 MHz                 | 1607 MHz                 | 988 MHz                 | 861 MHz                 |
| Частота в Boost-режиме                         | 1645 MHz                 | 1734 MHz                 | 1114 MHz                | 1038 MHz                |
| Производительность операций одинарной точности | 12.6 Tflops              | 8.9 Tflops               | 7.0 Tflops              | 4.3 Tflops              |
| Производительность операций двойной точности   | 395 Gflops               | 277 Gflops               | 219 Gflops              | 134 Gflops              |
| Частота и тип памяти                           | 9.0 GHz<br><i>GDDR5X</i> | 9.0 GHz<br><i>GDDR5X</i> | 6.6 GHz<br><i>GDDR5</i> | 6.6 GHz<br><i>GDDR5</i> |
| Шина памяти                                    | 384-bit                  | 256-bit                  | 384-bit                 | 256-bit                 |
| Пропускная способность памяти                  | 432 Gb/s                 | 288 Gb/s                 | 317 Gb/s                | 212 Gb/s                |
| Объем видеопамати                              | 24 Gb                    | 16 Gb                    | 24 Gb                   | 8 Gb                    |
| <i>Thermal Design Power (TDP)</i>              | 250 W                    | 180 W                    | 250 W                   | 150 W                   |

архитектуры во всех ценовых сегментах достаточно быстро, в отношении профессиональных ускорителей стратегия является противоположной. К данному моменту начались продажи только двух ускорителей серии *Quadro* на архитектуре *Pascal*: флагманской модели *P6000* и субфлагмана *P5000*; они приходят на смену *Quadro M6000* и *M5000*. Более дешевые профессиональные карты пока продолжают основываться на процессорах *Maxwell*, и такая ситуация сохранится еще как минимум пару месяцев. Хотя *NVIDIA* уже анонсировала младшие *Quadro* на базе *Pascal*, в продаже они пока не появились.

Причины такого подхода понятны. Переход с *Maxwell* на *Pascal* приносит очень заметный прирост производительности, поэтому внедрение нового GPU в ускорителях среднего уровня моментально “обесценит” видеокарты, которые еще совсем недавно было принято считать лучшими профессиональными ускорителями. С флагманами же проще: значительный прирост производительности в *P6000* и *P5000* лишь переводит *Quadro M6000* и *M5000* на более низкий уровень, но не делает их категорически устаревшими.

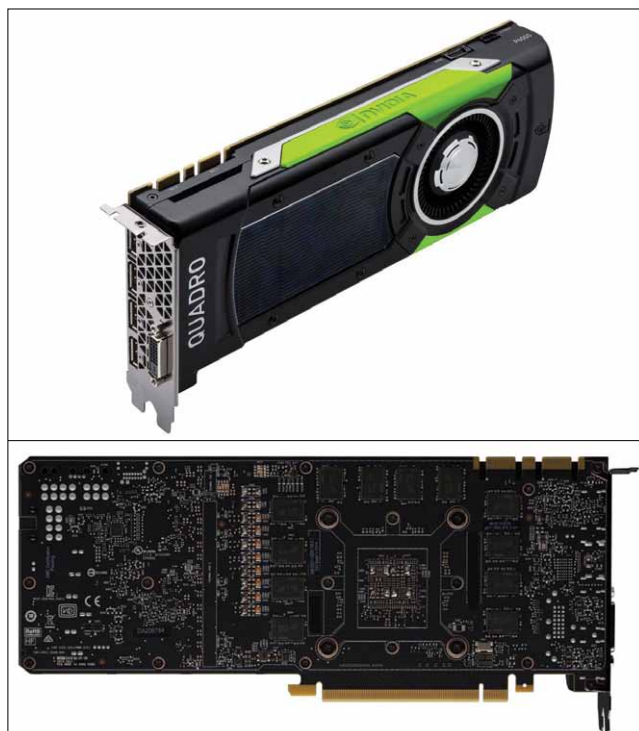
Оценить, насколько более высоким потенциалом обладают новинки, можно из табл. 1.

#### ✓ Новый флагман – *NVIDIA Quadro P6000*

Итак, самая быстрая на данный момент видеокарта для графических рабочих станций – это *Quadro P6000*. Она основывается на процессоре *GP102* – самом мощном варианте *Pascal* из всех чипов, ориентированных на работу с *GDDR5X*-памятью. Именно его, а не “суперкомпьютерный” *GP100*, следует считать прямым потомком процессора *GM200*, использовавшегося в *Quadro M6000*.

Неудивительно, что видеокарта *Quadro P6000*, по сравнению с прошлым флагманом, существенно нарастила вычислительную мощность: количество *CUDA*-ядер выросло на четверть.

Такое усиление сделало *Quadro P6000* самой быстродействующей видеокартой не только по меркам профессиональных решений: впервые решение из линейки *Quadro* оказалось мощнее *TITAN X*. Процессор *GP102* в *P6000* используется “по полной”, в нём активированы все 30 потоковых





мультипроцессоров, заложенных в архитектуре. Напомним, что *TITAN X* имеет лишь 28 активных мультипроцессоров, и по этой причине он несколько слабее профессионального флагмана.

Выигрышно смотрится *Quadro P6000* и в отношении памяти. Видеокарта несет на борту 24 Gb *GDDR5X SDRAM*; при достаточно консервативной эффективной частоте 9 мегатрансферов в секунду и 384-битной шине это дает суммарную пропускную способность на уровне 432 Gb/s. Объем памяти, по сравнению с обновленной версией *Quadro M6000*, остался тем же, зато её скорость заметно выросла. Причем, 24-гигабайтная версия *M6000* появилась на рынке сравнительно недавно, и число владельцев такой карты не столь уж велико. Более массовая вариация этой карты довольствовалась 12 Gb памяти, так что большинство владельцев мощных рабочих станций при переходе на *Quadro P6000* получит не только прирост показателей производительности, но и увеличенный объем памяти, что может оказаться полезным при работе с масштабными цифровыми проектами машин и механизмов. Как и раньше, поддерживается автоматическое исправление спонтанных ошибок в памяти (*Error Correcting Code* – *ECC*), причем, поскольку сами чипы *GDDR5X* коррекцию ошибок не поддерживают, это делает программная функция, активируемая на уровне драйвера.

Примечательно, что беспрецедентное быстрое действие нового профессионального флагмана сочетается с достаточно умеренными энергетическими аппетитами. Паспортное значение теплового пакета – 250W, что традиционно для карт такого уровня, а система охлаждения *Quadro P6000*, включающая закрытый металлическим кожухом радиатор и центробежный вентилятор, полностью позаимствована с *M6000*. Более того, карта *P6000* обходится единственным 8-контактным разъемом питания. Это несколько расходится со спецификациями (формально 8-контактный разъем рассчитан на 150W мощности, а через слот *PCIe x16* может подводиться до 75W), но проблем при реальном использовании видеокарты не наблюдается. Зато достигается полная обратная совместимость: заменить *Quadro M6000* в рабочей станции на *P6000* не составит никакого труда.

Поскольку *NVIDIA* заявляет, что расчетная производительность *Quadro P6000* на операциях 32-битной разрядности превышает 12 Tflops, можно сделать заключение о том, что в вычислительном плане новый флагман на 80% производительнее предшественника, тогда как превосходство в скорости растеризации составляет лишь порядка 48%. Преимущество *Quadro P6000* над *TITAN X* тоже впечатляет: игровой флагман дает пиковую *FP32*-производительность на уровне лишь 11 Tflops.

Правда, радужную картину с пиковым теоретическим быстродействием несколько омрачает скорость выполнения 16- и 64-битных операций. В каждом шейдерном мультипроцессоре чипа *GP102* на 128 *CUDA*-ядер для *FP32*-операций

приходится лишь 4 ядра для *FP64*. И это значит, что производительность *Quadro P6000* при работе с числами двойной точности соотносится со скоростью операций одинарной точности как 1:32. Никаких изменений по сравнению с *Quadro M6000* здесь нет, а это означает, что для 64-битных вычислений самой быстрой видеокартой серии *Quadro* остается старушка *Quadro K6000*. Не будет и ускорения операций половинной точности – *FP16*. Такие операции аппаратно поддерживает лишь одно из *CUDA*-ядер каждого шейдерного мультипроцессора, поэтому чип *GP102* выполняет их в 64 раза медленнее, чем *FP32*-инструкции. Таким образом, карты серии ***Quadro* плохо подходят для сложных физических расчетов** – это именно графический ускоритель, в котором поддержка *FP16* и *FP64* введена лишь для совместимости. Впрочем, не стоит забывать о специализированных ускорителях *Tesla P100*: именно они, а не *Quadro*, позиционируются компанией *NVIDIA* как актуальные решения для суперкомпьютерных применений, и у них со скоростью *FP16*- и *FP64*-операций всё в порядке.

#### ✓ Новый субфлагман – *NVIDIA Quadro P5000*

Вместе с флагманом *Quadro P6000* компания выпустила профессиональный графический ускоритель попроще – *Quadro P5000*, который выступает более массовой и дешевой его альтернативой. Актуальная стоимость *P6000* составляет примерно 5400 долларов, тогда как *P5000* можно приобрести за сумму порядка 2500 долларов. Однако столь радикальное отличие в цене возникло не на пустом месте. Флагманская видеокарта *P6000* на базе полностью разблокированного чипа *GP102* заметно превосходит *TITAN X*, в то время как *P5000* – всего лишь профессиональный аналог *GeForce GTX 1080*, основанный на более простом *GP104*.

Итак, в *Quadro P5000* используется полная версия графического процессора *GP104*, а значит, эта видеокарта может предложить 20 шейдерных мультипроцессоров или 2560 *CUDA*-ядер – на четверть больше, чем у *Quadro M5000*. Однако основной козырь – не в наращивании числа *CUDA*-ядер. Как и в случае с другими продуктами поколения *Pascal*, переход на 16-nm техпроцесс при производстве GPU позволил кардинально увеличить тактовые



частоты. И в результате по пиковой вычислительной мощности *Quadro P5000* обходит предыдущую карту этого же класса, *M5000*, более чем вдвое, а превосходство в скорости растеризации достигает 67%. Прогресс более чем впечатляющий – до этого в сфере графических ускорителей для рабочих станций мы такого роста скоростных показателей всего за одну итерацию развития архитектуры не встречали.

Заметно улучшилась в *Quadro P5000* и подсистема видеопамати: объем возрос до 16 Gb, а частота была доведена до тех же 9 мегатрансферов в секунду, что и у *P6000*. Естественно, это потребовало перехода на *GDDR5X*. Однако при этом используется лишь 256-битная шина, так что прирост пропускной способности памяти, по сравнению с *M5000*, получился не столь уж впечатляющим – всего лишь на уровне 36%. Тем не менее, переход с *M5000* на *P5000* наверняка впечатлит профессионалов, работающих с CAD/CAM-системами: суммарные улучшения в производительности отрицать невозможно.

Правда, попутно выросло и энергопотребление. Для *Quadro P5000* установлен 180-ваттный тепловой пакет, и для подключения дополнительного питания используется один 8-контактный разъем. По габаритам и конструкции системы охлаждения *P5000* похожа на *P6000*, но кожух выполнен не из металла, а из пластика, и лишен прозрачного окошка, открывающего вид на ребра радиатора.

Помимо серьезного прироста в производительности, обусловленного переводом на архитектуру *Pascal*, новые видеокарты *Quadro P6000* и *P5000* могут похвастать и набором новых функциональных возможностей.

Одно из самых важных нововведений – появление в картах семейства *Pascal* нового дисплейного контроллера. На первый взгляд, *P6000* и *P5000*, как и раньше, несут на себе один порт *DVI* и по четыре выхода *DisplayPort*, но теперь эти выходы соответствуют стандарту *DisplayPort 1.4*, который совместим с более высокими разрешениями и частотами кадровой развертки. Если к профессиональным картам прошлого поколения можно было подключить до четырех 4K-мониторов с частотой кадров 60 Hz, то *Quadro P6000* и *P5000* могут работать с четырьмя 60-герцовыми 5K-мониторами (5120 × 2880), с четырьмя 120-герцовыми 4K-мониторами или даже с перспективными 8K-мониторами (7680 × 4320) – например, с *UP3218K*, недавно анонсированным компанией *Dell*.

### ✓ **NVIDIA Quadro Sync II – новая плата для синхронизации изображений**

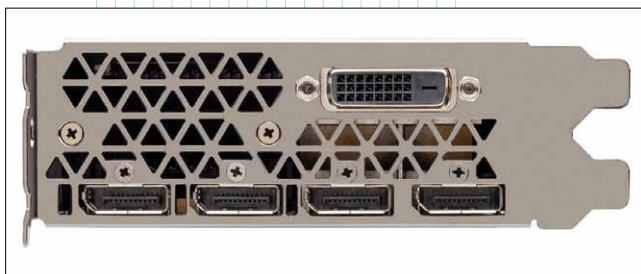
Развивая возможности по обслуживанию мультимониторных конфигураций, компания *NVIDIA* предложила для *P6000* и *P5000* новую плату *Quadro Sync*, необходимую для синхронизации изображений, выводимых несколькими установленными в одной системе профессиональными видеокартами. Плата *Quadro Sync II* может работать с вдвое большим числом видеокарт поколения *Pascal* – их теперь может быть до восьми. Если принять во внимание возможность подключения к каждой видеокарте до четырех мониторов, то получится, что технологии *NVIDIA* позволяют суммарно подсоединить к одной системе до 32-х синхронизированных мониторов, которые могут быть объединены в единое пространство при помощи программного обеспечения *NVIDIA Mosaic*.



### ✓ **Технология SMP**

В профессиональные карты семейства *Pascal* перекочевала и технология *Simultaneous Multi-Projection (SMP)*, которая позиционируется как шаг навстречу виртуальной реальности (VR). Она позволяет за один проход рассчитывать геометрию сразу нескольких проекций сцены из разных точек. Основное применение этой возможности в случае игровых карт относится к поддержке VR-очков. Но появление *SMP* в продуктах серии *Quadro* может сделать их весьма удобным инструментом и для обслуживания комнат виртуальной реальности (CAVE).

В итоге мы видим, что новые видеоускорители *Quadro P6000* и *P5000* ушли далеко вперед по сравнению со своими предшественниками. Обе новинки выглядят не как простое плановое обновление линейки – они серьезно повышают планку производительности и возможностей карт серии *Quadro* и, фактически, могут считаться революционным прорывом. По всем теоретическим показателям (кроме объема памяти) *P5000* выглядит даже лучше, чем *M6000*, а это значит, что профессиональным пользователям высокопроизводительных рабочих станций самое время задуматься о модернизации. Еще больше аргументов в её пользу мы представим в описании тестирования.



## Как мы тестировали

Тестирование профессиональных видеокарт мы выполняли, используя в качестве платформы рабочую станцию, основанную на 8-ядерном процессоре *Intel Core i7-6900K* с архитектурой *Broadwell-E*, работающем на частотах 3.2÷3.7 GHz. В состав тестовой платформы входили материнская плата на чипсете *Intel X99* и 32Gb скоростной четырехканальной памяти стандарта *DDR4-2666 SDRAM*.

Таким образом, было задействовано следующее оборудование:

- процессор *Intel Core i7-6900K (Broadwell-E, 8 ядер + HT, 3.2÷3.7 GHz, 20 Mb L3)*;
- процессорный кулер *Noctua NH-D15*;
- материнская плата *ASUS X99-Deluxe (LGA2011-v3, Intel X99)*;
- память 4 × 8 Gb *DDR4-2666 SDRAM, 15-15-15-35 (2 × Patriot Viper 4 PV416G300C6K)*;
- дисковая подсистема *Kingston HyperX Savage 480 Gb (SHSS37A/480G)*;
- блок питания *Corsair RM850i (80 Plus Gold, 850W)*.

Тестируемые видеокарты:

- *NVIDIA Quadro P6000*;
- *NVIDIA Quadro P5000*;
- *NVIDIA Quadro M6000 24 Gb*;
- *NVIDIA Quadro M5000*;
- *NVIDIA GeForce GTX 1080* (игровая видеокарта).

Тестирование проводилось в операционной среде *Windows 7 Professional SP1 x64* и *Windows 10 Enterprise Build 10240*.

Драйверы:

- *Intel Chipset Driver 10.1.2.80*;
- *Intel Management Engine Interface Driver 11.0.0.1172*;
- *Intel Turbo Boost Max Driver Version 1.0.1.9*;
- *NVIDIA Quadro Driver Release 376.62*.

Тестирование видеокарт происходило в разрешении 3840 × 2160 с отключенным параметром *Vsync*. Выбор 4K-разрешения обусловлен тем, что флагманские профессиональные видеокарты не могут раскрыть свой потенциал в FullHD-разрешении: производительность в этом случае ограничивается мощностью процессора, и результаты более быстродействующих карт не отличаются от показателей более слабых. Кроме того, 4K-мониторы стали негласным стандартом для высокопроизводительных рабочих станций, на которые и нацеливаются предложения класса *Quadro P6000* и *P5000*.

Для измерения производительности видеоускорителей при работе с пакетами *Autodesk 3ds max*, *Autodesk Maya*, *SOLIDWORKS* и *PTC Creo* использовались тесты, специально разработанные корпорацией *Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC)*. Скорость при работе с *AutoCAD* оценивалась с помощью теста *Cadalyst*

*Systems Benchmark*. Скорость рендеринга оценивалась с помощью доступных в Сети тестов и проектов. Кроме того, для оценки 3D-производительности мы применяли и популярные бенчмарки компании *Futuremark*.

## Производительность при работе с CAD/CAM-пакетами

### ✓ SPECviewperf 12.1

При тестировании профессиональных видеоускорителей первым делом мы всегда обращаемся к синтетическому тесту *SPECviewperf*, который за время своего существования занял место индустриального стандарта для первичной оценки производительности графических станций. Моделируя типовую нагрузку, этот тест показывает “чистую геометрическую” производительность ускорителей при работе через *OpenGL* и *DirectX*, которая определяется как аппаратными особенностями, так и качеством оптимизации драйверов. Принцип работы этого теста заключается в передаче графическому драйверу заранее сформированных трасс – последовательностей команд, задающих визуализацию сложных моделей, характерных для тех или иных профессиональных приложений.

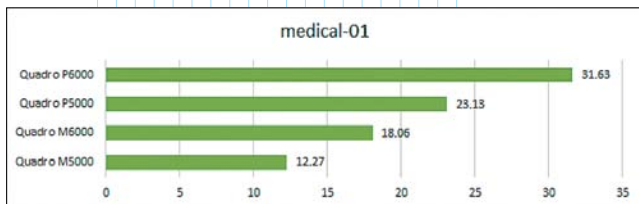
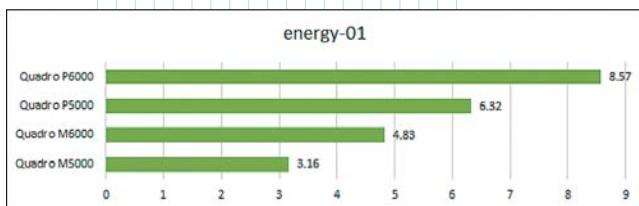
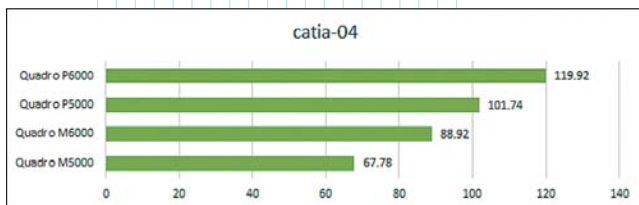
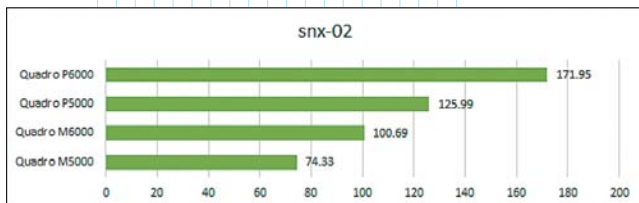
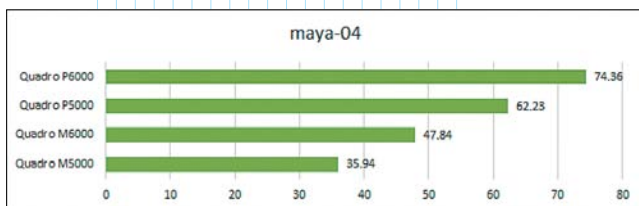
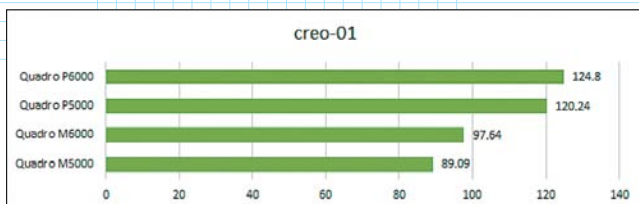
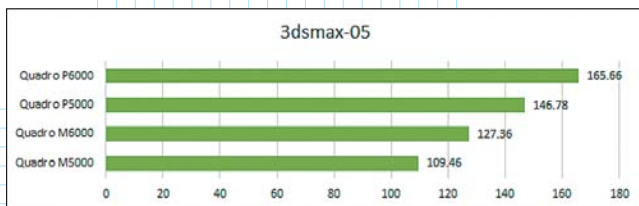
Встроенные скрипты используемой нами 12-й версии *SPECviewperf* моделируют деятельность пользователя в рабочих окнах следующих профессиональных приложений (в скобках приводятся названия соответствующих тестов): *Autodesk 3ds Max 2016 (3dsmax-05)*, *CATIA V6 R2012 (catia-04)*, *Creo 2 (creo-01)*, *Energy* – абстрактный программный пакет для геологоразведки месторождений нефти и газа (*energy-01*), *Maya 2013 (maya-04)*, *Medical* – проприетарное ПО для объемного рендеринга изображений, формируемых компьютерными томографами и МРТ-сканерами (*medical-01*), *Siemens NX 8.0 (snx-02)*, *SOLIDWORKS 2013 SP1 (sw-03)*.

Тест выполнялся в разрешении 3840 × 2160. Результатом является частота кадров при работе с теми или иными моделями.

Как мы видим, результаты, которые выдают в тестах *SPECviewperf* новые профессиональные видеокарты поколения *Pascal*, хорошо иллюстрируют тот значительный рывок в производительности, который произошел по сравнению с картами семейства *Maxwell 2*. Раньше, при очередной смене поколений, новый субфлагман всегда обеспечивал показатели на уровне флагмана прошлого поколения. Сегодня же картина совершенно иная: карта *Quadro M6000* оказывается повержена не только новым флагманом *P6000*, но и гораздо более дешевой новинкой – *P5000*. Таким образом, обладатели топовой профессиональной видеокарты поколения *Maxwell 2* могут перейти на *P5000* и получить примерно 20%-й прирост производительности.

Что же касается флагмана, то *Quadro P6000* дает такой уровень быстродействия, который ранее можно было получить лишь в системах,





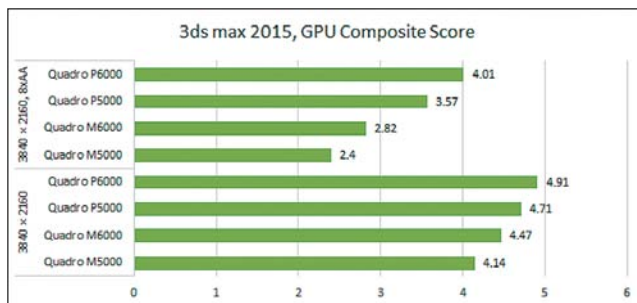
использующих как минимум пару высокопроизводительных видеоакселераторов. В некоторых тестах преимущество *P6000* над *M6000* может достигать 80%. В среднем же, *Quadro P6000* оказывается мощнее предшественника в полтора раза, что вполне объясняется изменением подхода *NVIDIA* к проектированию флагманских профессиональных видеоускорителей. Ведь сегодня старшая видеокарта *Quadro* – это самая быстрая видеокарта вообще, она базируется на самой полновесной версии старшего графического процессора *GP102* и превосходит даже *TITAN X*.

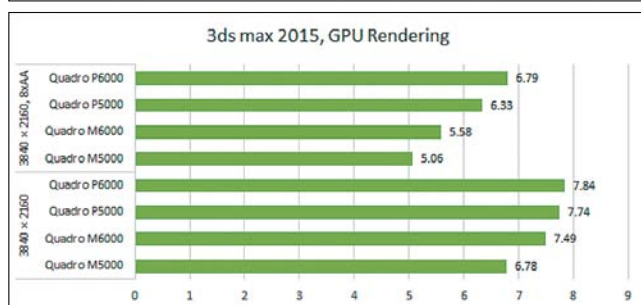
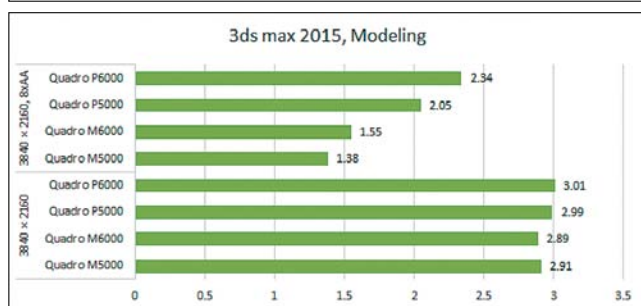
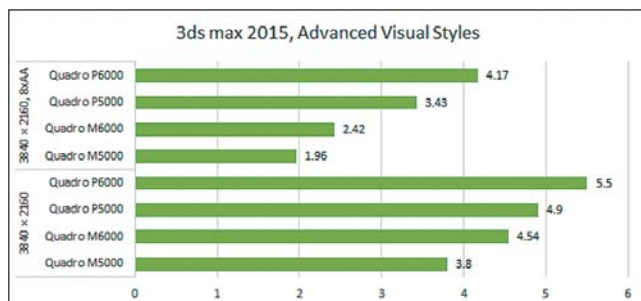
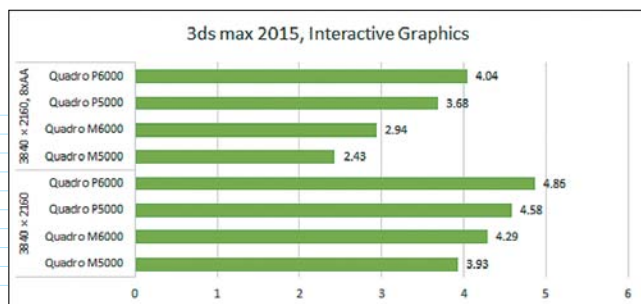
Впрочем, в полной мере опираться на результаты *SPECviewperf* при выборе графического ускорителя не стоит. Всё-таки этот бенчмарк имеет синтетическую природу, не учитывает нюансов конкретных приложений и почти не задействует сложные шейдерные эффекты, которые постепенно начинают использоваться для визуализации – в том числе и профессиональными пакетами. Поэтому большое внимание мы уделили исследованию производительности видеокарт при работе с реальными *3D*-приложениями.

### ✓ Autodesk 3ds Max 2015

Тестирование в одном из популярнейших пакетов трехмерного моделирования мы выполняли при помощи теста *SPEC*, который объединяет в себе 48 различных подтестов, направленных на комплексные измерения скорости моделирования, интерактивной графики и визуальных эффектов. Используемая нами версия работает с *3ds Max 2015 SP4*. Это достаточно свежая версия пакета, а значит, в тесте задействуются новые шейдеры *DirectX 11*, векторные карты, новый движок визуализации окон проекции *Nitrous* и многие другие современные динамические и визуальные эффекты.

Тесты проводились в разрешении  $3840 \times 2160$  – без сглаживания и со сглаживанием  $8x$ . От тестирования флагманских видеокарт в разрешении *FullHD* мы отказались, поскольку в этом случае четверка испытуемых выдает практически одинаковые результаты. Зато в *4K*-режиме, который уже фактически стал отраслевым стандартом для инженеров, выгода от применения более новых ускорителей видна очень хорошо. Здесь мы вновь можем наблюдать подавляющее преимущество архитектуры *Pascal*, которое даже *Quadro P5000* делает более быстрой картой по сравнению с

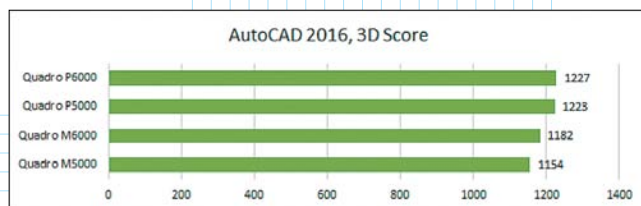




*Quadro M6000*. Что же касается *P6000*, то в особенно тяжелых графических режимах с полноэкранным сглаживанием она способна обеспечить 40%-е превосходство над *M6000* по скорости работы в окнах проекции.

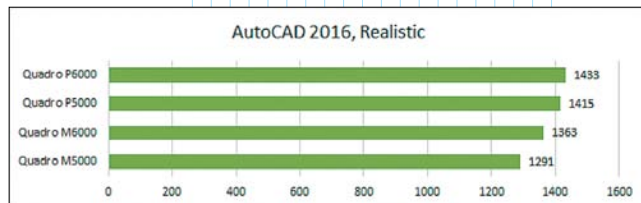
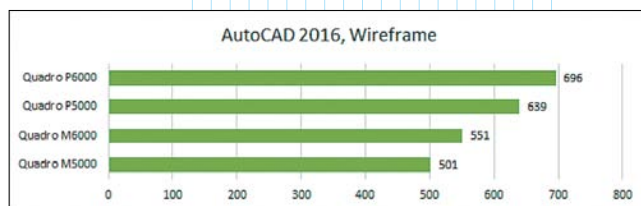
### ✓ **AutoCAD 2016**

Еще одно популярное приложение для 3D-проектирования, работающее через интерфейс *DirectX* – это *AutoCAD*. Нагрузка на ускорители, создаваемая этим пакетом, не слишком велика, и с ней прекрасно справляются даже игровые видеокарты. Тем не менее, разница в производительности решений разного уровня вполне заметна и особенно отчетливо проявляется в 4K-разрешении. Для оценки производительности мы использовали тест *Cadalyst Systems Benchmark*.



Впрочем, говорить об острой необходимости брать для *AutoCAD* высокопроизводительные профессиональные ускорители мы бы не стали. На диаграмме видно, что разница в интегральной производительности флагманских профессиональных карт разных поколений не выходит за пределы 10%. Наши предыдущие тестирования показали, что сравнимый уровень быстродействия вполне способны обеспечить и видеокарты среднего уровня – например, *Quadro M4000*. Иными словами, *AutoCAD* скорее следует отнести к числу приложений, которые не могут раскрыть потенциал, заложенный в профессиональные ускорители поколения *Pascal*.

Более того, если проанализировать производительность в различных режимах отображения 3D-моделей, то выяснится, что какие-то отличия в скорости работы новых и старых *Quadro* заметны только в каркасном и реалистичном режимах. Включение же визуальных стилей *Hidden* или *Conceptual* приводит к тому, что быстродействие ограничивается процессором, и любая из участвующих в тесте видеокарт обеспечивает идентичную скорость вращения и модификации тестовых 3D-моделей.

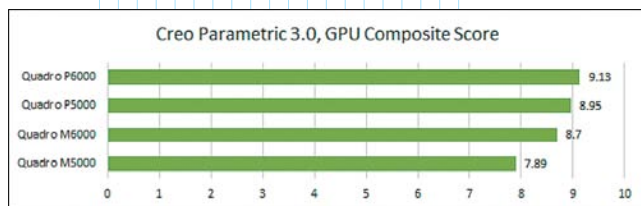


Ситуация с режимами *Wireframe* и *Realistic* показана на диаграммах. Каркасный режим оказался наиболее ресурсоемким, и в нём карты *P6000* и *P5000* обеспечивают заметный прирост в скорости по сравнению с предшественниками семейства *Maxwell*. В целом же, несмотря на то, что карты *Quadro* одного класса, но разных поколений обладают одинаковым количеством блоков растеризации и текстурирования, мы вновь наблюдаем подавляющее преимущество новинок – в данном случае оно обуславливается высокими рабочими частотами.



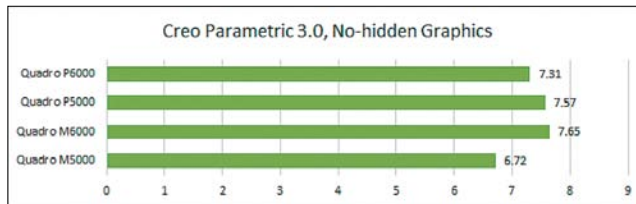
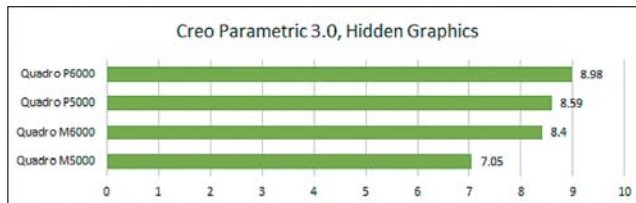
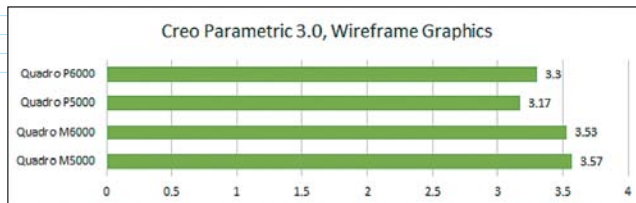
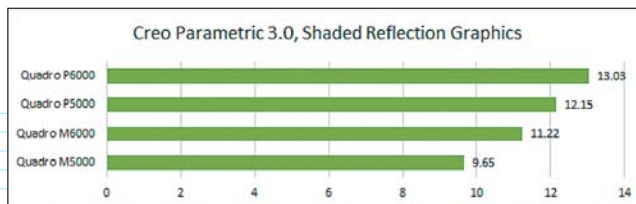
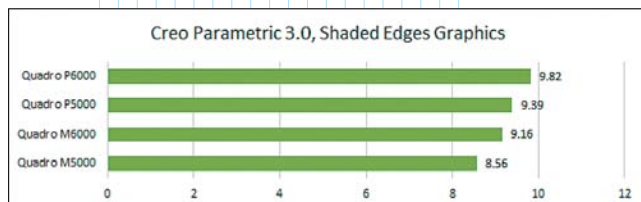
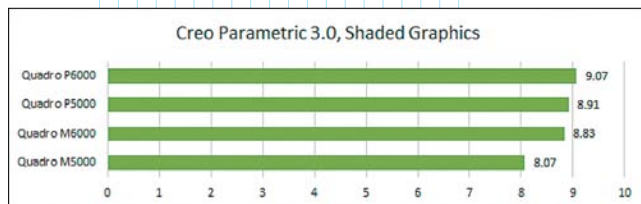
### ✓ PTC Creo Parametric 3.0

Система автоматизированного проектирования *Creo* – очень популярный инженерный инструмент, являющийся наследником пакета *Pro/ENGINEER*. Бенчмарк *SPEC* оперирует несколькими различными моделями, которые раскрывают разные аспекты производительности пакета *Creo*, в том числе и новые возможности, введенные в 3-й версии. Например, тест активирует порядко-независимую модель прозрачности поверхностей (*Order Independent Transparency*), методику *SSAO* (преграждение окружающего света в экранном пространстве), задействует усовершенствованные материалы и рельефное текстурирование. Тесты проводились в разрешении 3840 × 2160.



Несмотря на то, что производительность была измерена в разрешении 4K, карты *Quadro P6000* и *P5000* обеспечили не слишком весомую прибавку в скорости по сравнению с предыдущим поколением. Очевидно, быстродействие современных флагманских графических карт для инженерного применения возросло столь существенно, что во многих случаях оно стало даже избыточным, и поэтому прирост производительности от внедрения архитектуры *Pascal* не всегда оказывается заметен на практике. Впрочем, отрицать тот факт, что новый субфлагман *Quadro P5000* работает явно быстрее, чем *Quadro M6000*, невозможно.

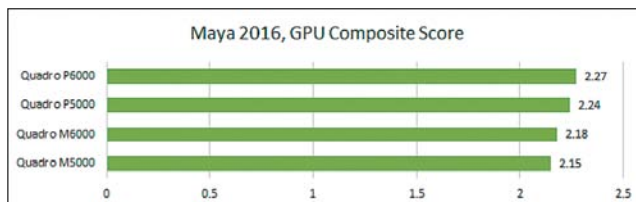
Кроме того, не стоит забывать, что различные режимы отображения моделей в окнах проекции создают разнородную нагрузку, и в каких-то случаях более мощные профессиональные ускорители могут сыграть куда более значимую роль, чем показано на диаграмме с интегральным результатом тестирования. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим производительность новых карт при работе в *Creo Parametric 3.0* более подробно.



Как мы видим из диаграмм, сильнее всего преимущество видеокарт нового поколения проявляется при включении сложных реалистичных визуальных эффектов: затенения и отражений. Определенную нагрузку создает и удаление невидимых линий. В этих случаях старшие карты линейки *Quadro* последнего поколения предложат наилучший уровень быстродействия.

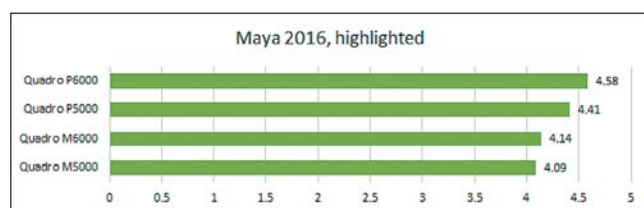
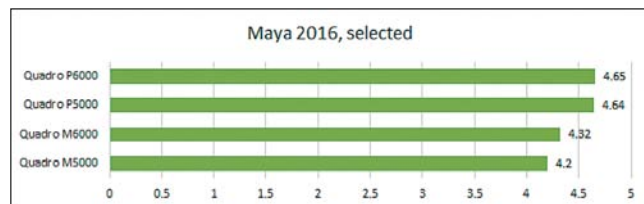
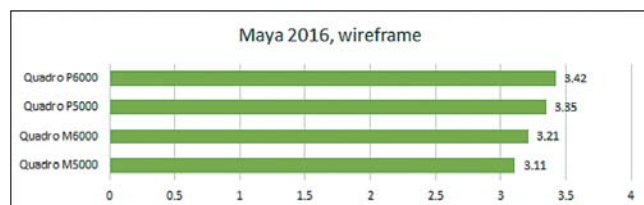
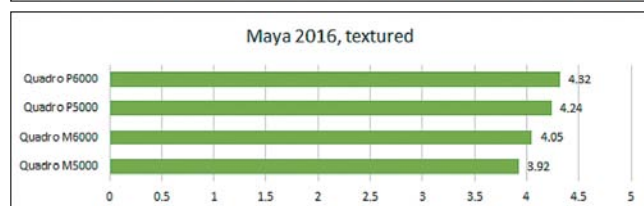
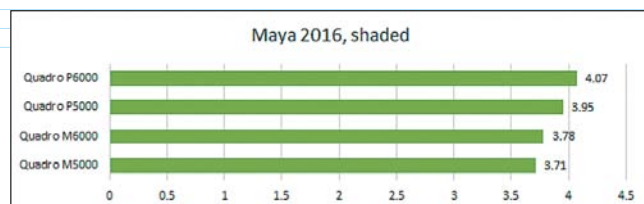
### ✓ Autodesk Maya 2016

Популярный редактор трехмерной графики *Maya 2016* – хороший пример профессионального приложения, использующего интерфейс *OpenGL*. Графический движок *Viewport 2.0* в последней версии *Maya* был переведен на современную версию – *OpenGL 4.x*. Именно поэтому для работы с *Maya* стало важным применять современные профессиональные видеокарты, драйверы которых полноценно поддерживают этот *API*. Для тестирования производительности мы воспользовались бенчмарком *SPEC*, который был адаптирован к современной версии *Maya* и 4K-разрешению.



Относительная производительность карт *Quadro* разных поколений различается не слишком сильно, но новый субфлагман *P5000* и здесь предлагает лучшую по сравнению с *M6000* производительность.

Более подробно раскрывают ситуацию диаграммы для режимов *Shaded*, *Wireframe*, *Highlighted*, *Textured*, *Selected*.



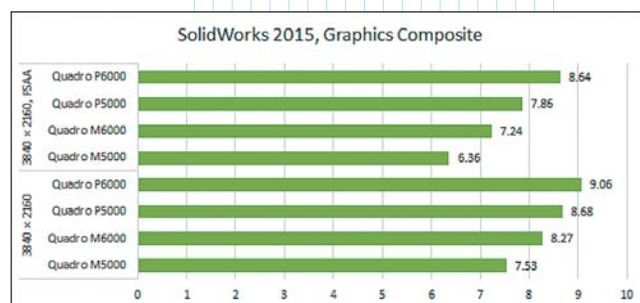
Относительная скорость протестированных акселераторов выглядит одинаково при любых режимах отображения. Две новые версии карт *Quadro* заметно увеличили производительность по сравнению с предшественницами, и 2500-долларовая *P5000* оказалась более быстрой, чем *M6000*, которая всё еще продается в магазинах по цене выше \$3000.

### ✓ **SOLIDWORKS 2015**

Распространенный программный комплекс *SOLIDWORKS* применяется для автоматизации труда инженеров на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Бенчмарк

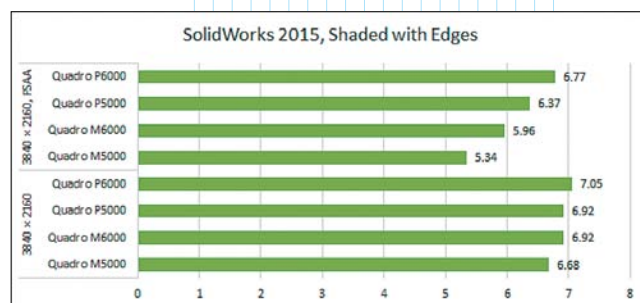
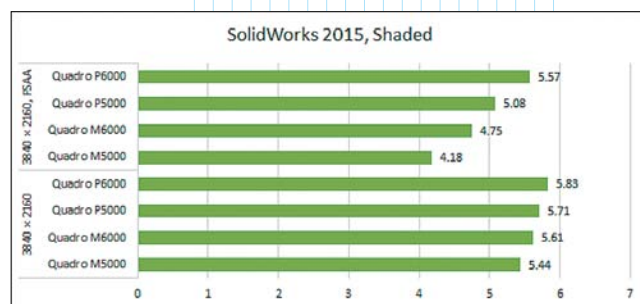
*SPEC* для этого пакета использует объемные модели (до 4.75 миллионов треугольников) и три новых эффекта при отображении – *RealView*, *Ambient Occlusion* и *Shadows* – в сочетании с базовыми стилями: с затенением и с затенением с видимыми кромками. Кроме того, в тесте задействованы полноэкранное сглаживание и порядко-независимая прозрачность.

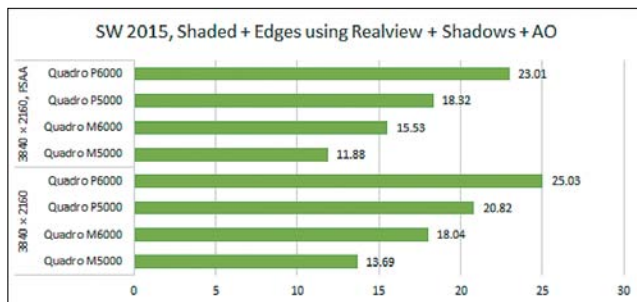
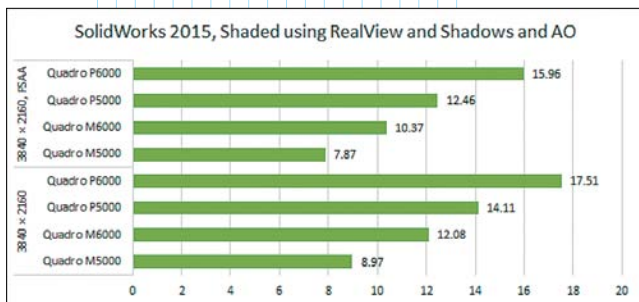
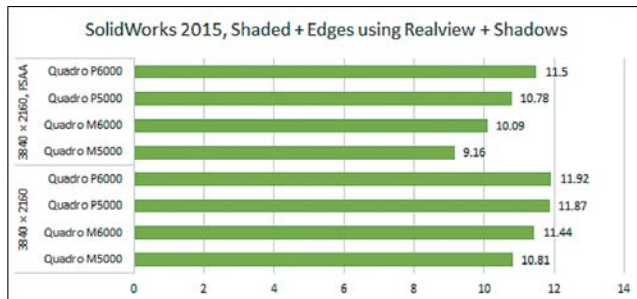
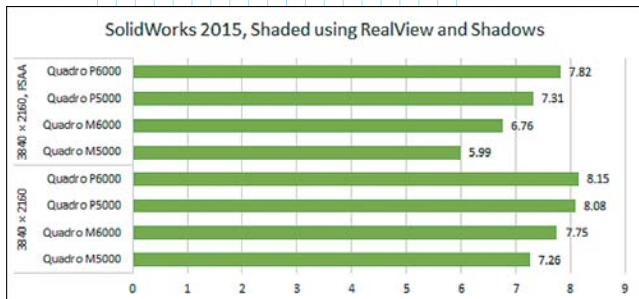
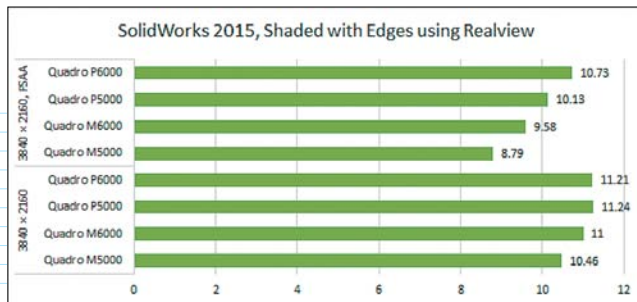
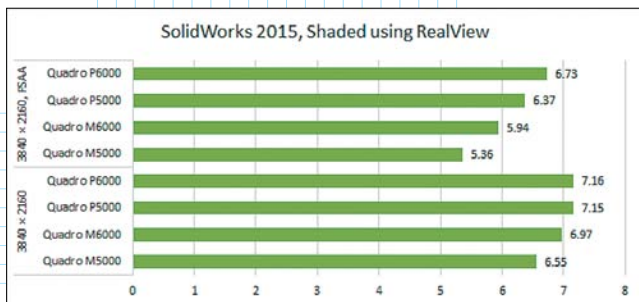
Тесты проводились в разрешении 3840 × 2160 – с полноэкранным сглаживанием и без него.



При работе в *SOLIDWORKS 2015* преимущество новых видеокарт с архитектурой *Pascal* проявляется серьезнее, чем во многих других случаях. Очевидно, что поддержка сложных визуальных стилей в этой САПР требует соответствующей поддержки со стороны аппаратного обеспечения. И новые видеокарты *Quadro P6000* и *P5000* могут её предоставить. Даже если ориентироваться на режим без полноэкранного сглаживания, то преимущество профессиональных видеокарт семейства *Pascal* над “одноклассниками” семейства *Maxwell 2* доходит до 10%.

Однако в сложных режимах отображения 3D-моделей разница может оказаться гораздо сильнее. К примеру, очень серьезную нагрузку создаст включение модели затенения *Ambient Occlusion* (AO).





Таким образом, если вы хотите построить для себя наиболее комфортную среду проектирования в *SOLIDWORKS*, то современный профессиональный ускоритель должен стать одной из важнейших составляющих рабочей станции. Причем, два последних графика показывают, что вложения в этот компонент окупают себя на все сто процентов.

## Производительность финального рендеринга

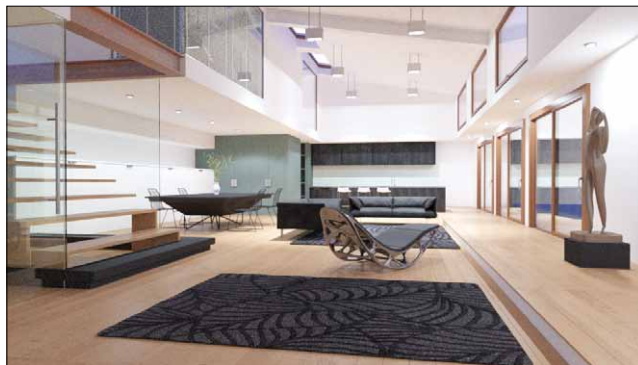
Современные профессиональные графические карты строятся на мощных *GPU*, обладающих изрядными вычислительными ресурсами в виде массива потоковых процессоров, поэтому серия *Quadro* вполне применима и для финального рендеринга. Большинство программ-рендеров опирается на 32-битные вычисления, а значит, профессиональные видеоускорители могут стать хорошим средством для быстрого и точного рендеринга 3D-моделей, благо поддержку *CUDA* или *OpenCL* сегодня обеспечивают многие популярные системы визуализации. Всё это делает карты *Quadro* не просто графическими ускорителями в традиционном понимании, а многофункциональными комбайнами, способными не только сделать комфортным процесс построения 3D-моделей, но и обеспечить высокую скорость при их финальном расчете и визуализации.

## ✓ Рендер *IRay* от *NVIDIA*

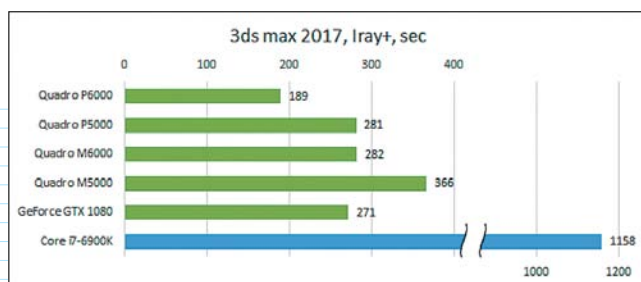
Говоря о производительности при рендеринге, в первую очередь следует вспомнить об *IRay* – физически корректном рендере компании *NVIDIA*, который она предлагает для *3ds Max* и *Maya*, а также для *Cinema 4D*. Неудивительно, что *IRay* имеет глубокую оптимизацию для карт с *CUDA* и прекрасно ускоряется видеокартами серии *Quadro*.

Оценка скорости рендеринга выполнялась в *3ds Max 2017* с *IRay 1.3.0-117513*. Тестовая сцена составлена из 494 объектов и включает 18 источников света. При построении финального изображения в разрешении 1024 × 579 делается 1000 итераций.

Рендеринг в *NVIDIA Iray* силами видеокарт работает гораздо быстрее, чем на 8-ядерном *CPU*.







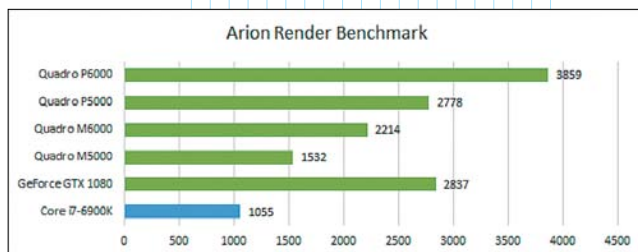
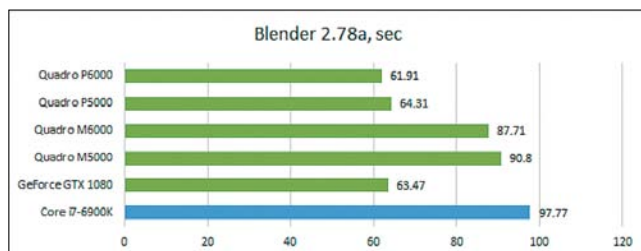
Хорошо заметно и превосходство карт поколения *Pascal* над предшественниками. Представленные результаты говорят сами за себя, однако нужно добавить, что высокая скорость обработки, которую обеспечивают *NVIDIA P6000* и *P5000*, позволяет с удобством использовать их даже в режиме интерактивного рендеринга.

### ✓ Blender

Возможность рендеринга силами видеокарт с поддержкой *CUDA* и *OpenCL* заложена и в популярном пакете трехмерной графики *Blender 2.78a*. Для тестов мы воспользовались стандартной сценой *Blender Cycles Benchmark*, которая визуализировалась в разрешении  $1920 \times 1080$ . Здесь разрыв с 8-ядерным процессором получился не столь значительным. Однако прирост в вычислительной производительности, вызванный переходом *GPU* на архитектуру *Pascal*, отрицать невозможно: преимущество новых карт над предшественниками доходит до полуторакратного размера.

Для оценки производительности визуализации методом трассировки лучей с использованием рендерера *Arion* мы привлекли специальный тест *RandomControl Arion Render Benchmark*.

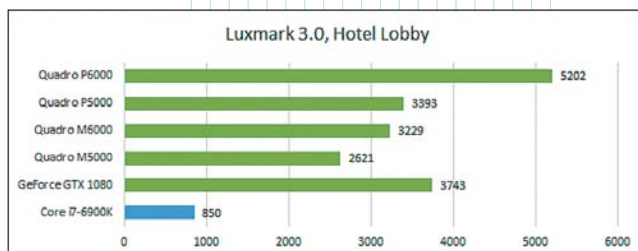
Преимущество новых *Quadro* вновь впечатляет. Благодаря увеличению числа *CUDA*-процессоров и росту тактовых частот, профессиональные карты



поколения *Pascal* получили не только впечатляющие характеристики пиковой производительности – это отразилось и на производительности в реальных задачах. Ярким примером здесь может служить почти двукратный рост скорости рендеринга методом трассировки лучей.

### ✓ LuxRender

Попробовали мы и *LuxRender* – другой движок для построения фотореалистичных изображений методом трассировки лучей, задействующий мощности графических карт через универсальный программный интерфейс *OpenCL*. При помощи специальных алгоритмов *LuxRender* имитирует



распространение света в реальных условиях; существуют версии этого движка для различного специализированного ПО: *Blender*, *3ds Max*, *SketchUp*, *C4D*, *XSI*, *Poser* и др.

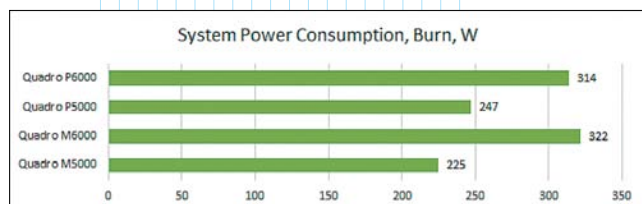
Чтобы измерить скорость работы, мы воспользовались тестовым приложением *LuxMark 3.1* и сценой высокой сложности *Hotel Lobby*.

Преимущество графической архитектуры *Pascal* хорошо видно и здесь. *Quadro P5000* выполняет рендеринг заметно быстрее, чем *Quadro M6000*, а превосходство над 8-ядерным процессором *Core i7-6900K* достигает многократного размера. Что же касается *Quadro P6000*, то эта видеокарта-рекордсмен может похвастать результатом, вдвое превосходящим показатель *Quadro M6000*, что в очередной подчеркивает значительный прогресс, вызванный внедрением архитектуры *Pascal*.

## Энергопотребление

Новые GPU поколения *Pascal*, по сравнению с *Maxwell 2*, получили больше потоковых процессоров и гораздо более высокие рабочие частоты. Однако тепловой пакет у *Quadro P6000* остался на том же уровне, что был у *M6000*, а карта *P5000* по паспортным спецификациям лишь на 20% прожорливее предшественницы. *NVIDIA* утверждает, что обойтись без существенных изменений в тепловыделении и энергопотреблении позволил переход на технологию *16 nm*, серьезно повысивший энергоэффективность. В теории всё это должно обеспечить бесперебойную модернизацию рабочих станций, причем переход на новые *Quadro* не должен требовать замены корпусов, систем охлаждения или блоков питания.

Для проверки давайте взглянем на фактический уровень энергопотребления полных систем (без монитора), оснащенных разными профессиональными видеокартами. Используемый нами в тестовой системе новый цифровой блок питания *Corsair RM850i* позволяет осуществлять мониторинг потребляемой и выдаваемой электрической мощности. На графике показано полное энергопотребление тестируемых систем, измеренное “после” блока питания и представляющее собой сумму потребления всех задействованных компонентов. КПД самого блока питания в данном случае не учитывается. Нагрузка для определения пикового потребления создавалась тестом *FurMark 1.18.2*, запущенным в режиме “Burn” в окне с разрешением 1280×720. Такой вариант нагрузки хорош тем, что он, как и большинство профессиональных приложений, использует *API OpenGL*.



Полученные на практике значения энергопотребления видеокарт под нагрузкой **полностью соответствуют заявленным характеристикам**. Карта *Quadro P6000* оказалась не прожорливее прежнего флагмана, *M6000*, а у *P5000* потребление лишь на 20 с небольшим ватт выше, чем у предшественницы. Таким образом, энергоэффективность профессиональных ускорителей поколения *Pascal* действительно вышла на новый уровень, и прирост производительности произошел без заметного роста энергетических appetitov.

Кроме того, во время тестирования новых *Quadro* под нагрузкой в *FurMark* мы убедились в хорошей производительности примененных на картах систем охлаждения. У *Quadro P6000* предельная температура графического процессора не превышала 84 градуса, а у *Quadro P5000* максимальный нагрев GPU составил 81 градус. В случае выхода за пределы этих целевых температур видеокарты немного снижают частоту GPU. В обоих случаях центробежный вентилятор в системах охлаждения не разогнался свыше 2500 об/мин, что примерно соответствует 60% от его максимальной скорости. В таких условиях он работает с достаточно небольшим уровнем шума и не выходит за границы акустического комфорта.

## Выводы

Архитектура *Pascal* стала огромным шагом вперед для ускорителей всех классов. Переход на технологический процесс *16 nm* позволил компании *NVIDIA* не только нарастить вычислительные мощности за счет добавления в графические процессоры дополнительных CUDA-ядер, но и серьезно поднять тактовые частоты. Внедрение же новой спецификации – *GDDR5X* с *16n*-предвыборкой данных – увеличило пропускную способность памяти. В итоге видеокарты, построенные на GPU поколения *Pascal*, с точки зрения производительности заметно превосходят своих предшественников.

Исключением не стали и профессиональные ускорители для высокопроизводительных рабочих станций. Компания пока представила лишь две старшие карты линейки *Quadro* нового поколения, *Quadro P6000* и *P5000*, но по их характеристикам совершенно понятно, что приход архитектуры *Pascal* знаменует не очередное эволюционное обновление линейки, а **настоящий революционный прорыв**. Благодаря переводу видеоускорителей *Quadro* на новые графические процессоры и более быструю *GDDR5X*-память, компания *NVIDIA* нарастила вычислительный потенциал значительно серьезнее, чем это случалось раньше. Плюс, компания сделала еще два важных шага. Во-первых, она нарастила объемы видеопамати, наделив новые профессиональные видеокарты способностью работать в высочайших разрешениях и со сверхсложными моделями. Во-вторых, компания поменяла и общий подход к характеристикам *Quadro*: теперь в этой серии будут доступны не просто

быстродействующие и оптимизированные для профессионального применения решения, а видеокарты с максимально возможной на данный момент производительностью. Отличный пример реализации такой стратегии – карта *Quadro P6000*: она теперь не просто занимает место самого мощного профессионального видеоускорителя с оптимизированными для CAD/CAM-систем драйверами, но еще и является самой быстрой видеокартой вообще.

Всё это находит отражение и в том уровне производительности, который демонстрируют протестированные новинки в своих типичных применениях: в системах 3D-моделирования. Превосходство *Quadro P6000* и *P5000* над решениями поколения *Maxwell 2* во многих случаях доходит до полутора- или даже двукратного размера. В результате даже новый субфлагман – *Quadro P5000* – работает заметно быстрее старшей видеокарты прошлого поколения – *M6000*.

Столь серьезный прогресс в быстродействии делает новые карты линейки *Quadro Px000* не просто отличным выбором для современных рабочих станций. Откровенно говоря, прошлое поколение – *Quadro Mx000* – тоже отлично справлялось с ускорением отображения 3D-моделей

в CAD/CAM-системах даже в разрешениях 4K. **Новые карты Quadro претендуют на большее:** они вполне могут занять место многофункциональных комбайнов для профессионалов. Ведь помимо обеспечения комфортной рабочей среды они способны предоставить и значительные вычислительные ресурсы, которые нетрудно задействовать для финальной визуализации и рендеринга готовых проектов. Иными словами, оснащенная картой семейства *Quadro Px000* рабочая станция способна стать для 3D-дизайнера или инженера-проектировщика полностью универсальным рабочим инструментом.

К сказанному нужно добавить, что высочайшая производительность видеокарт *Quadro P6000* и *P5000* – это далеко не лишний задел на ближайшее будущее. Мощностей этих решений наверняка хватит для ускорения работы при перспективном переходе к сверхвысоким разрешениям (5K и 8K), а также для работы с набирающими популярность системами виртуальной реальности, специально для которых в новинках предусмотрена аппаратная поддержка. 🧐

*Официальным производителем профессиональных видеокарт NVIDIA Quadro и их поставщиком в Россию является компания PNY Technologies.*

#### ◆ Новинки технической литературы ◆

## Новая версия – новые возможности!

**ав**  
сапр  
от а до я



Объем: 124 стр.

Цена: 249 руб.

*уже в продаже!*

В книге освещается автоматизированное проектирование в системе Autodesk Inventor по курсу инженерной графики – построение электронных геометрических моделей и выполнение электронных чертежей деталей. Моделирование начинается с построения плоских контуров. Рассмотрено построение электронных геометрических моделей, выполнение чертежей сначала простых геометрических тел, затем деталей типа «тела вращения» и «не тела вращения». Большое число иллюстраций и подробное изложение материала позволяют использовать книгу для самообучения.

Учебное пособие подготовлено на основе опыта преподавания дисциплины «Компьютерная графика» на кафедре «Инженерная графика» МГТУ им. Н. Э. Баумана и с учетом требований государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

**Рекомендовано УМО РAE по классическому университетскому и техническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений**

**Заказ книг: [dmkpress@gmail.com](mailto:dmkpress@gmail.com), [www.dmk.ru](http://www.dmk.ru)**

**ДМК**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО