

К теме выбора графических адаптеров для задач САПР наш редакция обращается довольно регулярно – см. статьи Ильи Гавриченко “Профессиональные видеокарты Sapphire AMD FirePro W7100, W5100 и W4100: обзор и тестирование” (*Observer* #6/2015), “Обзор профессиональных видеокарт NVIDIA Quadro K5200, K4200 и K2200” (*Observer* #7/2014), “Профессиональная видеокарта AMD FirePro W9100 для CAD/CAM/CAE-приложений” (*Observer* #6/2014) и др. Сегодня мы предлагаем вниманию читателей еще один материал этого автора. Статья печатается с небольшими сокращениями; полная версия доступна на сайте www.fcenter.ru.

Профессиональные видеокарты NVIDIA Quadro M6000, M5000, M4000 и M2000: обзор и тестирование

Илья Гавриченко (gavric@xbitlabs.com)



Введение

Наша лаборатория традиционно старается следить не только за рынком игровых видеокарт, но и за профессиональными графическими ускорителями серий AMD FirePro и NVIDIA Quadro, предназначенными для работы с пакетами трехмерного геометрического моделирования. И мы вынуждены констатировать, что в последнее время прогресс в этой сфере несколько замедлился. Если игровые решения продолжают обновляться с завидной регулярностью, то в отношении профессиональных ускорителей оба разработчика внедрять новые архитектуры совсем не торопятся. Компания AMD до сих пор продолжает продвигать свои видеокарты FirePro поколения Sea Islands, представленные еще в 2014 году. Компания NVIDIA хотя и обновляет видеокарты серии Quadro, делает это очень размеренно, не выводя новую линейку Quadro целиком, а время от времени заменяя в ней по одной-две видеокарты. В итоге мы в любом случае приходим к заметному удлинению жизненного цикла графических решений для рабочих станций.

Впрочем, есть у нас всё же о чём рассказать. С момента нашего прошлого изучения линейки Quadro прошло уже почти два года (см. *Observer* #7/2014. – Прим. ред.), и к настоящему моменту NVIDIA всё же смогла осуществить полный перевод таких видеокарт верхнего и среднего ценового диапазона на архитектуру Maxwell 2. И пусть этот процесс занял немало времени, но зато сегодня в любой ценовой категории выше \$400 можно найти свою Quadro, модельный номер которой начинается с литеры “M” – именно она указывает на то, что перед нами представитель поколения Maxwell 2.

Видеоускорители, основанные на архитектуре Maxwell 2, кому-то могут показаться не такими уж современными. Действительно, на рынке геймерских видеокарт компания уже начала продвигать свою следующую архитектуру – Pascal. Однако нужно понимать, что приход Pascal в видеокарты для ускорения графики в CAD/CAM/CAE-системах – дело далеко не ближайшего будущего. Прежде чем мы получим в свое

распоряжение решения серии Quadro, базирующиеся на следующей за Maxwell 2 архитектуре, разработчики профессиональных пакетов должны её опробовать и оптимизировать под нее свое программное обеспечение, а это – процесс совсем не быстрый. Иными словами, очень маловероятно, что видеокарты Quadro на архитектуре Pascal смогут появиться на рынке раньше середины 2017 года. Более того, последняя плата серии Quadro на процессоре семейства Maxwell 2 была анонсирована лишь этой весной, что, учитывая длительный жизненный цикл продуктов такого рода, явно указывает на актуальность архитектуры Maxwell 2 для инженеров и дизайнеров.

Именно поэтому мы решили провести очередное тестирование линейки NVIDIA Quadro, в котором бы были сведены воедино все имеющиеся профессиональные решения с архитектурой Maxwell 2. Достаточно интересно посмотреть, как современные видеокарты для рабочих станций, анонсированные в период с лета прошлого года и заканчивая этой весной, показывают себя на фоне решений поколений Maxwell 1 и Kepler, которые NVIDIA предлагала в 2012–2015 годах.

Quadro M6000 24 Gb

Как уже было сказано, в настоящее время NVIDIA вступает в фазу вывода на рынок новой графической архитектуры Pascal. Процессоры этого поколения уже нашли применение в флагманских моделях игровых ускорителей и готовятся начать экспансию в сфере высокопроизводительных вычислений. Однако рынок видеокарт для рабочих станций, ориентированных на 3D-моделирование, развивается более инерционно. Здесь до недавних пор актуальным был перевод семейства Quadro со старой архитектуры Kepler, поэтому когда все видеокарты Quadro получили, наконец, процессоры с архитектурой Maxwell 2, компания решила повременить с дальнейшими улучшениями. Тем более, что инженеры, работающие с CAD/CAM/CAE-системами, получили вполне достаточный на современном этапе уровень производительности, и острой необходимости в увеличении скорости графических карт у них нет. В итоге, старшим профессиональным видеоускорителем серии Quadro, который предлагает и будет предлагать компания NVIDIA в ближайшее время, останется

вторая версия *Quadro M6000* – модель, во многом родственная игровой карте *GeForce GTX Titan X*.

Надо сказать, что *Quadro M6000* уже фигурировала в наших тестах. Фактически, первые продукты с таким названием прибыли на рынок еще в первой половине 2015 года. Однако в марте текущего года *M6000* получила важное обновление: у карты, базирующейся на максимальной по мощности версии графического процессора *GM200*, был удвоен объем видеопамяти.



Напомним: оригинальная версия *Quadro M6000* имела 12 Gb видеопамяти, для чего на плате распаивалось 24 микросхемы *GDDR5* емкостью по 4 Gbit. Теперь же на рынке стали доступны чипы видеопамяти объемом 8 Gbit; благодаря им, обновленная модификация *M6000* получила в свое распоряжение 24 Gb, что на данный момент – максимально возможный объем, достижимый с имеющейся в *GM200* шиной памяти шириной 384 бит.

Стоит отметить, что целевая аудитория *Quadro M6000 24Gb*, по мнению производителя, при этом не изменилась – это всё те же профессионалы, работающие со сложными моделями и текстурами высокого разрешения в системах 3D-моделирования или геологоразведки. Увеличение доступного объема видеопамяти в некоторых случаях позволит им перейти к использованию более реалистичных режимов отображения в окнах проекции. Кроме того, дополнительная видеопамть будет полезна и при работе в сверхвысоких разрешениях, например, при использовании “стен” из мониторов или гарнитур виртуальной реальности. Иными словами, *Quadro M6000 24Gb* – это не какой-то узкоспециализированный нишевый продукт, а относительно массовое решение (в той степени, в которой эту характеристику можно применить к профессиональной видеокарте стоимостью несколько тысяч долларов). Его по достоинству оценят разработчики автомобилей, художники по спецэффектам и геофизики, которые работают с масштабными цифровыми проектами машин и механизмов, зрелищными спецэффектами или

значительными наборами сейсмических данных. Прежде было весьма проблематично интерактивно визуализировать огромные цифровые модели, не прибегая к оффлайн-рендерингу или упрощению моделей, но *Quadro M6000* с увеличенным объемом видеопамяти может стать эффективным решением.

Выпуск *Quadro M6000 24Gb* решил и еще одну задачу – имиджевую. Профессиональные видеокарты достаточно долго предлагали не более 8 Gb памяти, но в течение последних лет наметилась устойчивая тенденция к росту. Однако на первое место в этой гонке вышла компания *AMD*, у которой в ассортименте появилась *FirePro W9100* с 16 Gb памяти. Сделав карту с 24 Gb на борту, *NVIDIA* смогла дать отпор своему конкуренту. Правда, наличие у *W9100* шины памяти шириной 512 бит позволило *AMD* довести объем памяти своей флагманской видеокарты до 32 Gb. Впрочем, на данном этапе для профессиональных карт *AMD* более актуальным было бы увеличение производительности графического процессора, а не наращивание памяти.

Что же касается всех прочих характеристик, то *Quadro M6000 24Gb* очень похожа на свою предшественницу. Используется такой же 28-нм процессор *GM200* из серии *Maxwell 2*, поэтому новая *M6000* обладает привычным набором из 3072 CUDA-ядер. Возможности чипа при этом никак не блокируются – в профессиональном ускорителе доступен его полный потенциал, так что по конфигурации процессора рассматриваемая карта аналогична *GeForce GTX Titan X*.

В то же время рабочие частоты у профессионального ускорителя немного ниже. Как и в прошлой версии *M6000*, графический процессор работает с частотой 988÷1114 MHz, а память тактуется на эффективной частоте 6.6 GHz. Несмотря на это, *M6000* предлагает высочайший уровень быстродействия, достигающий 7 Tflops на операциях с одинарной точностью. Для сравнения: теоретическая производительность старшего профессионального видеоадаптера *AMD* – почти на 30% ниже.

Небольшое отставание *M6000 24Gb* в рабочих частотах от полупрофессионального ускорителя *Titan X* позволяет без проблем вписать профессиональную карту в 250-ваттный тепловой пакет и обойтись при этом лишь одним 8-контактным разъемом для подключения питания. Кроме того, всё это положительным образом сказывается на уровне шума, генерируемого штатной системой охлаждения, а также на надежности и сроке службы.

Отметим, что версии *Quadro M6000* с разным объемом памяти не полностью совпадают по рабочим параметрам. Несмотря на формально одинаковые паспортные характеристики GPU и идентичные частоты, отличия в производительности старой и новой версий могут обуславливаться не только объемом видеопамяти. Как указывает *NVIDIA*, в современной версии ускорителя используется улучшенная микропрограмма, которая управляет частотой GPU по более эффективному алгоритму, в котором предусмотрено больше промежуточных состояний при динамическом регулировании частоты. Поэтому при реальных нагрузках *Quadro M6000 24Gb* сможет обеспечить лучшие результаты.

При этом компания не стала дополнительно задира́ть для неё ценовую планку. Официальная цена *Quadro M6000 24Gb* установлена на том же уровне, что и для 12-гигабайтной версии – \$5000. В свете этой ценовой политики новый ускоритель попросту вытесняет из продажи старый, и в скором времени видеокарт на базе *GM200* с 12 Gb памяти на прилавках не останется.

Карта *Quadro M6000 24Gb* предлагает ровно такие же возможности по подключению мониторов, как и её предшественница: четыре порта *DisplayPort 1.2* и один *Dual-Link DVI-I*, причем одновременно могут работать любые четыре порта из этого набора.

Quadro M5000

Хотя первоначальная версия *Quadro M6000* и появилась на рынке более года тому назад, это была не первая профессиональная карта на архитектуре *Maxwell* – в младших картах вроде *Quadro K2200* и *K620* процессоры из семейства *Maxwell 1* использовались и до того. Поэтому получилось так, что обновление модельного ряда по каким-то причинам долго не затрагивало лишь профессиональные ускорители среднего звена. Но в конце лета прошлого года дело дошло и до них. Именно тогда и были выпущены *Quadro M5000* и *M4000* с профессиональной версией процессора *GM204*, хорошо знакомой продвинутым геймерам по игровой карте *GeForce GTX 980*.

Та версия чипа *GM204*, которая используется в *M5000*, имеет полную неурезанную конфигурацию. Это значит, что число *CUDA*-ядер в процессоре – 2048, а количество блоков растеризации и текстурирования равно 64 и 128 соответственно. Шина памяти – 256-битная.

Однако не стоит думать, что *M5000* полностью повторяет характеристики родственного игрового видеоускорителя. Разница есть – например, в объеме видеопамати: профессиональная карта располагает 8 Gb *GDDR5 SDRAM*. Добавлены и некоторые специфические возможности – к примеру, аппаратная поддержка *ECC* для коррекции ошибок памяти; эта технология в *M5000* работает полностью аналогично *M6000*, несмотря на то, что эти карты базируются на разных модификациях *GPU*.

Как и у старшей карты, частота работы памяти у *Quadro M5000* – 6.6 GHz. По меркам игровых ускорителей, это достаточно консервативная скорость, но в профессиональных решениях она обеспечивает снижение тепловыделения и повышение стабильности.

Массив памяти собран из 16-ти чипов по 4 Gbit, так что, в отличие от флагманского профессионального ускорителя, объем памяти *M5000* в сравнении с аналогичными по позиционированию видеокартами поколения *Kepler* не увеличился. Это значит, что *NVIDIA* ориентирует *M5000* на ту же целевую аудиторию, которая ранее пользовалась картами уровня *K5200* или *K5000*.

Однако, по сравнению с предшествующими решениями, *M5000* имеет заметно более высокую производительность. Учитывая, что тактовые частоты её графического процессора находятся в интервале 861–1038 MHz, производитель обещает пиковую производительность

до 4.3 Tflops на операциях одинарной точности. Таким образом, внедрение архитектуры *Maxwell 2* увеличивает быстродействие более чем на 40%, что представляет собой очень заметным шагом вперед.

При этом *Quadro M5000* можно отнести и к числу сравнительно экономичных видеокарт. Её тепловой пакет установлен в 150W, а для подключения питания используется единственный 6-контактный разъем. В результате этот ускоритель может быть установлен в рабочих станциях небольшого формата и с пониженным уровнем шума. Система охлаждения *M5000* имеет почти такой же дизайн, как и у старшей карты, разве только наружный кожух выполнен не из металла, а из пластика. Тем не менее, кулер занимает два слота и имеет полноразмерную длину (267 мм), что позволяет ему работать при очень небольших оборотах. При этом сама видеоплата выполнена в укороченном дизайне, что подчеркивает её относительную простоту.

В итоге профессиональные пользователи получили в лице *Quadro M5000* производительный 3D-ускоритель со значительно большей, по сравнению с предшественниками поколения *Kepler*, производительностью, который попутно предлагает лучшую энергоэффективность даже по сравнению с флагманской *M6000*. Конечно, при сопоставлении с видеокартой верхнего уровня мы видим, что *M5000* не столь производительна и не обладает столь впечатляющим объемом видеопамати. Но зато у нее имеется дисплейный контроллер нового поколения, который позволяет подключать четыре монитора с 4K-разрешением и частотой развертки 60 Hz без каких-либо ограничений. Кроме того, *M5000* обладает и появившимися в архитектуре *Maxwell* аппаратными блоками, позволяющими осуществлять *HEVC*-кодирование видео в реальном времени.

Как и у *M6000*, на плате *M5000* можно обнаружить четыре порта *DisplayPort 1.2* и один порт *Dual-Link DVI-I*. Стоимость *Quadro M5000* составляет \$2000.

Quadro M4000

Стоит заметить, что профессиональные видеокарты *NVIDIA* четырехтысячной серии исторически являются одним из самых востребованных предложений, поскольку традиционно объединяют приемлемую стоимость, хорошую производительность, а также компактный и высокоэффективный дизайн. При подготовке нового поколения карт компания решила дополнительно повысить его привлекательность, и по возможности приблизила характеристики к *M5000*. В итоге *Quadro M4000* не только основывается на том же *GPU*, но и несет на борту такой же объем видеопамати.

Впрочем, графический процессор, лежащий в основе *Quadro M4000*, это всё же не совсем полноценный чип *GM204* – его возможности несколько урезаны в целях упрощения, удешевления и повышения экономичности. В результате, число *CUDA*-процессоров составляет лишь 1664, а количество текстурных блоков сокращено до 104, хотя число *ROP* осталось таким же – их 64. В обычном режиме у *M4000* работает и контроллер памяти: ширина шины составляет привычные 256 бит.

В сумме всё это делает *Quadro M4000* немного похожей по конфигурации на игровую карту

GeForce GTX 970, но до полной аналогии далеко: профессиональное решение имеет более мощный растеризатор и больший объем видеопамяти – 8 Gb. Правда, частота памяти снижена до 6.0 GHz и отсутствует аппаратная коррекция ошибок, так что массив *GDDR5* у *M4000* всё же несколько слабее, чем у карты более высокого уровня. Тем не менее, для представительницы четырехтысячной серии это большой шаг вперед: прошлые ускорители такого класса имели всего лишь 4 или даже 3 Gb памяти.

Любопытный факт: у *GeForce GTX 970* отключение части *CUDA*-ядер в игровой версии процессора *GM204* приводило к серьезному снижению скорости работы с частью видеопамяти. У *Quadro M4000* ничего подобного не наблюдается: все 8 Gb видеопамяти демонстрируют одинаковую производительность с пропускной способностью 192 Gb/s. Это значит, что архитектура профессионального ускорителя продумана гораздо лучше, и в нём не только имеется полный набор блоков растровых операций, но и объем *L2*-кеша *GPU* точно такой же, как у *M5000*.

Как и *M5000*, эта карта обходится одним разъемом для подключения питания, но её расчетное тепловыделение составляет всего 120W. Это на 30W меньше теплового пакета, установленного для *M5000*, хотя *K4200*, профессиональная карта поколения *Kepler*, была еще экономичнее – её *TDP* ограничивался величиной 105W. Однако нужно понимать, что произошедший рост тепловыделения сопряжен с серьезным увеличением производительности, обусловленным как улучшениями в архитектуре *Maxwell*, так и почти 25%-ным ростом числа *CUDA*-ядер. Учитывая, что частота графического процессора у *Quadro M4000* составляет 773 MHz (динамическое изменение частоты в зависимости от нагрузки в данном случае не работает), эта карта способна обеспечить пиковую производительность на уровне внушительных 2.6 Tflops. И это, кстати, заметно выше, чем у выпущенной в 2012 году видеокарты более высокого уровня – *Quadro K5000*.

Quadro M4000, как и предшествующие карты того же уровня, может похвастать компактным однослотовым дизайном. Печатная плата, на которой собран этот акселератор, позаимствована у *M5000*. Однако кулер совсем иной: хотя он и имеет такой же принцип конструкции, для *M4000* не нужна такая производительность для охлаждения, как в старших картах. Поэтому была не только уменьшена вдвое толщина радиатора, но и сокращена до 240 мм длина системы охлаждения. В связи с изменением габаритов инженерам *NVIDIA* пришлось пересмотреть набор выводов, расположенных на задней панели видеокарты: был исключен *DVI*-порт, в результате чего *M4000* получила лишь 4 разъема *DisplayPort 1.2*. И это – вполне логичный выбор. Как уже говорилось, в графических процессорах поколения *Maxwell* используется новый дисплейный контроллер, который позволяет подключать к одной видеокарте сразу четыре полноценных монитора с 4K-разрешением. И *Quadro M4000* – не исключение.

Несмотря на то, что с выпуском *Quadro M4000* компания *NVIDIA* несколько улучшила общий дизайн видеокарт такого уровня, на цене это не сказалось.

Официально *M4000* оценена в \$1250, однако на практике партнеры производителя (например, *PNY*) готовы продавать её за сумму порядка \$850. В итоге *M4000* вновь оказывается очень выгодным по соотношению цены и производительности вариантом для графических рабочих станций среднего уровня.

Quadro M2000

Один из самых последних профессиональных графических акселераторов, представленных компанией *NVIDIA*, был анонсирован прошедшей весной и ознаменовал завершение перевода линейки *Quadro* на архитектуру *Maxwell 2*. И хотя компания к тому времени уже занялась подготовкой внедрения в игровых ускорителях следующей архитектуры, *Pascal*, такой шаг всё равно представляется актуальным. Производительность профессиональных карт среднего уровня нетрудно увеличить и без перевода на *Pascal*, а вводить в обращение новую архитектуру до её всестороннего тестирования при работе в *CAD/CAM/CAE*-системах было бы крайне опрометчиво. Иными словами, *M2000* – это вполне актуальное и востребованное дополнение линейки, особенно если принять во внимание, что все старшие профессиональные карты на момент анонса *M2000* уже располагали архитектурой *Maxwell 2*.

Quadro M2000 заменяет собой *K2200* – ускоритель, который тоже базировался на архитектуре *Maxwell*, но на её 1-й версии. В основе *K2200* лежал процессор *GM107*, теперь же массовая профессиональная видеокарта получила более продвинутый чип – *GM206*, правда, в несколько урезанном виде: число *CUDA*-ядер сокращено до 768-ми. Это значит, что данная карта больше всего похожа на *GeForce GTX 950*. Несмотря на это, прирост теоретической производительности по сравнению с *K2200* более чем очевиден: на операциях одинарной точности новинка может гарантировать 1.8 Tflops, а это – 38%-е улучшение. Таким образом, преимущества обновленного ускорителя двухтысячной серии смогут почувствовать на себе не только инженеры-конструкторы, но и специалисты, использующие в своей деятельности системы рендеринга методом трассировки лучей – например, *NVIDIA Iray*. Плюс, графический процессор в *M2000* предлагает 32 блока растеризации и 64 блока текстурирования, что станет достаточным неплохим арсеналом при работе в окнах проектирования.

Подсистема памяти *Quadro M2000* имеет объем 4 Gb и работает по 128-битной шине. Частота используемых микросхем *GDDR5* – 6.6 GHz, что наделяет видеокарту пропускной способностью памяти на уровне 106 Gb/s. Любопытно, что частота процессора *GM206* у *M2000* не постоянна, как у *M4000*, а варьируется в интервале от 796 до 1163 MHz в зависимости от нагрузки и температурного режима.

M2000 серьезно превосходит *K2200* по всем параметрам: по вычислительной производительности, по пропускной способности памяти, по скорости заполнения, но при этом новая карта сохранила компактный форм-фактор. Она обладает однослотовой системой охлаждения, а длина ускорителя в сборе не превышает 160 мм. Более того, для *M2000* не требуется

дополнительное питание – всю необходимую электро-энергию она получает от слота *PCI Express*. Правда, в сравнении с *K2200* энергопотребление и тепловыделение платы всё-таки несколько выросло. Для *M2000* установлен 75-ваттный тепловой пакет, в то время как прошлый ускоритель двухтысячной серии вписывался в 60W. Впрочем, вряд ли это можно расценивать как заметный недостаток: в реальной работе нагрев *M2000* совсем незначителен.

Выпуская *Quadro M2000*, разработчики переосмыслили её оснащение видеовыходами. Учитывая, что карты поколения *Maxwell 2* могут работать с четырьмя полноценными 4K-мониторами, производитель сделал ставку на разъемы *DisplayPort 1.2*, коих на *M2000* уместилось четыре штуки. Все иные подключения возможны через переходники, которые поставщики профессиональных карт обычно вкладывают в коробки с ускорителями. Надо подчеркнуть, что *M2000*, несмотря на кажущуюся простоту, может “потянуть”, аналогично более мощным профессиональным платам поколения *Maxwell*, пару 5K-мониторов с частотой обновления 60 Hz или даже экзотический проектор с разрешением 8K.

Цена *Quadro M2000* весьма демократична – этот профессиональный видеоускоритель можно приобрести примерно за \$450.

Сравнение технических характеристик

В результате последовательного вывода на рынок нескольких профессиональных видеокарт, основанных на архитектуре *Maxwell 2*, линейка таких ускорителей обрела, наконец, внутреннюю логичность. Так, старшие высокопроизводительные предложения представлены парой *M6000 24Gb* и *M5000*, а средний уровень закрывают ускорители *M4000* и *M2000*. Сравнительные характеристики этих четырех решений мы свели в табл. 1, которая станет ключом к пониманию

результатов, полученных нами при практическом тестировании.

Как мы тестировали

Тестирование профессиональных видеокарт мы выполняли, используя в качестве платформы рабочую станцию, основанную на флагманском десктопном 4-ядерном процессоре *Intel Core i7-6700K* с наиболее современной архитектурой *Skylake* и номинальной тактовой частотой 4.0 GHz. В состав тестовой платформы также входили материнская плата на чипсете *Intel Z170* и скоростная двухканальная память стандарта *DDR4-2666 SDRAM* объемом 16 Gb. Вместе с профессиональными видеокартами, относящимися к поколению *Maxwell 2*, в забеге участвовали карты двух предыдущих поколений.

Таким образом, было задействовано следующее оборудование:

- процессор *Intel Core i7-6700K (Skylake, 4 ядра + HT, 4.0÷4.2 GHz, 8 Mb L3)*;
- процессорный кулер *Noctua NH-D15*;
- материнская плата *ASUS Maximus VIII Ranger (LGA 1151, Intel Z170)*;
- память 4×4 Gb *DDR4-2666 SDRAM, 15-17-17-35 (Corsair Vengeance LPX CMK16GX4M4A2666C16)*;
- дисковая подсистема *Kingston HyperX Savage 480Gb (SHSS37A/480G)*;
- блок питания *Corsair RM850i (80 Plus Gold, 850W)*.

Тестируемые видеокарты:

- *NVIDIA Quadro M6000 24Gb*;
- *NVIDIA Quadro M5000*;
- *NVIDIA Quadro M4000*;
- *NVIDIA Quadro M2000*;
- *NVIDIA Quadro K6000*;
- *NVIDIA Quadro K5200*;
- *NVIDIA Quadro K5000*;

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

Показатель	<i>Quadro M6000</i>	<i>Quadro M5000</i>	<i>Quadro M4000</i>	<i>Quadro M2000</i>
Графическая архитектура	<i>Maxwell 2</i>	<i>Maxwell 2</i>	<i>Maxwell 2</i>	<i>Maxwell 2</i>
Графическое ядро	<i>GM200</i>	<i>GM204</i>	<i>GM206</i>	<i>GM206</i>
Технологический процесс GPU	28 nm	28 nm	28 nm	28 nm
CUDA-ядра	3072	2048	1664	768
Текстурные блоки	192	128	104	64
Количество ROP	96	64	64	32
Базовая частота GPU	988 MHz	861 MHz	773 MHz	796 MHz
Частота в Boost-режиме	1114 MHz	1038 MHz	773 MHz	1163 MHz
Производительность операций одинарной точности	7.0 Tflops	4.3 Tflops	2.6 Tflops	1.8 Tflops
Производительность операций двойной точности	219 Gflops	134 Gflops	83 Gflops	57 Gflops
Частота и тип памяти	6.6 GHz GDDR5	6.6 GHz GDDR5	6.0 GHz GDDR5	6.6 GHz GDDR5
Ширина шины памяти	384-bit	256-bit	256-bit	128-bit
Пропускная способность памяти	317 Gb/s	212 Gb/s	192 Gb/s	106 Gb/s
Объем видеопамати	24 Gb	8 Gb	8 Gb	4 Gb
TDP	250 W	150 W	120 W	75 W

- NVIDIA Quadro K4200;
- NVIDIA Quadro K4000;
- NVIDIA Quadro K2200;
- NVIDIA Quadro K2000;
- NVIDIA Quadro K1200.

Тестирование проводилось в операционной среде Windows 7 Professional SP1 x64.

Драйверы:

- Intel Chipset Driver 10.1.2.19;
- Intel Management Engine Interface Driver 11.0.0.1172;
- NVIDIA Quadro Driver Release 362.56.

Тестирование видеокарт происходило в разрешениях 1920×1200 и 3840×2160 с отключенным параметром Vsync. Использовались популярные приложения для 3D-моделирования и тесты, специально разработанные корпорацией Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC), а также бенчмарки, созданные в нашей лаборатории.

На диаграммах с результатами, если иное не указано специально, приведены нормализованные значения производительности.

Производительность

✓ SPECviewperf 12.0.2

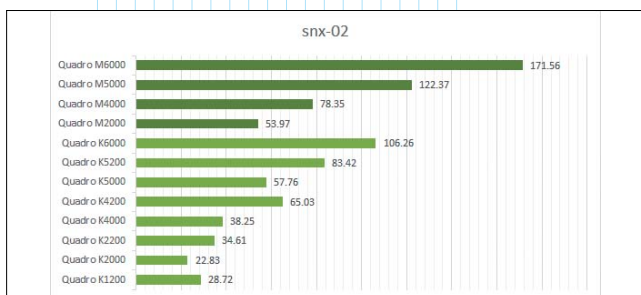
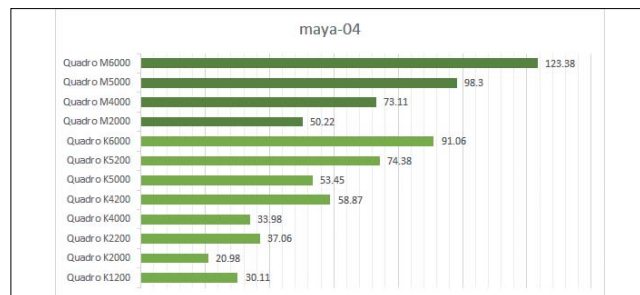
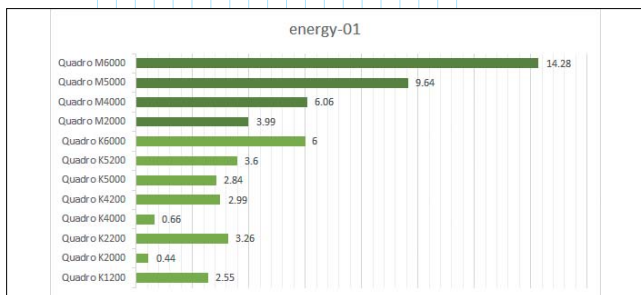
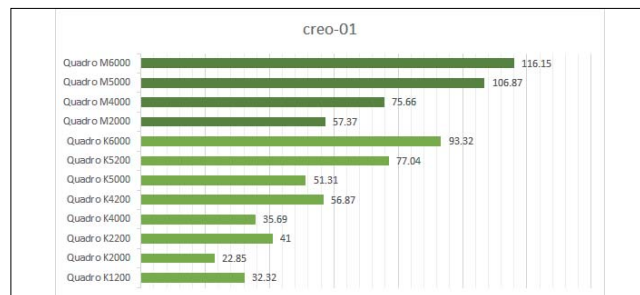
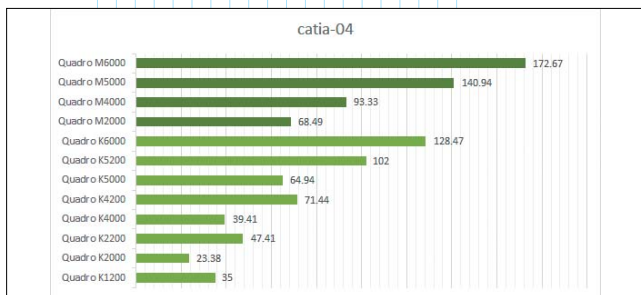
При тестировании профессиональных видеоускорителей первым делом мы всегда обращаемся к синтетическому тесту SPECviewperf, который за время своего существования занял место индустриального стандарта

при первичной оценке производительности рабочих 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): 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), Showcase 2013 (showcase-01), Siemens NX 8.0 (snx-02), SOLIDWORKS 2013 SP1 (sw-03).

Результатом тестов является частота кадров при работе с теми или иными моделями.

Полученные в SPECviewperf значения прекрасно показывают, что предлагаемые компанией NVIDIA в настоящее время профессиональные ускорители поколения Maxwell 2 гораздо быстрее своих предшественников. Величина преимущества позволяет новым акселераторам опережать не только старые решения



того же класса, но и замахиваться на полноценное соперничество со старыми видеокартами верхних ценовых категорий. Например, *M5000* примерно на 15% быстрее *K6000*, результаты *M4000* почти дотягивают до показателей производительности *K5200*, а *M2000* в большинстве тестов выдает производительность уровня *K4200*. Что же касается флагманского решения, то *Quadro M6000* поднимает планку быстродействия профессиональных графических карт на новый уровень: оно быстрее прошлого флагмана в среднем на 40%.

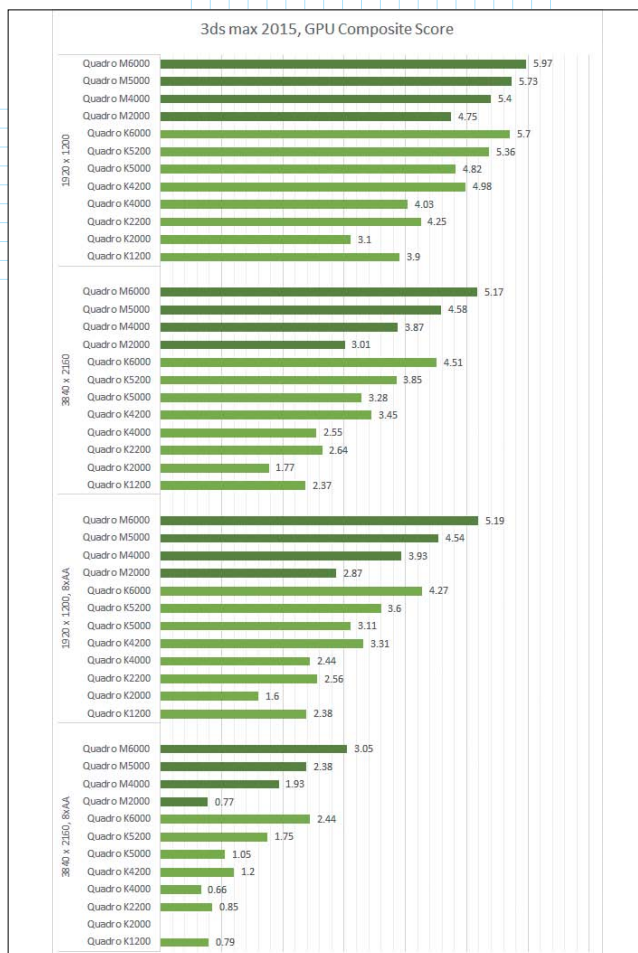
Иными словами, даже несмотря на то, что в профессиональные ускорители пока пришла лишь архитектура *Maxwell 2* двухлетней давности, их мощь выросла очень внушительно. И результатом наблюдаемого прогресса становится то, что сегодня инженеры и дизайнеры вполне могут обойтись более дешевыми *GPU*. Можно даже говорить о том, что новые карты серии *Quadro* понижают порог входа в профессиональную среду и позволяют перейти на полноценные высокопроизводительные рабочие станции тем пользователям, которые ранее по финансовым соображениям довольствовались какими-то «суррогатными» конфигурациями.

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 приложениями.

✓ *Autodesk 3ds Max 2015*

Тестирование в одном из популярнейших пакетов трехмерного моделирования мы выполняли при помощи бенчмарка *SPEC*. Используемая нами версия работает с *3ds Max 2015 SP3*. 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.

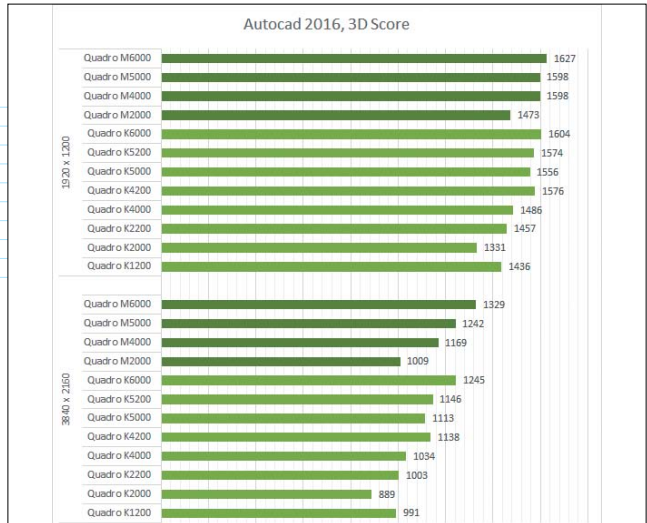
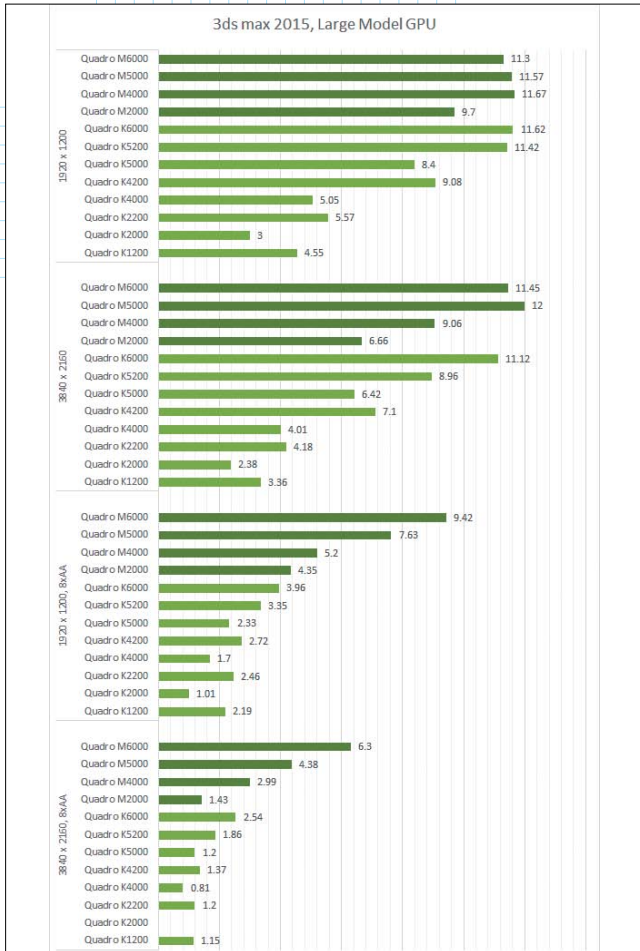
Поскольку *3ds Max 2015* для отображения моделей в окнах проекции активно пользуется современными средствами, предоставляемыми графическими картами, их производительность здесь различается очень заметно. Даже если рассматривать самый простой *FullHD (WUXGA)* режим без полноэкранный сглаживания, применение флагманских ускорителей явно не лишено смысла. Но лучше всего плюсы производительных моделей проявляются в высоком *4K*-разрешении. Причем, те профессиональные видеокарты, которые основаны на *Maxwell 2*, проявляют себя заметно сильнее предшественниц как в *SPECviewperf*, так и в *3ds Max*. Показательно, что сегодняшняя *M2000* с ценой менее \$500 способна посоперничать по производительности с одним из флагманских ускорителей четырехлетней давности – *K5000*. Не утратила своей статусности разве только старшая видеокарта поколения *Kepler*, *K6000*, но даже она немного уступает в быстродействии современной модели более низкого класса – *M5000*.



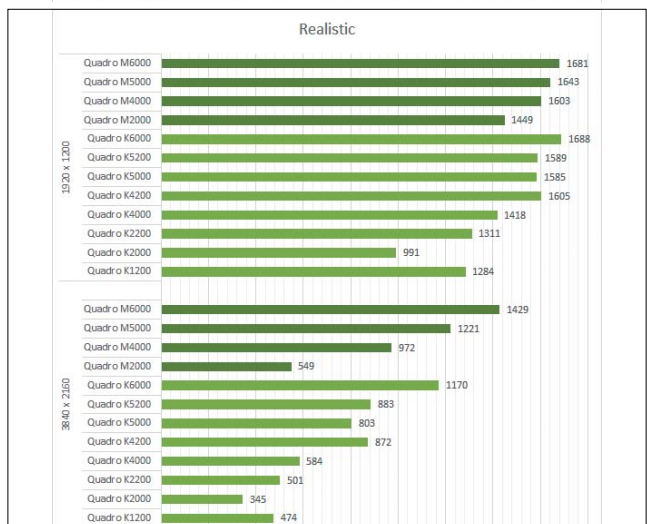
Отметить нужно и еще один важный момент. Несмотря на то, что скорость профессиональных ускорителей в последние годы заметно выросла, возможностей карты уровня *Quadro M2000* для комфортной работы в *4K*-разрешении со включенным сглаживанием всё-таки не хватает. Для таких режимов лучше брать *M4000* или даже еще более мощные решения. Нельзя отрицать и положительный эффект от наращивания объемов видеопамяти. Все современные ускорители, в отличие от их предшественников, как минимум способны пройти полный цикл тестирования в высоком разрешении, то есть они вполне функциональны даже в таких тяжелых режимах.

Не менее любопытными получаются результаты при тестировании скорости работы со сложными моделями (*Large Model GPU*).

Внимание привлекает тот факт, что в режимах без сглаживания производительность упирается в мощность центрального процессора. Иными словами, за последние несколько лет развитие профессиональных *3D*-ускорителей оказалось столь результативным, что мы пришли к ситуации, когда в ряде случаев они перестали являться самым узким местом графических рабочих станций. Впрочем, если говорить о режимах со сглаживанием, где на *GPU* ложится гораздо большая нагрузка, то в них влияние видеокарты на быстродействие заметно очень хорошо. И здесь ускорители



Conceptual приводит к тому, что быстродействие начинает ограничиваться центральным процессором, и любая из участвующих в тесте видеокарт (за исключением *K2000*) обеспечивает практически идентичную скорость вращения и модификации тестовых моделей.



поколения *Maxwell 2* просто на голову превосходят все предшествующие решения и демонстрируют кратный прирост быстродействия.

✓ Autodesk AutoCAD 2016

Еще одно популярное приложение для трехмерного проектирования, работающее через интерфейс *DirectX* – это *AutoCAD*. Нагрузка на ускорители, создаваемая этим пакетом, не слишком велика, и с ней прекрасно справляются даже игровые графические карты. Тем не менее, разница в производительности решений разного уровня вполне осязаема и очень хорошо проявляется при переходе из *FullHD* в *4K*-разрешения.

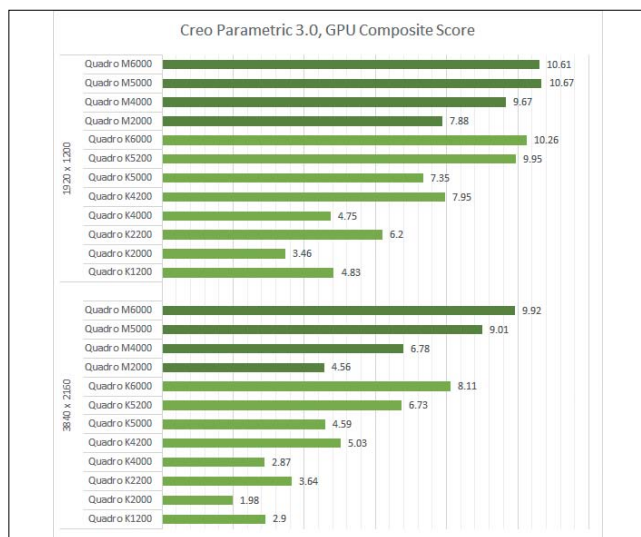
Судя по общему показателю (*3D Score*), задумываться о правильном подборе ускорителя для работы в *AutoCAD* стоит лишь тем инженерам, которые имеют в своём распоряжении мониторы с высоким разрешением или работают в многомониторных конфигурациях. Да и то разница между скоростью, обеспечиваемой современными видеокартами верхнего и среднего ценовых диапазонов, не превышает 30% при десятикратной разнице в цене.

Более того, если проанализировать различные режимы отображения *3D*-моделей, то выяснится, что отличия в производительности есть только в каркасном (*Wireframe*) и реалистичном (*Realistic*) режимах. Включение же визуальных стилей *Hidden* или

При разрешении 4K видеокарта действительно играет весьма заметную роль. *Quadro M6000*, как и всегда, выдает максимальную производительность. *M5000* с переменным успехом соперничает с *K6000*. *M4000* смотрится немного лучше *K5200*, а *M2000*, к сожалению, может похвастать лишь превосходством над *Quadro K2200* и *K2000*, но не над картами более высокого уровня из прошлых поколений.

✓ PTC Creo Parametric 3.0

Система автоматизированного проектирования *Creo* – очень популярный продукт, являющийся наследником *Pro/ENGINEER*. Используемый нами бенчмарк разработки *SPEC* оперирует несколькими различными моделями, которые раскрывают разные аспекты производительности пакета *Creo* – в том числе он задействует и новые возможности, введенные в последней версии этого пакета. Например, тест активирует порядко-независимую модель прозрачности поверхностей (*Order Independent Transparency*), методику *SSAO* (имитирует рассеянное непрямоe освещение и соответствующее затемнение в трехмерном виртуальном пространстве), усовершенствованные материалы и рельефное текстурирование.



Полученные результаты (*GPU Composite Score*) показывают, что для комфортной работы в *Creo* с разрешением *WUXGA* или *FullHD* флагманские профессиональные ускорители последнего поколения не нужны. Даже *Quadro M4000* или *K5200* способны выдать уровень быстродействия, близкий к максимуму. Но если говорить о выборе подходящей профессиональной видеокарты для 4K-разрешений, то тут картина совершенно иная. Хорошее масштабирование производительности в больших разрешениях можно видеть даже при переходе на самую дорогую видеокарту серии *Quadro* – *M6000*. Однако для данного приложения более взвешенным выбором представляется *M5000* – обеспечиваемое ею быстродействие выглядит очень достойно, а цена – значительно ниже.

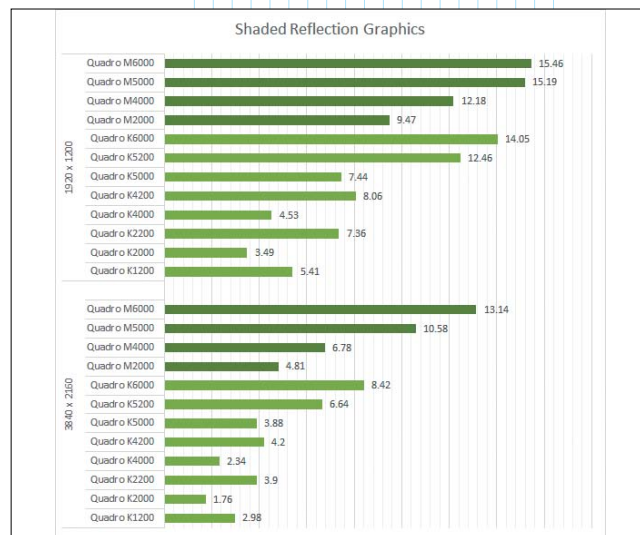
Кстати, здесь мы вновь наблюдаем значительное преимущество профессиональных ускорителей

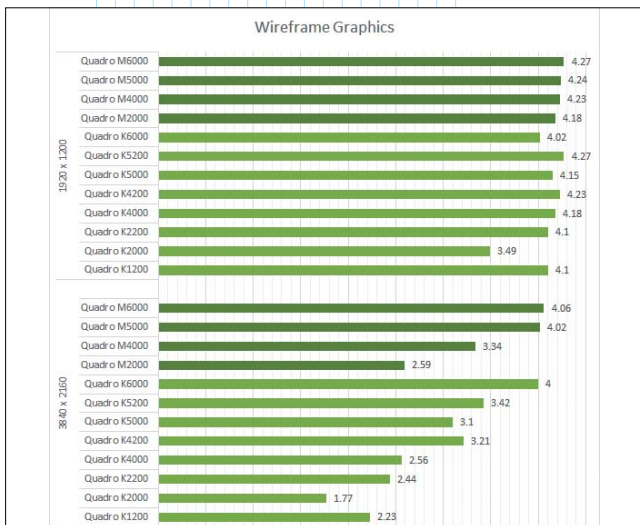
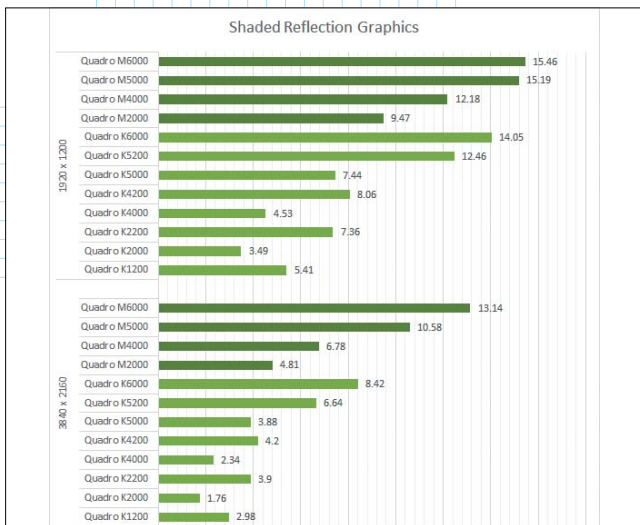
поколения *Maxwell 2* над предшественниками. Видеокарта *M5000* может предложить более высокую производительность, чем *K6000*; *M4000* легко может соперничать с *K5200*, а *M2000* смотрится как минимум не хуже, чем *K5000* и *K4200*.

Более подробные результаты теста позволяют лучше оценить сильные стороны обновленной линейки *NVIDIA Quadro* (см. *Shaded Graphics*, *Shaded Reflection Graphics* и др.).

Сильнее всего преимущество видеокарт нового поколения проявляется при включении сложных реалистичных визуальных эффектов: затенения и отражений. Определенную нагрузку создает и удаление невидимых линий. Наиболее же простой режим, в котором производительность масштабируется хуже всего, – каркасный.

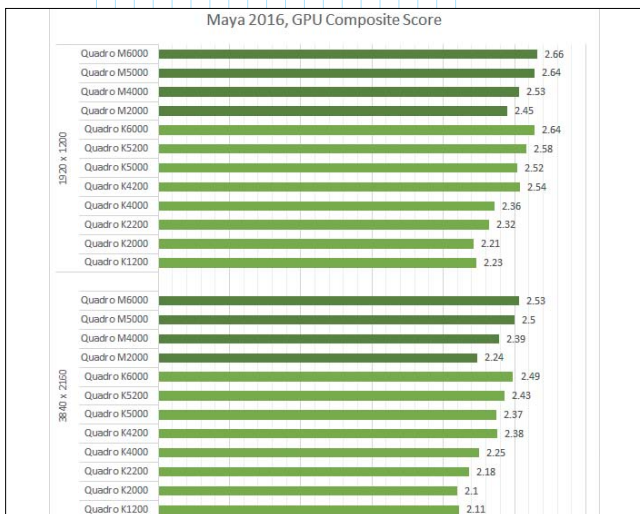
Однако вне зависимости от того, какой режим отображения вы предпочтете, старшие карты линейки *Quadro* последнего поколения предложат наилучший уровень быстродействия, особенно если речь идет об инженерном проектировании в высоких разрешениях.





✓ **Autodesk Maya 2016**

Популярный редактор трехмерной графики *Maya 2016* – хороший пример профессионального приложения, использующего интерфейс *OpenGL*. Причем, графический движок *Viewport 2.0* в последней версии

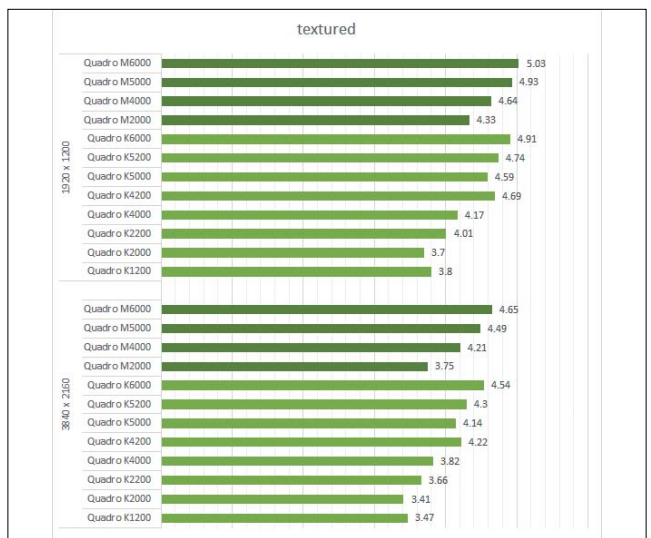
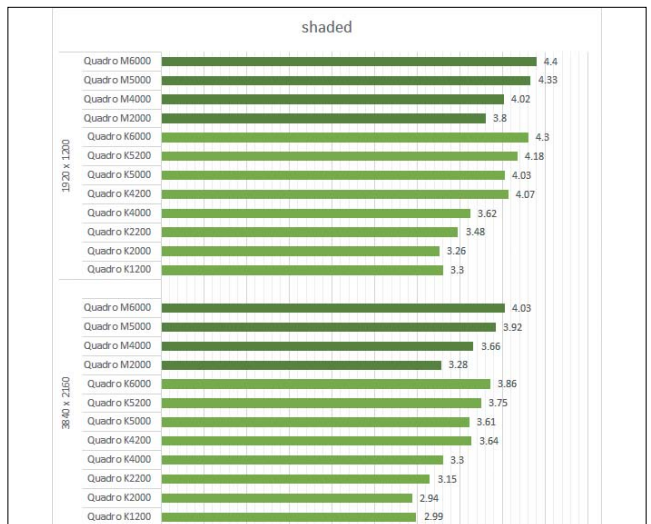


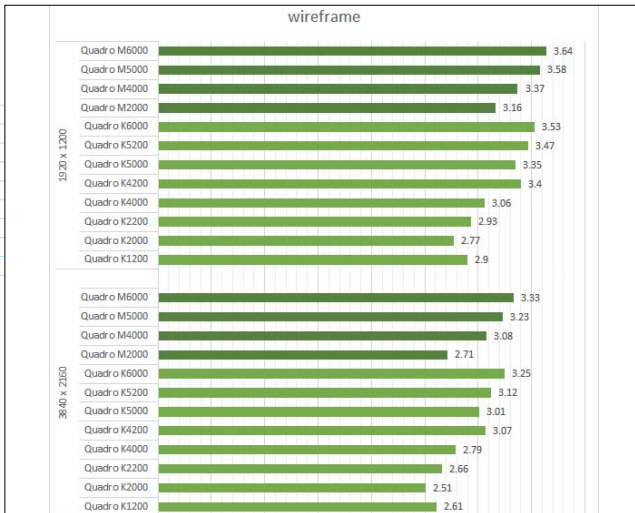
Maya наконец-то переведен на современную версию *OpenGL 4.x* (в старых версиях – *OpenGL 2.x*). Именно поэтому для работы с *Maya* стало важным применение современных профессиональных видеокарт, драйверы которых полноценно поддерживают этот *API*.

Любопытно, что производительность видеокарт разных поколений при работе с новой версией *Maya* различается не так сильно, как в остальных инженерных пакетах. Более того, разница между ускорителями разных поколений здесь проявляется не столь заметно, и старшие карты четырехлетней давности не выглядят безнадежными аутсайдерами. Однако в любом случае новые решения на архитектуре *Maxwell 2* способны обеспечить более высокое быстродействие по сравнению с их предшественниками того же класса. Причем, видно это как в *4K*-разрешении, так и в более “легком” *FullHD* или *WUXGA*.

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

Как мы видим, изменение режимов отображения графики в окнах проекции мало влияет на относительные результаты. И даже в простом каркасном режиме более мощные ускорители, относящиеся к последнему поколению, демонстрируют заметное превосходство над видеокартами, основанными на архитектуре *Maxwell 1* или





Kepler. Однако общая картина относительной производительности в *Maya 2016* несколько отличается от того, что мы видели ранее. В то время как *M6000* продолжает демонстрировать свое превосходство над всеми другими ускорителями, а *M5000* выдает производительность уровня флагманской карты *K6000*, выпущенной три года назад, новая карта *M4000* всё же уступает *K5200*, конкурируя на равных лишь с совсем старой *K5000*. Аналогично обстоит дело и с *Quadro K2000*: это решение однозначно быстрее *K2200*, но его производительность можно сравнить лишь с *K4000*, но никак не с *K4200*.

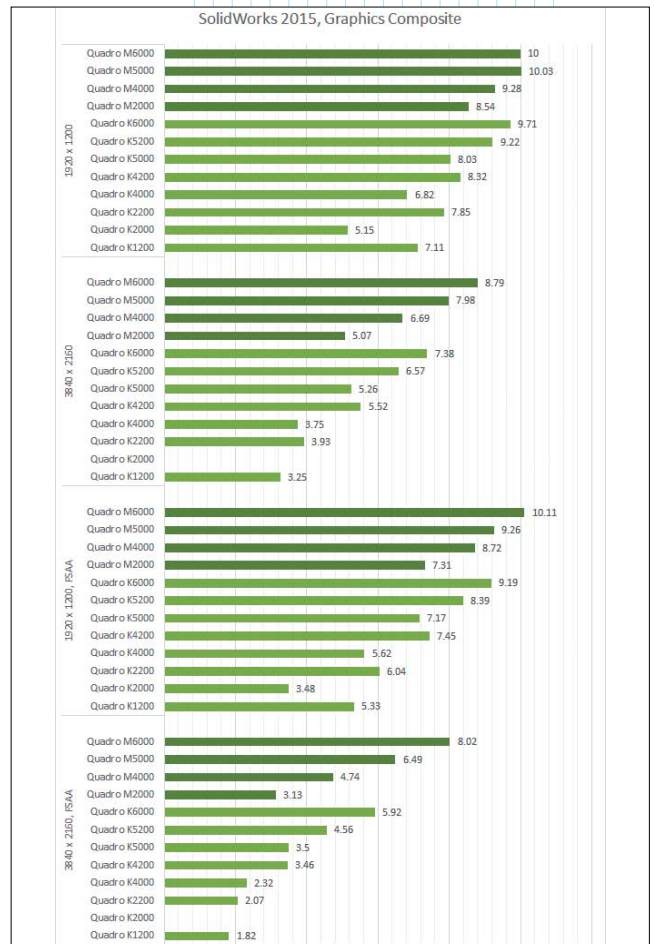
✓ SOLIDWORKS 2015

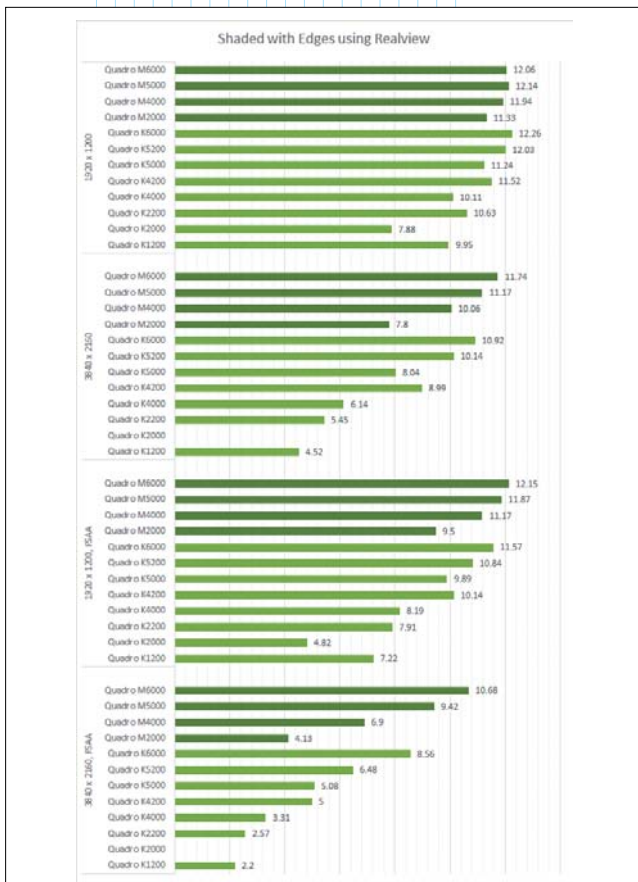
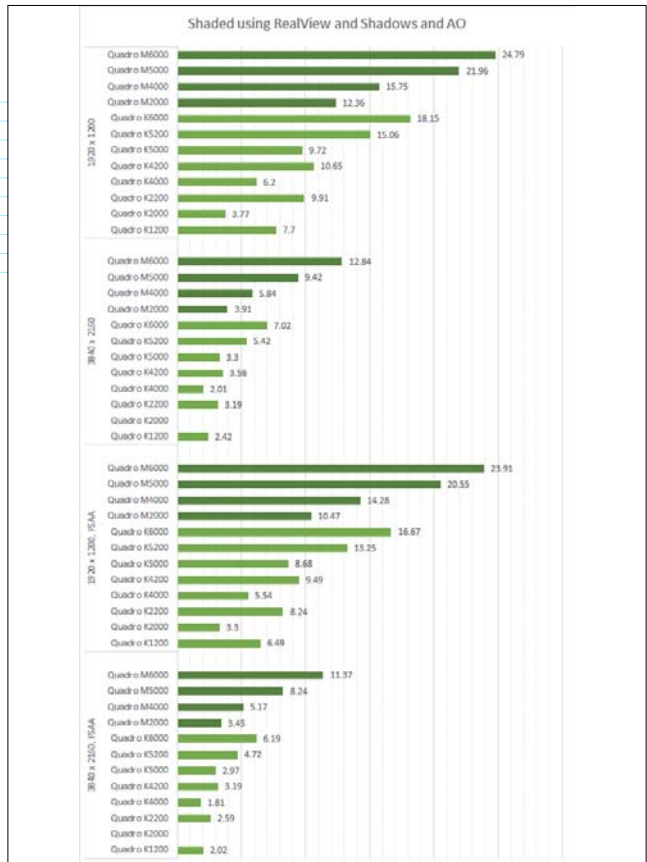
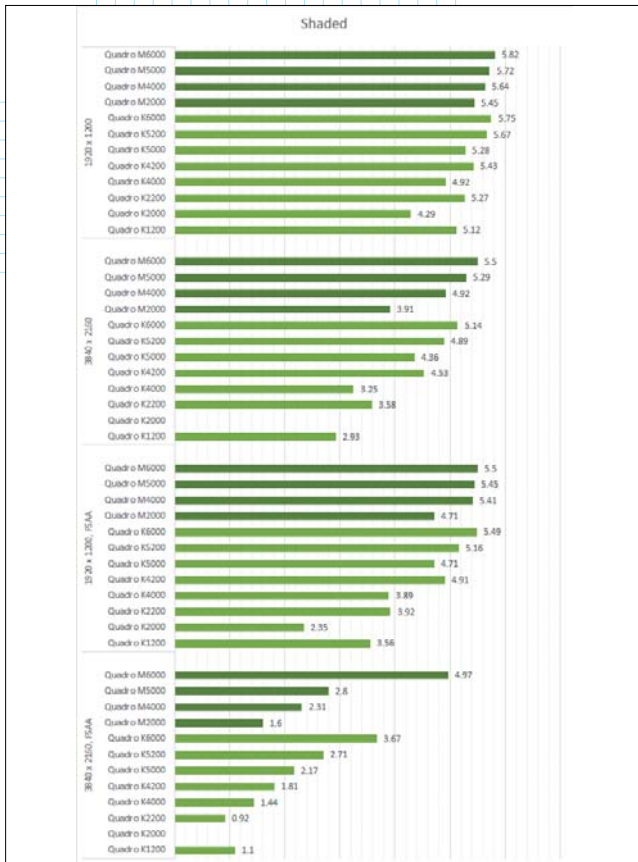
SOLIDWORKS – чрезвычайно популярный программный комплекс для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Новый бенчмарк *SPEC* для этого пакета использует объемные модели со сложностью до 4.75 млн. треугольников и три новых эффекта отображения *RealView*, *Ambient Occlusion* и *Shadows* в сочетании с базовыми стилями: с затенением и с затенением с видимыми кромками. Кроме того, в тесте задействованы порядконезависимая прозрачность и полноэкранное сглаживание.

Чем суровее нагрузка, создаваемая тестовым приложением, тем более выпукло проступают преимущества профессиональных графических карт нового поколения. Для проверки производительности в *SOLIDWORKS 2015* используются сложные 3D-модели, поэтому здесь отлично видны как плюсы карт, основанных на графических процессорах поколения *Maxwell 2*, так и преимущество акселераторов, наделенных большим объемом памяти.

Особенно явно польза от применения старших и современных моделей *Quadro* проявляется в 4K-разрешении. Например, при включении сглаживания карте *M6000* удастся опередить прошлого флагмана, *K6000*, более чем на 35%; карта *M5000* превосходит *K5200* на 42%; *M4000* выигрывает у *K4200* на 37%, а *M2000* оказывается быстрее *K2200* ровно в полтора раза. Если же сравнивать современные решения с еще более старой линейкой *Quadro*, вышедшей четыре года назад, то говорить придется уже о кратном приросте скорости.

Иными словами, *SOLIDWORKS 2015* представляет собой отличный полигон для демонстрации неиллюзорности происходящего в области профессиональных видеоускорителей прогресса. Еще лучше это можно проиллюстрировать показателями производительности при использовании отдельных визуальных стилей – *Shaded*, *Shaded with Edges*, *Shaded using RealView* и др. Особо внимание обратите на ситуацию при включении модели затенения *Ambient Occlusion (AO)*.



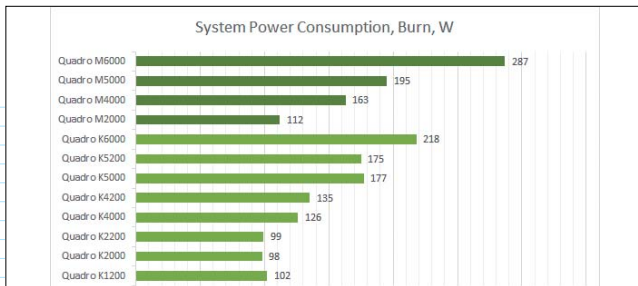


Если в наиболее простых режимах и при работе в WUXGA-разрешении быстрые видекарты оказываются вроде как и ни к чему, то включение *RealView*, теней или *AO* сразу же задействует все доступные графические ресурсы. Иными словами, если вы хотите построить для себя наиболее комфортную среду проектирования в *SOLIDWORKS*, то производительный профессиональный ускоритель – одна из важнейших составляющих рабочей станции. Причем, по последним графикам понятно, что вложения в этот компонент системы окупают себя на все 100%. Более того, работа в современных *CAD/CAM/CAE*-системах с использованием всех их визуальных возможностей без регулярного обновления аппаратного обеспечения попросту невозможна.

Энергопотребление

Говоря о новых профессиональных картах поколения *Maxwell 2*, мы отмечали, что для некоторых из них производитель расширил рамки теплового пакета. То есть, рост производительности сопровождается и увеличением энергетических appetites. С одной стороны, в этом нет ничего удивительного: *GPU* с архитектурой *Maxwell 2* производятся по тому же самому 28-нм техпроцессу, что и чипы прошлых поколений. Однако не стоит забывать, что *Maxwell* по сравнению с *Kepler* – более энергоэффективная архитектура на уровне внутреннего дизайна. И это значит, что для новых карт катализатор производительности на ватт должен быть выше.

Для проверки давайте взглянем на фактический уровень энергопотребления полных систем (без монитора),



оснащенных различными профессиональными видеокартами. Используемый нами в тестовой системе новый цифровой блок питания *Corsair RM850i* позволяет осуществлять мониторинг потребляемой и выдаваемой электрической мощности, чем мы и воспользовались для практических измерений. На графике приводится полное потребление систем, измеренное “после” блока питания и представляющее собой сумму энергопотребления всех задействованных в системе компонентов. КПД самого блока питания в данном случае не учитывается. Нагрузка для определения пикового потребления создавалась тестом *FurMark 1.17.0*, 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*.

Если иметь в виду паспортные показатели *TDP*, то *M6000* и *M5000* должны иметь потребление на уровне *K6000* и *K5200* соответственно, а видеокарты *M4000* и *M2000* должны превосходить по потреблению своих предшественниц того же класса примерно на 10÷15%. На практике же картина немного иная. Каждая из карт поколения *Maxwell 2* оказалась прожорливее представителей семейств *Kepler* и *Maxwell 1*, в то время как до сих пор предложения одного класса характеризовались примерно одинаковыми затратами электроэнергии.

Тем не менее, это не отменяет того факта, что энергоэффективность профессиональных ускорителей свежего поколения всё равно стала выше. Относительный прирост в производительности, который виден практически в любых приложениях, значительно больше, чем наблюдаемое при этом увеличение потребления и тепловыделения. К тому же, выявленный рост энергопотребления профессиональных ускорителей, скорее всего, – разовый случай. Следующее поколение профессиональных карт будет основываться на 16-нм процессорах с архитектурой *Pascal*, поэтому оно скорее всего вернет энергопотребление к привычным величинам. Так что зафиксированные нами изменения совсем не означают, что *NVIDIA* взяла курс на рост энергетических appetites своих компонентов.

Выводы

Несмотря на то, что первая профессиональная видеокарта серии *Quadro*, основанная на процессоре поколения *Maxwell 2*, была выпущена компанией *NVIDIA* более года назад, полностью обновление модельного ряда завершилось только сейчас. За это время старшие и средние профессиональные графические ускорители не только получили в свое распоряжение современные *GPU* с более совершенной архитектурой – *NVIDIA* заметно нарастила в них число *CUDA*-ядер, добавила на некоторых

картах дополнительную видеопамять и увеличила рабочие частоты – как для процессора, так и для памяти.

В результате, получившиеся решения смогли выйти по своей производительности и оснащенности на принципиально новый уровень. В процессе тестирования мы увидели, что средний прирост быстродействия, обеспечиваемый свежими платами *M*-серии составляет в среднем 30÷40%, но в отдельных случаях может достигать и кратного размера. В итоге, сегодняшняя *M2000* показывает уровень производительности *K4200*, карта *M4000* дотягивается по скорости до *K5200*, а *M5000* легко побеждает флагмана поколения *Kepler* – *K6000*. Что же касается самой старшей видеокарты, *Quadro M6000*, то на сегодняшний день это просто беспрецедентно эффективное решение, которое к тому же недавно стало еще лучше. Дело в том, что помимо высочайшей производительности в пакетах *3D*-моделирования, *M6000* теперь может похвастать и необъятным 24-гигабайтным массивом видеопамяти, которого будет достаточно для работы с очень сложными моделями в высоких разрешениях (*4K* или даже выше).

Здесь же необходимо упомянуть и о еще одной важной детали. Новые видеокарты получили улучшенный мониторинг контроллер и теперь способны без всяких ограничений работать одновременно с четырьмя дисплеями с *4K*-разрешением и частотой обновления 60 *Hz* или с двумя 60-герцовыми *5K*-мониторами. Рост производительности пришелся как нельзя более кстати – мощности любой из видеокарт *M*-серии хватает для того, чтобы обеспечить комфортное отображение рабочей среды, в том числе и при работе с набирающими популярность *4K*- и *5K*-мониторами.

Подводя итог всему сказанному, мы должны констатировать, что компании *NVIDIA* в очередной раз удалось подтвердить звание лидера профессиональной графики. Несмотря на её кажущуюся медлительность в этом сегменте, она явно держит руку на пульсе и своевременно обновляет предлагаемые решения. Да, *3D*-ускорители серии *Quadro* обычно имеют более продолжительный жизненный цикл по сравнению с игровыми видеокартами, однако это связано не с недостатком внимания со стороны производителя, а с тем, что типичные профессиональные рабочие станции обновляются реже обычных настольных компьютеров. Кроме того, за счет такого подхода мы получаем возможность увидеть поистине впечатляющий прогресс в быстродействии, который приносит каждое новое поколение профессиональных видеокарт.

Впрочем, насколько долгим окажется жизненный путь протестированных сегодня ускорителей на базе графических процессоров с архитектурой *Maxwell 2*, сказать сложно. Обычно модели *Quadro* сменяются раз в два года, но сейчас ситуация такова, что архитектура *Pascal* находится уже в стадии готовности, и, вполне возможно, что и в профессиональные карты она придет достаточно скоро. В этом случае карты *Quadro M*-серии могут устареть быстрее обычного. Однако это вряд ли стоит рассматривать как серьезное возражение против обновления графических станций, предназначенных для работы с *CAD/CAM/CAE*-системами. Заметно лучшие характеристики и уровень превосходства актуальной линейки *Quadro* над предшественниками – аргумент весомый. 🐼