

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ХРАМА ЧУДА АРХАНГЕЛА МИХАИЛА ЧУДОВА МОНАСТЫРЯ МОСКОВСКОГО КРЕМЛЯ

VIRTUAL 3D RECONSTRUCTION OF THE CATHEDRAL OF MICHAELS ARCHANGEL MIRACLE MONASTERY OF THE MOSCOW KREMLIN

Мироненко Максим Сергеевич

Выпускник кафедры исторической информатики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова
E-mail: mmironenko91@gmail.com

Maxim S. Mironenko

Мироненко Петр Сергеевич

Студент кафедры архитектуры промышленных зданий Московского архитектурного института (государственной академии)

Peter S. Mironenko

.....

Описывается создание верифицируемой, архитектурно обоснованной исторической 3D-модели храма Чуда Михаила архангела, разрушенного в 1929 г. Проводится систематизация материалов из Государственного архива РФ и архива ГИКМЗ «МОСКОВСКИЙ КРЕМЛЬ», которые ранее не публиковались и не подвергались комплексным исследованиям.

Ключевые слова: Чудов монастырь, Московский Кремль, реконструкция, виртуальная, храм, Михаил архангел, визуализация, митрополит Алексей.

.....

In this article, depict modeling verifiable architecture-exact historical 3D model the cathedral of Michaels Archangel, which was destroyed in 1929. Author conducted a systematization and collecting stuff from the GA RF and GMMK neither publishing before nor incur multicenter study.

Keywords: Miracle monastery, Chudov, Moscow Kremlin, 3D, reconstruction, virtual, cathedral, Michael archangel, visualization, Alexey.

.....

Перспективность и плодотворность применения цифровых медиа в сохранении историко-культурного наследия сегодня уже не нуждается в доказательствах. Идея увидеть своими глазами то, что «кануло в лету», всегда занимала людей. Вспомним, каким успехом пользуются традиционные музейные реконструкции у посетителей: разнообразные макеты и объемные панорамы и дети, и взрослые готовы рассматривать, не жалея времени. В свою очередь, возможность виртуальных реконструкций возвращает нас к «наглядному» способу познания, но на современном высоком техническом уровне.

В последние десятилетия 3D-реконструкции утраченных объектов культуры стали одним из бы-

стро развивающихся самостоятельных направлений современной науки. Возникнув на стыке информационных технологий и таких гуманитарных дисциплин, как археология, история и теория архитектуры, воссоздание виртуальных пространственных образов утраченных памятников вышло за границы области решения исключительно прикладных задач визуализации и репрезентации объектов культурного наследия. Так, приоритетным в исследовательской практике становится поиск новых возможностей, которые предоставляет использование цифровых технологий для решения традиционных вопросов источниковедения, из которых процедура верификации полученного науч-

ного знания остается важнейшей и включает в себя анализ данных источников (систематизация и корректировка), проверяемость и доступность проверке построенной 3D-модели. Это, в свою очередь, предполагает гораздо большую «прозрачность» всех этапов исследования, а также подразумевает открытый доступ к его результатам, например, через их размещение в сети Интернет.

Восприятие историками новых цифровых технологий, в частности 3D-моделирования, может значительно повысить информационную отдачу на всех стадиях исследовательского процесса, начиная с выявления и обработки источников и заканчивая презентацией результатов. Главным условием успешного продвижения в этом направлении является соблюдение определенных правил, своего рода «протокола», который предполагает подробную фиксацию всех этапов процесса построения виртуальной модели. Особое значение приобретает обоснование выбора методики и инструментов исследования. Именно раскрытию этой части работы — «пошаговому» описанию самого процесса и техники построения 3D модели утраченного собора Чуда Михаила архангела — уделяется особое внимание в данной статье. Другими словами, мы постарались ответить главным образом на два вопроса: как это было сделано и почему был выбран тот или иной программный инструмент.

Выбор объекта исследования — соборного храма Чудовой обители — объясняется целым рядом причин. Чудов монастырь, уничтоженный в 1929 г. по идеологическим причинам, играл ключевую роль в русской истории на всем протяжении его почти шестивековой истории. Он всегда оставался неотъемлемой частью образа Кремля и сам весь в целом воспринимался как святыня, вызывая восхищение и гордость москвичей.

Монастырь идеально отвечал потребности людей в «чуде». В самом названии обители содержится двойное воспоминание о чуде: это и предание об исцелении от слепоты ханши Тайдулы по молитвам святителя Алексия, митрополита Московского, и основание им же на территории бывшего ханского двора монастыря с собором во имя Чуда Михаила Архангела в Хонех.

Расположение монастыря в Кремле, сакральном центре страны, сохранение мощей святителя Алексия, регулярные крестные ходы — все это делало обитель местом особого притяжения и почитания. Весь монастырский комплекс был своего рода «летопись в камне», первым сюжетом которой было воспоминание о чудесном возгорании сама собой свечи во время молебна у гроба митрополита Петра, из остатков которой Алексей сделал маленькую свечку, с которой и отправился в Орду. На протяжении всей своей истории монастырь оставал-

ся центром духовности и просвещения. Со времен Ивана Грозного существовала традиция крестить здесь царских детей. Русские цари Алексей Михайлович, Петр I, Александр II были крещены у мощей митрополита Алексия.

К несчастью, в 1929 г. Чудов монастырь был полностью разрушен, но не стерт из исторической памяти — большинству людей, профессионально далеких от занятий истории, название кажется знакомым до сих пор. Прошло время, и акценты в «культурной памяти» сместились, добавились новые «смыслы». Если раньше в восприятии Чудовой обители доминировала идея «чудотворности» (т. е. того, что не связано с деяниями рук человеческих), то сейчас, наоборот, на первый план вышла мысль о необходимости восстанавливать разрушенное; во всяком случае, идея заново построить Михайловский собор высказывалась неоднократно.

До наших дней дошло мало памятников столь же древних, как собор Чудова монастыря, поэтому крайне важно не просто рассказывать об их истории, но и, по возможности, «возвращать» зрительные образы этих сооружений. Количество навсегда утраченных памятников велико, поэтому воссоздание их визуальных образов — актуальная задача научной реконструкции. Не вдаваясь в вопросы философии истории, заметим, что в широком смысле реконструкция и является смыслом любого исторического исследования. Идет ли речь о воссоздании полной картины или отдельных ее элементов и сторон — исследователь находит материал и пути для реконструкции того, что является предметом изучения. И в этом отношении 3D-моделирование не только более наглядный, удобный и легко читаемый, по сравнению с графическим, способ представления давно утраченных объектов, но и инструмент, позволяющий с максимальной точностью на основе исторически достоверных данных воспроизвести облик памятника, используя все сохранившиеся сведения, разбросанные по разным комплексам источников — письменным, археологическим, изобразительным.

Представленная здесь работа — первый опыт проведения научно обоснованной виртуальной 3D-реконструкции соборного храма Чудовой обители¹ и является частью задуманного проекта показа того исторического Кремля, которого сегодня уже нет. Пока что сделаны только первые шаги в этом направлении.

Достижение означенной цели требует решения ряда задач, первая из которых — изучение истории формирования архитектурного облика ансамбля монастыря и собора Чуда Михаила архангела. История монастыря и этапы его застройки довольно хорошо изучены². Их подробное изложение увело бы нас далеко в сторону от предмета настоящей

статьи, но некоторые сведения справочного характера все же необходимо представить.

Чудов монастырь — в прошлом владычная патриаршая обитель русских митрополитов и патриархов — был расположен в северо-восточной части Кремля, недалеко от Спасских ворот между бывшим зданием Сената и снесенным Малым Николаевским дворцом, граничил с Вознесенским монастырем и с Царской площадью. Теперь на этом месте расположен корпус 14 Кремля.

Чудов монастырь был основан святителем Алексием по возвращении из Орды, где он, по преданию, исцелил от слепоты ханшу Тайдулу. В 1365 г. было построено первое каменное монастырское здание — собор Чуда Михаила архангела в Хонех, внутри которого впоследствии и был похоронен основатель монастыря³. В 1431 г. своды храма рухнули, началось строительство нового здания⁴. В 1483 г. строится еще одна новая церковь — в честь святителя Алексия. В 1501 г. при Иване III начинается строительство на месте разобранного за ветхостью третьего по счету храма архангела Михаила, того самого, который простоял до 1929 г. (именно это здание является центральным объектом в нашем проекте). Поначалу собор был пятиглавым, но потом в ходе масштабных реставрационных и строительных работ, проводившихся в 70-х гг. XVIII в. при митрополите Платоне, у здания осталась только одна глава, возможно, из-за опасности обрушения свода. Этот вопрос требует дополнительного изучения. Храм приобретает свой окончательный вид — крыша становится четырехскатной, галереи вокруг здания сносятся, собор остается стоять на высоком цоколе. При митрополите Платоне у трапезной появилось красивое крыльцо с башенками в готическом стиле. Тогда же разбирается старый архиерейский дом и строится новый, впоследствии перестроенный Матвеем Казаковым в Малый Николаевский дворец. Последним сооружением монастыря стал храм-усыпальница в подклете Алексеевской церкви, построенный как место погребения убитого И. П. Каляевым 4 февраля 1905 г. московского генерал-губернатора великого князя Сергея Александровича⁵.

Монастырь не раз за свою историю переживал тяжелые времена: многочисленные пожары, перипетии Смутного времени, погромы во время Чумного бунта, разорение и разграбление французами в 1812 г., когда в обители маршал Даву устроил свою канцелярию, что послужило сюжетом для известной картины В. Верещагина. Но, пожалуй, самые трудные времена настали с марта 1918 г., когда правительство переезжает из Петрограда в Москву. Кремль перестает быть общедоступным и становится режимным объектом, закрываются Чудов и Вознесенский монастыри, прекращаются служ-

бы в соборах. Осенью 1929 г. было принято окончательное решение о сносе Чудова и Вознесенского монастырей. В ночь на 17 декабря 1929 г. Соборный храм в честь Чуда Михаила архангела был взорван. Монастырь уничтожали так поспешно, что реставраторы даже не успели сделать полные замеры обители и сфотографировать монастырские фрески и росписи, хотя работа эта была начата, и специалисты старались сделать все, что могли. Поразительное свидетельство об этом варварском уничтожении памятника истории и архитектуры приводит А. Л. Баталов:

«Москва. 17 декабря 1929 г. Мы, нижеподписавшиеся сотрудники Центр. государственных реставрационных мастерских, научный сотрудник Г. О. Чириков, фотограф А. В. Лядов, практикант-реставратор С. С. Чураков, столяр А. Е. Шлёнский и специалисты по съемке фресковой штукатурки, реставраторы П. Я. Епанечников, Н. Н. Дубков и А. И. Попов, командированные для продолжения производства работ в Московском Кремле в бывшей церкви Чуда архангела Михаила Чудова монастыря по съемке фресок, составили настоящий акт в том, что мы, явившись к 9 часам на работу, нашли храм взорванным и представляющим груду строительного мусора. Оставленные на подмостях накануне, т. е. 16 декабря, только что снятые две фрески святителей в кругах с алтарного абсида и прикрытые фанерой, не найдены, а означенная фанера без фресок оказалась лежащей около развалин среди досок»⁶.

Из архитектурных деталей удалось спасти фрагменты белокаменных северного и западного порталов и терракотовый южный портал собора. О том, как это было, вспоминает В. Н. Иванов: «С большим чудом удалось изъять керамический портал. Он долежал в подклете Ризположенского собора до 1963 г., когда мы вместе с В. И. Федоровым собрали его у входа в первый ярус колокольни Ивана Великого»⁷. Добавим, что туда же помещены и фрагменты фриз Чудова монастыря.

Мощи святителя Алексия перенесли в Архангельский собор, а позднее в Елоховский Богоявленский. Погиб и знаменитый некрополь Чудова монастыря.

На месте монастыря в 1932–1934 гг. по проекту архитектора И. И. Рерберга для Школы Красных командиров им. ВЦИК выстроили здание с клубом на тысячу мест.

С 1955 по 1993 г. здание занимал Верховный Совет СССР, в настоящее время на этом месте располагаются административные службы Администрации Президента РФ и Комендатуры Кремля (сейчас там производится масштабная реконструкция).

Важнейшим этапом работы был поиск и освоение всех сохранившихся сведений о застройке.

Здесь основная проблема — скудность и фрагментарность материалов, поскольку обитель была уничтожена вместе с результатами проведенных накануне сноса обмеров и чертежами. Поэтому любые сведения приобретают особую ценность. Заметим сразу, что выделение этапов в работе носит условный характер, потому что поиск источников, равно как и построение самой модели, не имеет ни промежуточных звеньев, ни полностью завершенных. Работу можно продолжать бесконечно, добиваясь все большей детализации модели и совершенствуя технику визуализации.

Большая часть документального материала по данному проекту хранится в ГИКМЗ «Московский Кремль», РГИА и ГА РФ, и используются впервые. В перспективе стоит задача аккумулировать все сведения и материалы в виде единой информационной базы с возможностью интегрировать ее данные в 3D-среду построенной виртуальной модели⁸. На сегодняшний день существует два основных препятствия, которые затрудняют создание единого информационного комплекса. Во-первых, «вес» модели. Чем более детализирована модель и чем лучше она проработана, тем больше она «весит» и скорее «зависает». «Утяжелять» модель за счет дополнительного размещения информационных материалов не всегда разумно. Во-вторых, это юридические ограничения, касающиеся возможности размещения архивных материалов в сети Интернет. Если первое обстоятельство можно преодолеть за счет использования более мощных технических средств и совершенных программных продуктов, то второе пока реально тормозит создание открытых общедоступных информационных комплексов.

Наиболее ценную информацию для построения виртуальных моделей содержат, конечно же, изобразительные материалы. Научно обоснованная реконструкция подразумевает наличие изобразительных источников, отображающих облик объекта с разных сторон и ракурсов. Особую ценность представляют чертежи или хотя бы зарисовки фундамента объекта, на основании которых, в буквальном смысле слова, строится каркас реконструируемого здания. Не менее важными являются чертежи фасадных проекций и осевых разрезов здания, которые могут обеспечить наивысшую точность при построении модели (моделей). В случае отсутствия чертежей возможна реконструкция и по фотографиям, но, как правило, этот метод не способен обеспечить той точности, которая заявляется при использовании чертежей. Большая часть интересующих нас материалов, в первую очередь планы и чертежи, хранятся в фонде графики ГИКМЗ «Московский Кремль». Эти документы отображают архитектурный облик обители с нача-

ла XIX в. до первой четверти XX в. На них с разной степенью полноты представлены все здания монастыря. К сожалению, в этом собрании сохранилось только одно графическое изображение Михайловского собора — центрального объекта нашей реконструкции — это рисунок фасада, сделанный М.Д. Быковским, архитектором, который руководил масштабной реставрацией Чудова монастыря в 1839–1849 гг. Наличие нескольких планов позволяет судить о застройке территории в разные периоды. Также мы пользовались материалами негатеки ГИКМЗ «Московский Кремль», которая содержит фотографические изображения монастыря, по большей части фрагментарного характера. Существенно дополняют этот фонд фотографии, найденные в Интернете на специализированных сайтах, (например URL: <http://www.oldmos.ru/photo/view/4789>).

Основным источником для построения модели храма Чуда Михаила архангела стали чертежи, выполненные с натуры в середине XIX в. академиком архитектуры Ф.Ф. Рихтером, — 5 уменьшенных изображений церкви, выполненные в масштабе⁹. Ф.Ф. Рихтер одним из первых осознал огромное значение памятников древнерусской архитектуры и необходимость их фиксации.

Сохранившиеся в лапидарии Музеев Кремля подлинные элементы декора порталов позволяют несколько «оживить» образ храма¹⁰. Сохранились также керамические плитки терракотового южного портала.

Важную информацию по истории застройки монастыря можно почерпнуть из многочисленных путеводителей по Кремлю, издававшихся в XIX — начале XX в. Близким к путеводителям по жанру является составленное в 1873 г. иеромонахом Иоанникием «Описание Чудова монастыря»¹¹, построенное по хронологическому принципу, начиная от первых построек и заканчивая последним переустройством обители. Другой труд, «Московский кафедральный Чудов монастырь», существенно дополняет предыдущее издание за счет подробного описания всех зданий монастыря¹². Самое тщательное перечисление и описание построек монастыря содержит ведомость страховых оценок строений Чудова монастыря за 1910 г., сохранившаяся в фондах РГИА¹³.

Подводя итоги краткого анализа документальной базы, можно с уверенностью утверждать, что, несмотря на фрагментарность и разрозненность отдельных свидетельств, суммарная информация, которая в них содержится, вполне позволяет ставить задачу реконструкции того архитектурного облика Михайловского собора и всего Чудова монастыря, который он приобрел к середине XIX в. и в целом сохранил вплоть до своего уничтожения.

Самостоятельной частью представленной работы является описание методики исследования.

Опыт применения 3D-моделирования для решения задач пространственной реконструкции утраченных памятников культуры уже имеет свою собственную историю и историографию. Глубокое знание современного состояния практики применения 3D-технологий в задачах виртуальной реконструкции памятников историко-культурного наследия продемонстрировано в ряде работ Д. И. Жеребятьева и его диссертационном исследовании¹⁴, в первой главе которого подробно рассмотрена история формирования и применения в исторических и археологических исследованиях технологии виртуальной реконструкции. В его работе прослежено, как в западных и российских изданиях постепенно формировался новый подход к анализу, синтезу и репрезентации источникового материала под воздействием возможностей применения быстро развивающихся методик и инструментов 3D.

Прежде чем перейти к описанию методов и технологии исследования, необходимо определить принципы, на которых будет базироваться работа по виртуальной реконструкции Михайловского собора Чудова монастыря. Попытаемся сформулировать требования, которым должна отвечать реконструкция, чтобы считаться научной:

- 1) опираться на точные сведения, полученные путем анализа всего корпуса источников. Все данные об отдельных элементах должны быть выверены и сопоставлены. Это фундамент работы;
- 2) максимально полно использовать все инструменты и методики; наиболее эффективные из них могут быть выбраны только в процессе работы. Поиск и освоение инструментов — самостоятельная задача.

Для построения модели был использован программный комплекс, в который вошли Autodesk AutoCAD, Rhinoceros, Autodesk 3Ds Max, Agisoft Photoscan, ZBrush, Chaos Group V-ray, Adobe Photoshop. В этих программах мы работали с теми же инструментами (включая использование осей и широкого набора инструментов черчения), которые могли бы быть применены при реальном проектировании собора. Архитектор при проектировании мысленный образ изображает в трех проекциях, а реставратор по трем проекциям воссоздает этот утраченный образ. Компьютерные 3D-программы, в том числе AutoCAD, являются виртуальными заменителями реальных инструментов, которыми пользуются архитекторы в своей практике. Взаимосвязанный анализ интерьера и экстерьера позволяет распознать конструктивное решение зданий, выделить несущий остов сооружения. Объясняя выбор

каждой из этих программ, следует указать какую функцию в данном исследовании она выполняет.

Программы рассмотрены в порядке их применения в исследовании.

Autodesk AutoCAD является программой САПР¹⁵, с набором инструментов для составления профессиональных проектировочных чертежей и комплексного трехмерного моделирования. В этом исследовании она использовалась на первом этапе моделирования, а, т. е. при создании электронных чертежей на основе чертежей и генпланов, найденных в архивах ГИКМЗ «Московский Кремль» и в литературе.

Rhinoceros — программное обеспечение для трехмерного NURBS¹⁶ моделирования, и в данном исследовании играет главную роль, является основой всего моделирования. Оно выбрано нами как основное по нескольким причинам:

- 1) эта программа очень удобная; можно даже сказать, что это ее идеология;
- 2) Rhino — чрезвычайно стабильная программа. Не требовательная в ресурсах, запускается на любых компьютерах и даже нетбуках, существует даже версия для iOS — iRhino 3D (просмотр).
- 3) По сравнению с ней 3Ds Max — это сложный многоуровневый «агрегат», или программный комплекс, где моделирование составляет лишь 1/10 программы, он нужен лишь узкому кругу людей;
- 3) Rhino уже становится программой, которой сможет пользоваться каждый исследователь пространственных объектов. Она позволяет с помощью 3D-принтера создать модель из полимеров, стекла, гипса, металла, песка, бетона и других материалов в любом масштабе вплоть до натурального.

Сравним особенности программ AutoCAD и Rhino. AutoCAD — прежде всего чертежная программа, широко распространенная как в высокотехнологичных производствах, так и в науке. Это не значит, что AutoCAD — самый лучший вариант, это значит, что он очень распространен.

Rhino несложно освоить. Если человек не архитектор и даже не инженер, а, например, занимается исторической реконструкцией, то он может сравнительно быстро и свободно начать пользоваться этой программой. Она незаменима там, где есть сложные поверхности, которые трудно или невозможно воссоздать в другой программе. Даже для архитекторов он предпочтительнее, т. к. он легче и проще. AutoCAD и Rhino — это CAD-среда, в которой создается графическая модель. Revit — это составляющая BIM-технологии, в ней модель не просто графический объект, это информация, позволяющая автоматически создавать чертежи и отчеты, выполнять анализ проекта, моделировать

график выполнения работ, эксплуатацию объектов; она предоставляет коллективу строителей неограниченные возможности для принятия наилучшего решения с учетом всех имеющихся данных. Все описанное выше — достаточно сложные технологии, которые не будут применяться на данном этапе, а Rhino более близок для понимания простого человека, он интуитивно дизайнерский¹⁷.

Моделирование происходит понятным образом и простейшим способом, Rhino именно интуитивно понятен, и это его конек. В какой-то мере это программа будущего. Сейчас, конечно, появляется много другого программного обеспечения: например, sketch up Autodesk 123D, но аудитория пользователей rhino с каждым годом все больше, и, похоже, в итоге именно он окажется на передовой.

Возможности программы почти безграничны. Rhino позволяет воссоздавать то, что мы сами глазами увидеть не можем. Мы способны по очереди смотреть планы, чертежи, фотографии, но это всегда будет одна плоскость. Создание модели может нам показать объект, которого уже нет, причем, сделав модель, мы способны перенести ее обратно в наш мир. Сделав (напечатав) объект, мы получаем нечто новое, следовательно, мы можем считать моделирование бесконечным приближением и разработкой все меньших элементов. Еще одним достоинством программы является привлечение BIM-технологий для решения задач, на которые только хватает воображения и увлеченности исследователя (сколько кирпичей пошло на строительство здания, каковы запас прочности конструкции, освещенность, температура внутри в середине июня и т. д.).

Rhino дает нам инструмент для поднятия креативности в исторической науке. Любой человек может начать работать в этой программе, что позволяет преодолеть главное на сегодняшний день препятствие в научной 3D-реконструкции — трудность в создании коллектива из междисциплинарных специалистов (программистов, архитекторов и историков). Относительная простота программы позволяет пользователю заменить собой целый коллектив. Когда люди разных специальностей будут думать в 3D-измерении, это облегчит их сотрудничество.

Важным дополнением к Rhino является *T-spline*, в задачи которого входит расширение возможностей гибкого моделирования и более точная проработка мелких деталей, гибкого моделирования кривых поверхностей. *T-splines*-поверхность имеет меньше образующих, чем *NURBS*-поверхность. Работа с этим плагином ускоряет работу и иногда позволяет создать то, что с помощью *Nurbs*-моделирования осуществить почти невозможно. В данном проекте этот инструмент использовался для моделирования сложных деталей украшения порталов.

Zbrush является крайне специфической программой для трехмерного моделирования. В ней заложена способность имитации процесса лепки 3D-скульптуры, усиленного движком трехмерного рендеринга в реальном времени, что существенно упрощает процедуру создания требуемого 3D-объекта. Каждая точка (пиксель) этой программы содержит информацию не только о своих координатах XY и значениях цвета, но также и глубине Z, ориентации и материале. Это позволяет, кроме «лепки» трехмерного объекта, раскрасить его, рисуя штрихами с глубиной (тень и блики появляются автоматически).

Особенностью редактирования данной программы является модификации кистями геометрии материалов и текстур. Это позволяет добиться высокой скорости работы в режиме реального времени при очень большом количестве полигонов. Используя специальные методы, можно поднять детализацию до десятков миллионов полигонов. Также имеется множество подключаемых модулей (работа с текстурами, геометрией, новыми кистями, быстрая интеграция с профессиональными пакетами 2d и 3d-графики).

3Ds MAX является профессиональной полнофункциональной программной системой для создания и редактирования трехмерной графики и анимации. Данная программа располагает обширнейшими средствами для создания и редактирования разных по форме и уровню сложности трехмерных компьютерных моделей, которые могут быть как реально существующими, так и фантастическими.

- Для реализации замысла исследователя программа предлагает следующие техники и механизмы: полигональное моделирование, в которое входят *Editable mesh* (редактируемая поверхность) и *Editable poly* (редактируемый полигон). Это самый распространенный метод моделирования, используемый для создания сложных моделей и низкополигональных моделей, в том числе для игр.
- установка физически корректного освещения.
- подготовка и текстурирование моделей.

Agisoft photoscanner выбивается из общего ряда программ, использованных в данной работе. Инструмент позволяет автоматически создавать точные и высококачественные 3D-модели мелких объектов интерьера или экстерьера на основе цифровых фотографий, которые, безусловно, требуют последующей обработки и редактирования. Воссоздание больших объектов, например, домов, также возможно, но такие модели, как правило, перегружены поверхностями, имеют запредельный вес и не бывают точны; кроме того, крайне затруднено редактирование полученного результата. Важ-

но подчеркнуть, что работа программы возможна только при наличии достаточного количества сохранившихся четких фотографий высокого разрешения с разных ракурсов. В этой работе программа выполняет функцию создания плиток южного портала, моделировать которые вручную нецелесообразно.

V-Ray (плагин для 3Ds Max) позволяет создавать растровые изображения и анимацию 3D-модели с просчетом света-тени, освещенности материалов, визуализации окружающей среды.

На первом этапе реконструкции восстанавливалась вся застройка монастыря (кроме собора Чуда Михаила архангела).

Восстанавливались следующие объекты монастырского комплекса:

- 1) Комплекс храмов митрополита Алексея, придельной Благовещенской церкви, церкви Андрея Первозванного с трапезными папертями, проездные ворота монастыря;
- 2) колокольня;
- 3) караульная;
- 4) двухэтажные жилые корпуса;
- 5) галереи при монастырских корпусах;
- 6) одноэтажные нежилые корпуса;
- 7) сады и палисадники;
- 8) колодец.

Перед началом процесса моделирования архитектурной среды монастыря необходимо создать план реконструируемой территории. Мы воспользовались чертежом генерального плана монастыря, выполненным профессиональным архитектором В. А. Киприным на основе историко-архитектурного обследования, проведенного Мастерской 17 «Моспроект-2» им. М. В. Посохина, отражающего застройку 1890–1920 гг., который опубликован в сборнике докладов Кадашевских чтений (2011) ¹⁸.

КОМПЛЕКС ГЛАВНОГО ЗДАНИЯ

На начальном этапе восстановления главного здания монастыря при обработке чертежей возникли проблемы их совместимости друг с другом (см. рис. 1).

Чертеж фасада главного здания «Фасад Чудова монастыря в Московском Кремле со стороны Царской площади» выполнен точно, но мелкие детали, такие как колонны крыльца, его арки и украшения изображены нечетко, что заставляет обращаться к другому чертежу «Портал Чудова монастыря Московского Кремля»¹⁹, который тоже выполнен на очень высоком профессиональном уровне, но другим архитектором в другое время. Чертеж имеет другие пропорции и масштаб, что создает ситуацию необходимости выбирать, что будет основным источником для данного элемента, а также ставит задачу дополнительного масштабирования уже готовых

элементов, чтобы привести их все к единому размеру. Поскольку такая ситуация повторяется только на этом объекте четыре раза²⁰, то принято решение брать для каждого элемента тот чертеж, который наиболее подробно и точно воспроизводит объект.

ПОРТАЛ ЧУДОВА МОНАСТЫРЯ

Данный элемент здания имеет непростую конфигурацию, является очень сложным и с архитектурной точки зрения, и со стороны создания модели данного объекта.

Как уже было сказано выше, восстановление крыльца (портала) велось на основании чертежа «Портал Чудова монастыря Московского Кремля» и «Плана двора и первого этажа под церковью Алексия в Чудовом монастыре в Московском Кремле»²¹.

Как и во всех других зданиях, затронутых реконструкцией, сначала были отмасштабированы сами чертежи относительно друг друга, созданы рабочие плоскости и настроены видовые экраны (рис. 2). После этого шел процесс обводки чертежей (рис. 3).

Завершив процесс создание контуров объекта и проверив замкнутость линий, мы смоделировали колонны вместе с декоративной аркой с использованием инструментов «revolve» («вращать вокруг оси») и «sweep 1 rail» («построить по пути»). После этого были сделаны контрформы²², которые повторяют форму внутреннего пространства портала (рис. 4).

На всех этапах моделирования постоянно проводились проверки точности моделирования и вычислений, происходили сравнения проекций и линий для соблюдения идеальной точности (рис. 5).

В отдельном файле моделировалось навершие крыльца Чудова монастыря (рис. 6–8).

Нужно иметь в виду, что, поскольку чертежи выполнялись в разное время и разными специалистами, то помимо разницы масштабов и пропорций на чертежах и рисунках, существует проблема различного наименования одних и тех же объектов. Например, рисунок из собрания Кремлевских музеев 42590 КП. Гр-556 имеет подпись «Фасад колокольни и флигеля Чудова монастыря со стороны Сената», а на генплане В. А. Киприна, который отражает застройку этого же периода, присутствуют названия «колокольня, караульная, двухэтажные жилые корпуса». Причиной этому может служить разница в документации, используемой архитекторами в разное время и с разными целями.

КОЛОКОЛЬНЯ

Здание колокольни и флигеля строились на основании четырех источников. Это рисунок 42590 КП. Гр-556. «Фасад колокольни и флигеля Чудова монастыря со стороны Сената», Россия, первая по-

ловина XIX в., и три общие фотографии монастыря, полученные с сайта OLDMOS.RU²³.

При очерчивании фасада колокольни и флигеля в проекции FRONT сразу же обнаружилось последствие коробления бумаги (неровности линий). Для минимизации последствий этого было принято решение включить режим Ortho, и, опираясь на существующий рисунок (с соблюдением отклонения), мы сделали ровные чертежи по одной из сторон колокольни, которые были отражены и замкнуты, а также стали отправной точкой в строительстве данного объекта (см. рис. 9).

После очерчивания деталей колокольни и флигеля начинается процесс создания формы здания, добавление архитектурных элементов — окон, дверей, проездов и проемов.

Анализ фотографий колокольни и чертежей показал, что изображения на них отличаются друг от друга (рис. 10–11). Расхождения заметные, но не влияющие на построение основного объема здания. Пока не найдено удовлетворительных объяснений этому различию, решено было построение колокольни продолжать в соответствии с чертежом.

ЖИЛЫЕ КОРПУСА И ЦЕРКВИ МИТРОПОЛИТА АЛЕКСЕЯ, БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ, АНДРЕЯ ПЕРВОЗВАННОГО

Данные объекты восстанавливались также по нескольким источникам, это чертежи «Фасад Чудова монастыря в Московском Кремле со стороны Оружейной палаты»²⁴, «Фасад Чудова монастыря со стороны Сената»²⁵ и фотографии²⁶.

Здесь, как и с другими объектами реконструкции, возникла ситуация разногласия источников: чертеж В. А. Киприна (Моспроект-2) имеет расхождения с фасадными чертежами зданий жилых корпусов XIX в., на которых не указывались места излома линии здания, как это было сделано у В. А. Киприна. Также сами чертежи фасадов имеют небольшую разницу высот, которая, хотя и не влияет на процесс моделирования, но требует внимания.

Самостоятельной задачей данного раздела является восстановление комплекса храмов Алексея митрополита, придельной Благовещенской церкви, церкви Андрея Первозванного с трапезными и папертями, проездные ворота монастыря. Эти объекты являются частью главного здания монастыря, между ними существовал переход.

Для реконструкции также могут быть использованы следующие материалы: негатив «Обмер. Чудов монастырь. Фасад арх. Ф. Ф. Рихтер. Музей Академии художеств. № 18-А-12098. 1964»²⁷, на ко-

тором изображен монастырь со стороны Царской площади с детальной прорисовкой многих элементов храмов и трапезной. Кроме того, сохранилось множество фотографий различного качества, на которых отчетливо видны многие элементы этой части монастыря²⁸.

Галереи²⁹ на территории монастыря по периметру зданий были пристроены отдельно от основного строительства, так как, зачастую это были просто деревянные балконы и лестницы, которые никак не могли быть запланированы изначально и служили исключительно для удобства перемещения между зданиями (рис. 12).

В монастыре также были богатые сады и палисадники; на тех же общих фотографиях, найденных на сайте oldmos.ru, мы видим густую растительность внутри стен обители, которая будет также восстанавливаться на основании данных этих фотографий и общей информации о растительности того периода (рис. 13–14).

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ХРАМА ЧУДА МИХАИЛА АРХАНГЕЛА

Данный объект является центральным в нашей работе. Повторим, что в основу реконструкции был положен чертеж тушью Ф. Ф. Рихтера (рис. 15), на котором расположились сразу пять уменьшенных изображений собора: поперечный разрез церкви по линии А-В, западный фасад с детальной прорисовкой интерьера и элементов декора, план фундамента, а также южный и северный порталы. Был также проанализирован анонимный план собора Михаила Архангела, приводящийся во многих серьезных исследованиях, подписанный как относящийся к концу XIX в.³⁰ Происхождение указанного чертежа авторами этих работ никак не объясняется.

Анализ этих двух изображений с помощью программы Adobe Photoshop показал, что они практически идентичны. Различия в мелочах: на анонимном чертеже здание примерно на 9 сантиметров длиннее по оси запад-восток, а южный портал на более позднем чертеже несколько глубже. Складывается впечатление, что этот более поздний по времени план собора был сделан на основе рихтеровского.

Далее речь пойдет исключительно о процессе моделирования здания храма.

ПОСТРОЕНИЕ ЭКСТЕРЬЕРА ХРАМА

Данный аспект работы наиболее полно обеспечен источниками: сохранились фотографии, чертежи и другие документы. Этот этап стал ключевым в исследовании и задал тон всей работе.

ЭТАП 1 (СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ)

Бумажный чертеж Ф. Ф. Рихтера был оцифрован и обработан в растровом редакторе Adobe Photoshop — для улучшения контрастности и уменьшения искажений, вызванных короблением бумажного носителя. Также чертеж был разделен на фрагменты, в соответствии с изображенными на нем проекциями (западный фасад, план, продольный разрез, чертежи северного и южного порталов).

Далее растровые изображения проекции были импортированы в векторную среду AutoCAD. Произведено точное выравнивание, масштабирование чертежей и их обводка (перевод в векторную графику) под дальнейшее построение модели.

Линии, получившиеся в процессе обводки чертежа, были объединены в группы по принципу одна группа — один фундамент.

ЭТАП 2 (ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ХРАМА)

Чертеж из программы AutoCAD был импортирован в Rhino для создания 3D-модели. Надо отметить, что работа над моделью портала и моделью храма велась в отдельных файлах, чтобы не перегружать их информацией.

Сначала загруженные чертежи были выравнены по осям. После чего создавались Cplanes (рабочие плоскости) по точкам и видовые экраны (TOP, FRONT, RIGHT), для каждого из которых проводилась вышеописанная процедура.

Важно отметить, что, помимо электронных чертежей, в программу загружались и отсканированные чертежи Рихтера для постоянного мониторинга точности построения и выявления искажений, если таковые будут иметь место.

Моделирование храма можно разделить на несколько этапов:

- Выравнивание и масштабирование растровых проекций относительно друг друга. Обводка чертежа перевод в векторную графику. Выделение осей здания и отдельных элементов (см. рис. 16).
- Экспорт в rhino 2D-чертежа.
- Выдавливание общего объема и создание строения (см. рис. 17).
- Контрформы (вычитаемый из общего объема здания объект, в результате чего образуется интерьерное пространство) 31 (см. рис. 20).

Первая часть работы наиболее ответственная, так как высочайшая точность в работе (менее 0,4 мм) достигается только при наличии правильно выстроенных растровых проекций каждого типового элемента. Эта часть работы не занимает много времени, но требует внимательности и знания ос-

нов параметрического 3D-моделирования. Для этого были использованы чертежи (см. рис. 19).

Следующая стадия закладывает основы работы с моделью храма: обводятся чертежи храма, которые потом будут превращены в его стены, купол и другие элементы.

Только на третьем этапе, получив точные чертежи, мы можем создать оси самого здания и его элементов, чтобы избежать искажения и неточности в работе.

Четвертый этап является техническим, вся его суть сводится к экспорту файла чертежа и его открытие в другой программе (с проверкой целостности содержимого), где и будет происходить основная часть моделирования.

Пятый этап — это уже непосредственное получение 3D-объема здания и создание контрформы храма, которая послужит формой будущего интерьера храма.

Шестой этап включает в себя построение купола по уже созданным на втором и третьем этапах заготовкам, с элементами украшений, ему свойственных, а также реконструкцию апсид храма.

Последний, седьмой этап — это финишная обработка геометрии храма, на котором происходит создание всех окон, украшений, аркатурного пояса (см. рис. 22).

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕРЬЕРА ХРАМА

Эта часть исследования также строилась на основе чертежей Ф. Ф. Рихтера. Дополнительную информацию об интерьере можно извлечь, анализируя фотографии из архива ГИКМЗ «Московский Кремль»³², на которых представлена восточная часть храма.

ПОДЗЕМНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Самый полный материал о фундаменте и подземных помещениях собора содержится в работе В. П. Выголова³³, которому удалось обнаружить в фондах Научно-исследовательского музея архитектуры им. Щусева три чертежа и три фотографии (не очень высокого качества) подвалов. Проанализировав эти документы, исследователь приходит к выводу, что мощный двухъярусный подклет собора Чуда Михаила архангела «достался» ему от предыдущего разобранного собора и был более вытянут в длину, чем последний собор. Разница составляла примерно 7,5 м за счет западной части. Судя по фотографиям, стены выполнены из белокаменных крупных блоков. Назначение подвалов не вполне ясно. Доподлинно лишь известно, что они использовались как места заключения неугодных власти и церкви людей. Возможно,



Рис. 1. Увеличенный фрагмент рисунка «фасад Чудова монастыря» с наложением чертежа портала

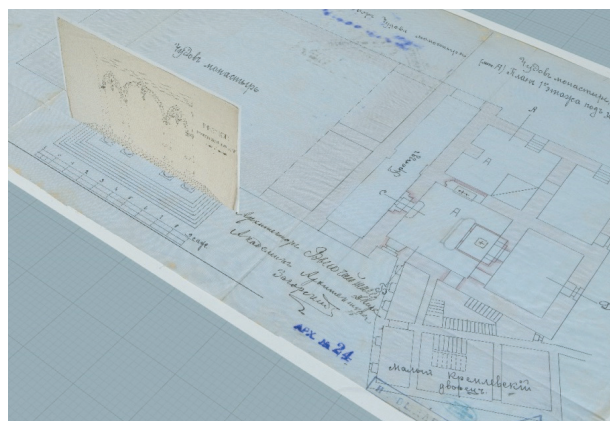


Рис. 2. Перспективная проекция. Чертежи крыльца и главного здания после масштабирования и выравнивания

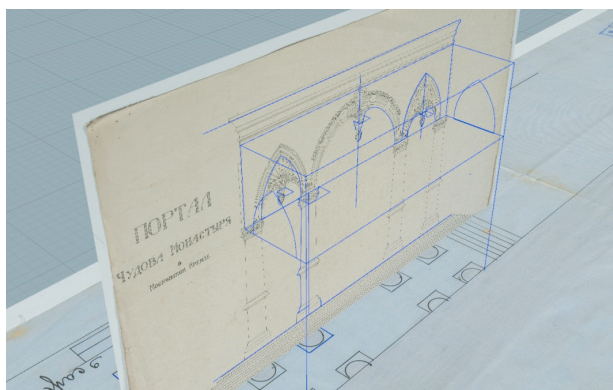


Рис. 3. Перспективная проекция. Обводка чертежа портала Чудова монастыря

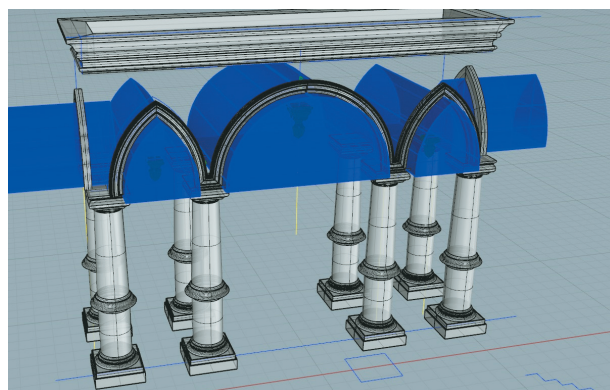


Рис. 4. Перспективная проекция. Контрформы (синие)

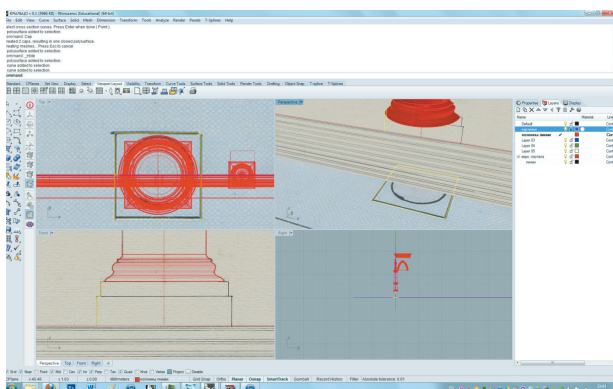


Рис. 5. Окно четырех проекций в момент проверки точности построений

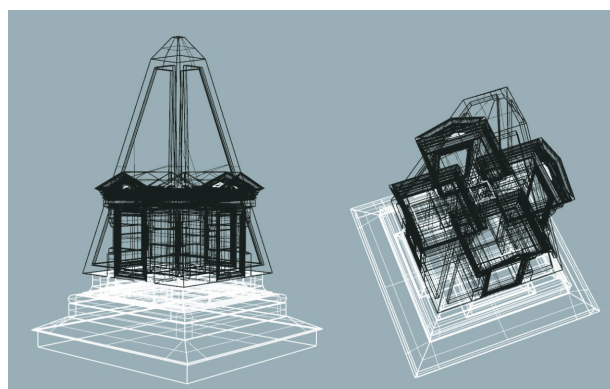


Рис. 6. Перспективная проекция наверхия портала Чудова монастыря

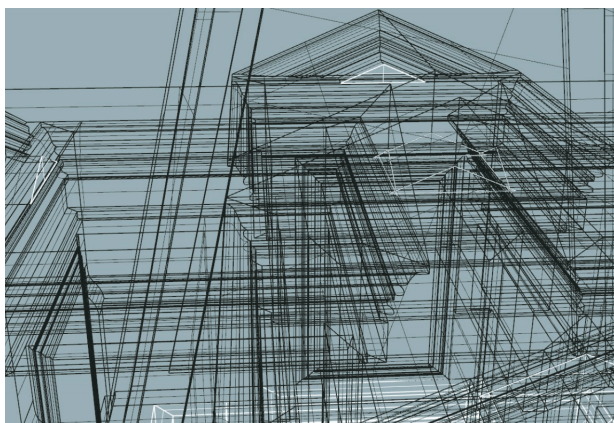


Рис. 7. Перспективная проекция навершия портала Чудова монастыря. Фрагмент



Рис. 8. Визуализация навершия портала Чудова монастыря

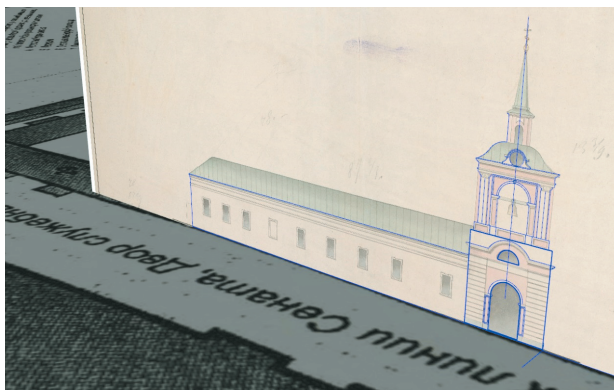


Рис. 9. Симметричная колокольня была начерчена с одной стороны и отзеркалена на другую сторону вертикальной оси



Рис. 10. Фрагмент фотографии колокольни.
Источник: URL: <http://oldmos.ru/photo/view/49714>



Рис. 11. Фрагмент чертежа колокольни источник: ГИКМЗ «Московский кремль» 42590 кп. Гр-556. Рисунок. «Фасад колокольни и флигеля Чудова монастыря со стороны Сената». Россия, первая половина XIX в.



Рис. 12. К. Фишер 1910 г. «Двор Чудова монастыря» № 1. Источник <http://oldmos.ru/photo/view/13812>



Рис. 13. Визуализация главного здания Чудова монастыря.



Рис. 14. Визуализация декоративного оформления въездной арки монастыря (левая и правая части соответственно)

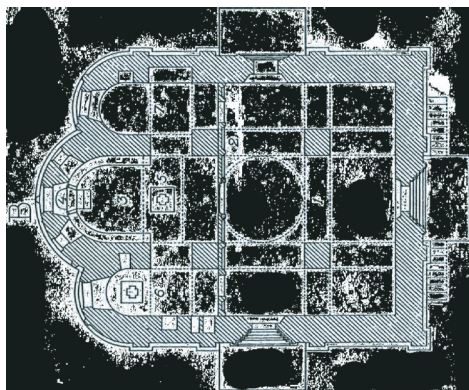


Рис. 15. Фрагмент чертежа Рихтера Ф. Ф. Сер. XIX в. Суслов. Указ. соч.

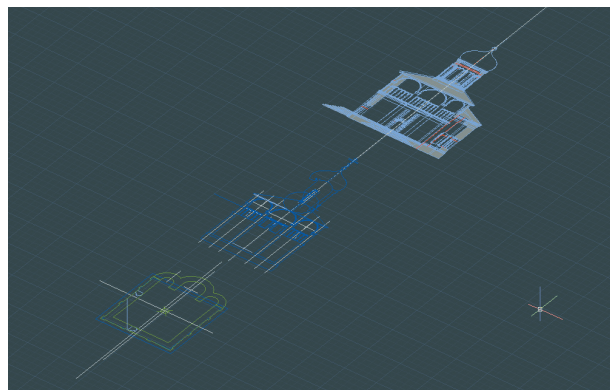


Рис. 16. Перспективная проекция. Обводка и выделение осей

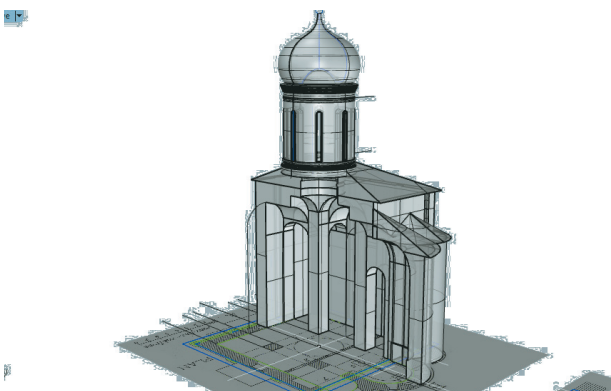


Рис. 17. Перспективная проекция. Объем здания храма

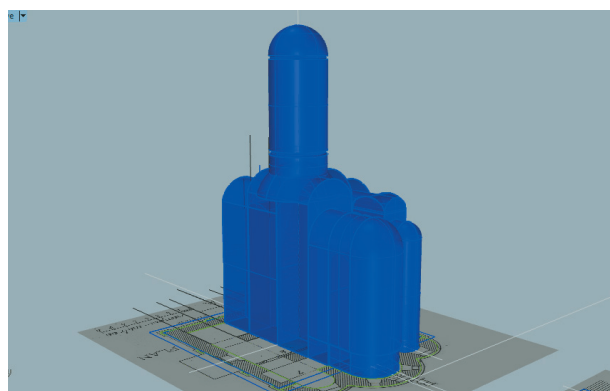


Рис. 18. Перспективная проекция. Контрформа здания храма (для создания интерьера)

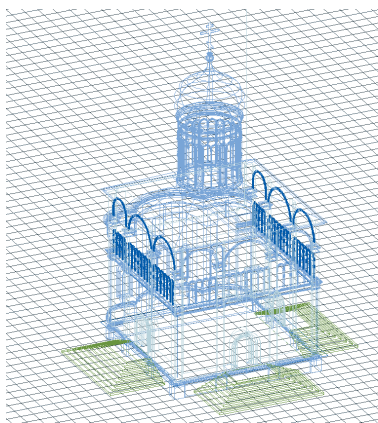


Рис. 19. Перспективный вид 3D-модели храма Чуда Михаила. Выполнено в программе AutoCad

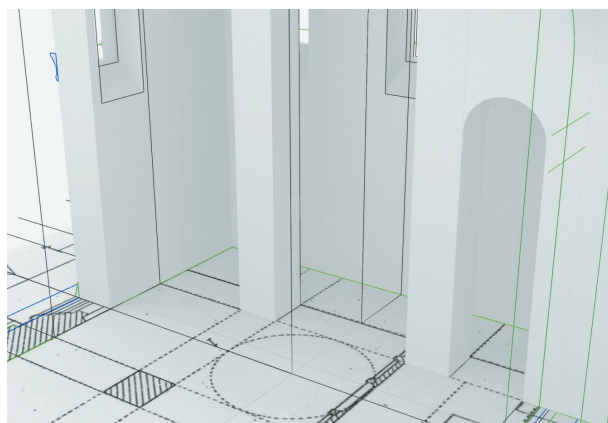


Рис. 20. Трехмерный разрез собора.
(точность до 0.4 мм.)



Рис. 21. Перспективный продольный разрез

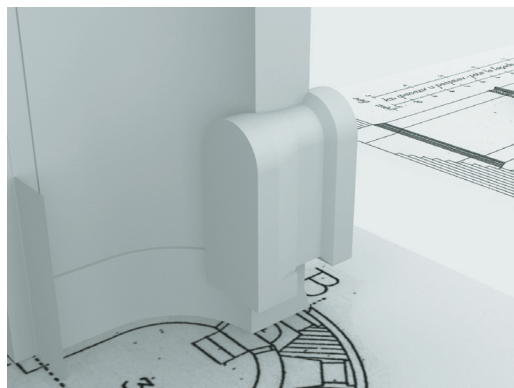


Рис. 22. Перспективная проекция.
Процесс вырезания окна



Рис. 23. Перспективная проекция.
Храм Чуда Михаила Архангела

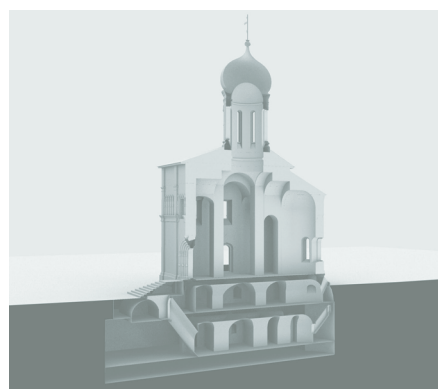


Рис. 24. Визуализация сечения храма по линии а-б
с подвальными помещениями

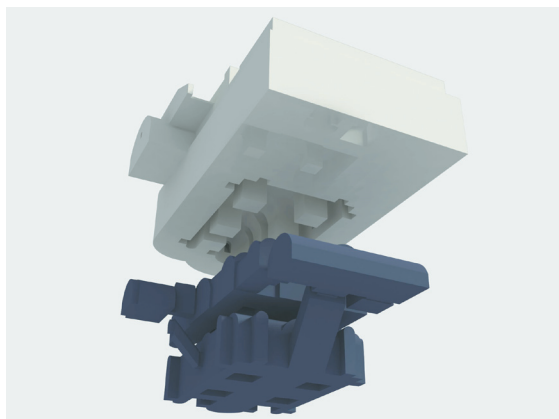


Рис. 25. Визуализация модели подвала с контформами

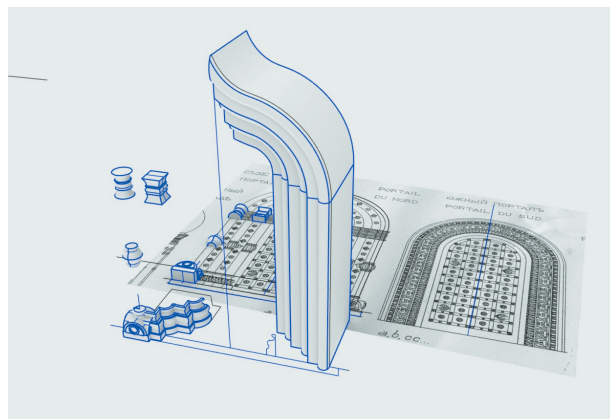


Рис. 26. Перспективная проекция построения порталов

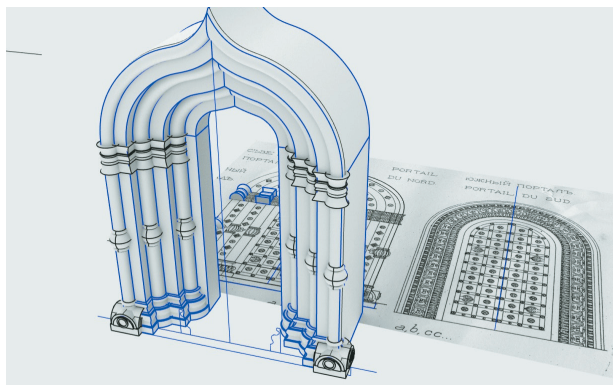


Рис. 27. Перспективная проекция построения порталов

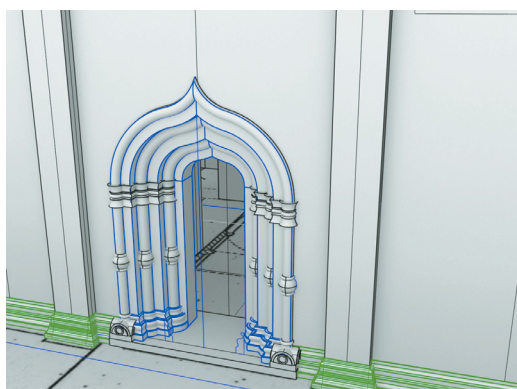
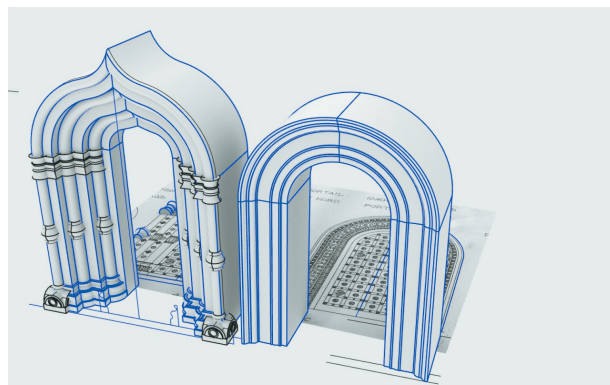


Рис. 28. Перспективная проекция. Построенного портала



Рис. 29. Круглый сноп портала

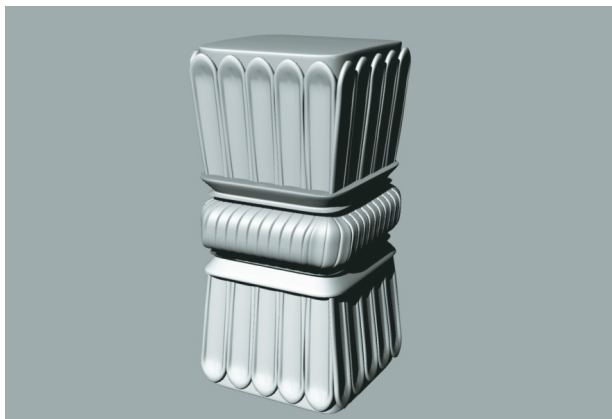


Рис. 30. Прямоугольный сноп портала



Рис. 31. Дынька портала



Рис. 32. Плитка с вертикальным стеблем и птицами



Рис. 33. Плитка с вазоном

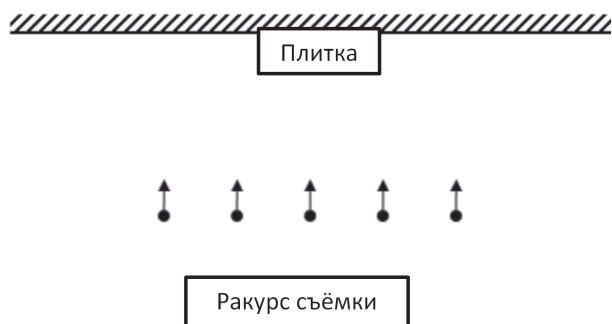


Рис. 34. Изображение процесса съёмки



Рис. 35. Плитка с чашей, в которую помещены побеги цветов



Рис. 36. Плитка с прорастающим стеблем и спиральными завитками побегов

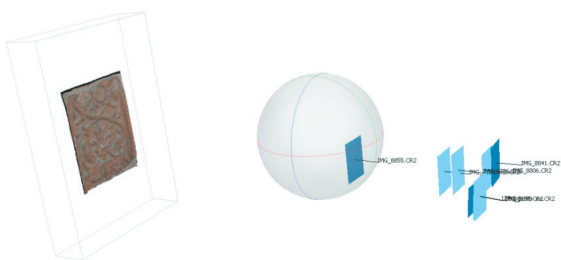


Рис. 37. Текстурированная модель плитки



Рис. 38. Визуализация северного портала храма Чуда Михаила Архангела



Рис. 39. Визуализация западного портала.
Обработка модели: 3Ds Max +V-ray, Photoshop



Рис. 40. Визуализация, вид с запада



Рис. 41. Визуализация интерьера и просчет
освещённости внутреннего пространства.
(3Ds Max +V-ray+Photoshop)



Рис. 42. Визуализация. Встраивание 3D-модели в фотографию — еще одна возможность верификации построенной модел

что часть их, как считает В. П. Выголов³⁴, была отдана под склады. Хотя чертежи не очень точные, по оценке самого В. П. Выголова, а фотографии фрагментарные и невысокого качества, все же мы смогли на их основе построить два подземных этажа подклета собора Чуда Михаила архангела.

ПОСТРОЕНИЕ ПОРТАЛОВ ХРАМА

Для решения задачи воссоздания южного, северного и западного³⁵ порталов храма были привлечены следующие программы: Rhino с модулем T-spline, Photoscan, Zbrush.

На данном этапе представилась возможность сравнить чертежи всех трех порталов с их сохранившимися подлинными, хотя и сильно пострадавшими фрагментами.

Восстановление деталей северного портала (в программе rhino)

Восстановление велось в две фазы:

На первой: электронные чертежи, полученные ранее, были экструдированы по пути, благодаря чему получился профиль портала, который с помощью инструмента «mirror» был отражен и превращен в блок (см. рис. 26–27).

На второй: воссоздавались собственно детали порталов: дыньки и снопы по фотографиям и проведенным на месте замерам. В программе задавались точные параметры этих замеров, создавались, на основе примитивов, элементы деталей, которые потом путем объединения превращались в единый объект.

ДЕТАЛИЗАЦИЯ

Воссоздание квадратной и круглой сноповидной капители

В программе Rhino включался специальный модуль T-spline, в котором из стандартного примитива «plane» путем удаления и скругления боковых линий и очерчивания фотографий данных элементов, сделанных в Лапидарии ГИКМЗ «Московский Кремль», создавались лепестки сноповидных капителей; после этого необходимо было данную поверхность изогнуть, скруглить и замкнуть в один объект. Далее требовалось смоделировать основное тело капители; это происходило путем создания дополнительного примитива T-spline — box, у которого уже удалялись не линии, а половина полигонов по линии центра объекта. После этого происходит добавление линий, их сдвиг и экструдирование по контурам ортогональной проекции фотографии.

Воссоздание дынек портала

Для этих элементов применяется та же программа, но построение происходит не на основе примитивов t-spline. Идет моделирование кривыми

линиями, т. е. не редактирование 3D-тела, а работа с 2D-объектами, которые с помощью инструмента «loft» были объединены по заранее заданному пути.

Задавались точные параметры этих замеров; на их основе были получены профили объектов, которые впоследствии были объединены, изогнуты и превращены в единый объект с помощью инструментов плагина T-spline.

Для восстановления и моделирования западного портала, который очень незначительно, только стилистически, отличается от северного, применялись те же методы и та же последовательность действий, что и в первом случае.

Восстановление деталей южного портала

Для моделирования этого элемента работы требуются совершенно иные методы, нежели те, что применялись до этого. Главное отличие заключается в том, что основой для воссоздания портала послужат фотографии, сделанные в настоящее время.

Всего в портале повторяются четыре уникальных вида плитки (см. рис. 32–35). Сначала каждая плитка была снята на фотоаппарат с разных ракурсов. Далее фотографии были отмасштабированы и подверглись цветокоррекции в Photoshop. После обработки фотографии помещались в среду программы Photoscan, где они были выравнены относительно объекта для начала создания модели. После задания этих параметров программой было рассчитано облако точек, на основе которого и должна строиться модель.

Предпоследней стадией стало непосредственное создание модели. Так как данный объект является достаточно мелким и с большим количеством деталей, был выбран программный тип модели, позволяющий соблюдать масштабность рисунка на плитке.

Следующим шагом в моделировании плиток стало создание текстуры модели. Процесс текстурирования происходит на двух отдельных этапах: на первом строится плоская поверхность, а на втором идет обработка вертикальных областей (см. рис. 37). Данный тип текстурирования позволяет избежать неточного отображения текстур в областях стыковки, а также получать компактные текстуры для близких к плоским сцен, сохраняя качество текстуры вертикальных областей.

При завершении процесса создания и текстурирования модель загружается в программу Zbrush, где создается displacement map (bump mapping), по смыслу — это карта высот, на ее основе в программе 3Ds Max будет создаваться материал, который включает эту текстуру и карту. Данный материал уже станет плиткой для портала, интегрируемого в общую модель.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОСТРОЕННОЙ 3D-МОДЕЛИ

Завершающей частью работы является создание материалов визуализации, подтверждающих те тезисы, которые выдвигались в данном исследовании. Для этого процесса применяется программа 3Ds Max с предустановленным модулем V-ray, который по заранее заданным параметрам проводит просчет светотени и отражения материалов, что дает возможность судить о точности выполнения реконструкции, сравнивая ее с фотографиями и чертежами без применения специальных программ и знаний.

Итак, мы представили здесь результаты начального этапа научно обоснованной реконструкции собора Чуда Михаила архангела Чудова монастыря, на котором были опробованы некоторые технологии пространственного моделирования.

1. В процессе работы была выявлена источниковая база, основу которой составили, прежде всего, графические материалы, как опубликованные, так и хранящиеся в архивах. Все документы были собраны, проанализированы, преобразованы в цифровую форму и загружены на электронные носители. При формировании источниковой базы учи-

тывались все графические материалы, касающиеся Чудова монастыря (а не только храма Чуда Михаила архангела, который был объектом исследования), что позволило представить реконструируемый объект в «родной» архитектурной среде. Этот этап нельзя считать завершенным, поскольку источниковая база продолжает пополняться новыми свидетельствами.

2. Информацию источников удалось синтезировать в виде научно обоснованной 3D-модели с помощью программ Autodesk AutoCAD, Rhineros, Autodesk 3Ds Max, насколько можно судить, впервые примененных в России в целях реконструкции утраченного исторического памятника — собора Чуда Михаила архангела. Данная 3D-модель может быть загружена в любой 3D-движок, при помощи которого по ней можно виртуально «путешествовать».

Авторы признательны А. В. Гращенкову, О. В. Дмитриевой, В. А. Меняйло и О. И. Мироновой, сотрудникам ГИКМЗ «Московский Кремль» за помощь в работе. Особую благодарность хотим выразить профессору Л. И. Бородину, заведующему кафедрой исторической информатики исторического факультета МГУ, который побудил нас заняться этой темой, а также Д. И. Жеребятёву, преподавателю этой же кафедры, за ценные советы.

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ Следует заметить, что первым опытом реализации идеи виртуальной исторической реконструкции Кремля был совместный проект Дармштадского технического Университета и Музеев Кремля, начатый в 2002 г. под руководством профессора Манфреда Кооба. К сожалению, храм Чуда Михаила архангела не был объектом 3D-реконструкции, осуществленной немецкими учеными. Чудов монастырь представлен только фасадом со стороны Царской площади. Подробнее об этом проекте можно узнать: Эхо Москвы / Интервью / Виртуальная реконструкция московского Кремля от начала XII века до XX столетия / Андрей Баталов, Манфред Кооб // URL: <http://www.echo.msk.ru/programs/kremlin/41448/> [дата обращения 24 мая 2013 г.].
- ² Снегирев И. М. Церковь Чуда архангела Михаила в Чудовом монастыре // Русская старина в памятниках церковного и гражданского зодчества. М., 1859. С. 72–78; Забелин И. Е. История города Москвы. М., 1995; Красовский М. В. Планы древнерусских храмов: (Опыт исслед. допетров. церк. рус. зодчества в связи с церк. зодчеством Византии). Пг., 1915; Выголов В. П. О первоначальной архитектуре собора Чудова монастыря // Средневековое искусство. Русь. Грузия. М., 1978. С. 63–82; Гращенков А. В. Архитектурный декор собора Чудова монастыря по материалам Лапидария Государственных музеев Московского Кремля // Реставрация и архитектурная археология: новые материалы и исследования. М., 1991. С. 199–210; Беляев Л. А. Древнейшие монастыри Москвы по данным археологии (конец XIII–XVII вв.): автореф. дис.... д-ра ист. наук. М., 1994; Меняйло В. А. Храмовый образ собора во имя Чуда архангела Михаила в Хонех в Московском Кремле // Филимоновские чтения. М., 2004. С. 116–137; Баталов А. Л. Реставрация памятников архитектуры в Российской империи второй половины XIX века // Памятники архитектуры в дореволюционной России: Очерки по истории реставрации памятников архитектуры. М., 2003; Панова Т. Д. Кремлевские усыпальницы: история, судьба, тайна // Гос. историко-культурный музей-заповедник «Московский Кремль». М., 2003; Кучкин В. А. Первые каменные постройки в кремлевском Чудовом монастыре // Материалы и исследования ГММК. М., 1980. С. 5–11; Балашова Т. В. Чудов монастырь

- в конце XIX — н. XX в. // Православные святыни Московского Кремля в истории и культуре России. М., 2006. С. 360–378.
- ³ Московский кафедральный Чудов монастырь. Сергиев. М., 1896. С. 4.
- ⁴ Там же. С. 10.
- ⁵ Степанов М. П. Храм усыпальница Великого Князя Сергея Александровича во имя Преподобного Сергея Радонежского в Чудовом монастыре в Москве. М., 1909. С. 6.
- ⁶ Баталов А. Л. На грани культур // Архитектура и строительство Москвы. 1989. № 5. С. 13.
- ⁷ Павлович М. К. Владимир Николаевич Иванов. К столетию со дня рождения: 1905–2005. Федеральное государственное учреждение «Государственный Историко-Культурный Музей-Заповедник «Московский Кремль». М., 2005. С. 22–25.
- ⁸ Опыт такой интеграции осуществлен Д. И. Жеребятьевым при работе над виртуальной реконструкцией монастырского комплекса «Всех скорбящих радости». Результаты этой работы представлены в ряде статей и диссертационном исследовании автора. См., например, «Построение открытой информационной среды в задачах 3D-моделирования историко-культурного наследия: онлайн доступ к источникам виртуальной реконструкции монастырского комплекса начала XX в.» // Историческая информатика: Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. 2012. № 1. С. 80–93.
- ⁹ Суслов В. В. Памятники древне-русского искусства: Вып. 1–7. СПб., 1901.
- ¹⁰ Наиболее полную информацию о составе коллекции лапидария содержит каталог, составленный А. В. Гращенковым: Гращенков А. В. Архитектурные детали и фрагменты сооружений XIV — начала XX века Architectural elements and fragments of buildings and constructions, the 14th century — the beginning of the 20th century. М., 2010.
- ¹¹ Иоанникий иеромонах. Описание Чудова монастыря. М., 1873.
- ¹² Московский кафедральный Чудов монастырь. Сергиев, 1896.
- ¹³ Хозяйственное управление при синоде. Ведомость страховых оценок строений Чудова монастыря. 1910 // РГИА. Ф. 799. Оп. 33. Д. 925. Л. 1–14.
- ¹⁴ Жеребятьев Д. И. Методы исторической реконструкции памятников истории и культуры России средствами трехмерного компьютерного моделирования. Дис. канд. ист. наук. М., 2013. С. 20–76.
- ¹⁵ Система автоматизированного проектирования.
- ¹⁶ Non-uniform rational B-spline (Неоднородный рациональный B-сплайн).
- ¹⁷ Revit и AutoCAD — продукты одной компании. Многолетнее налаживание взаимной работы этих программ привело к тому, что в AutoCAD появилось много элементов BIM-среды. Из-за этого некогда простой графический пакет стал весьма сложным профессиональным инструментом. Надо отметить, что Rhino, Revit и AutoCAD — программы твердотельного моделирования, твердотельные объекты — основа BIM-среды, т. е. Rhino не остается в стороне от BIM-среды.
- ¹⁸ Киприн В. А. История развития застройки и планировки территории Чудова монастыря // Кадашевские чтения. М., 2011. С. 129–154.
- ¹⁹ ГИКМЗ «МОСКОВСКИЙ КРЕМЛЬ» ОРПГФ 42644 КП. Гр-1219. Чертеж. «Портал Чудова монастыря Московского Кремля». Россия, первая четверть XX в.
- ²⁰ ГИКМЗ «МОСКОВСКИЙ КРЕМЛЬ» ОРПГФ: 1. Крыльцо (фасад), чертеж 42644 КП. Гр-1219, 2. Крыльцо (правая боковая часть) крыльца, кроки 42652 КП. Гр-1227. «Разрезы крыльца Чудова монастыря в Московском Кремле». Россия, первая четверть XX в. 3. Крыльцо (боковая арка) кроки 42654 КП. Гр-1229. «Обмер арки правого бокового фасада портала Чудова монастыря в Московском Кремле». Россия, первая четверть XX в. 4. Окно чертеж Ф61 Н7075 прорисовка окон гл. здания монастыря с профилями сер. XIX в.
- ²¹ ГИКМЗ «МОСКОВСКИЙ КРЕМЛЬ» ОРПГФ 42615 КП. Гр-1192. Чертеж. «План двора и первого этажа под церковью Алексия в Чудовом монастыре в Московском Кремле». Россия, конец XIX в.
- ²² Данный способ построения пространства избран как наиболее точный и оптимальный по трудозатратам, также он будет применяться и для построения интерьеров храма.
- ²³ Фото 1. Вид Кремля со здания Сената (1) 1918–1928 г. URL: <http://oldmos.ru/photo/view/49713> [дата обращения 10 мая 2013 г.]; Фото 2. Вид Кремля со здания Сената (2) 1918–1928 г. URL: <http://oldmos.ru/photo/view/49714> [Просмотрено 10. май.13]; Фото 3. Собрание Э. В. Готье-Дюфайе Кремль. Проезд между Сенатом и Вознесенским монастырем 1914 год. URL: <http://www.oldmos.ru/photo/view/48221> [дата обращения 10 мая 2013 г.]
- ²⁴ ГИКМЗ «МОСКОВСКИЙ КРЕМЛЬ» ОРПГФ, 42588 КП. Гр-554. Рисунок «Фасад Чудова монастыря со стороны Оружейной палаты». Россия. 1837 г.

-
- ²⁵ ГИКМЗ «МОСКОВСКИЙ КРЕМЛЬ» ОРПГФ. 42587 КП. Гр-553. Рисунок «Фасад Чудова монастыря со стороны Сената». Россия, первая половина XIX в.
- ²⁶ Вид Кремля со здания Сената (1) URL: <http://oldmos.ru/photo/view/49713> [дата обращения 10 мая 2013 г.]; Cathedral of Saint Michael in Moscow Kremlin URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cathedral_of_Saint_Michael_in_Moscow_Kremlin.JPG [дата обращения 10 мая 2013]; Чудов монастырь со стороны Царской площади URL: http://img-fotki.yandex.ru/get/6445/44617652.f1/0_83a1a_61aa6e89_XXXL.jpg [дата обращения 10 мая 2013]; Кремль. Проезд между Сенатом и Вознесенским монастырем URL: <http://www.oldmos.ru/photo/view/48221> [дата обращения 10 мая 2013].
- ²⁷ ГИКМЗ «Московский Кремль» Ф. 61. Д.7053.
- ²⁸ К. Фишер 1910 г. «Двор Чудова монастыря № 1. [дата обращения 11 мая 2013 г.]. URL: <http://oldmos.ru/photo/view/13812>; Вид Кремля со здания Сената (2) URL: <http://oldmos.ru/photo/view/49714> [дата обращения 11 мая 2013 г.]; Вид с колокольни Ивана Великого на Чудов монастырь Фото второй половины XIX века URL: <http://www.kreml.ru/ru/picture/?id=3426&lang=ru> [просмотрено 11. май. 2013]; Вид Кремля со Спасской башни URL: <http://www.oldmos.ru/photo/view/25435> [просмотрено: 11. май. 2013].
- ²⁹ См. «Вид Кремля со Спасской башни...».
- ³⁰ Выголов В.П. Указ. соч. С. 63–82; Воронов А.А. Монастыри Московского Кремля. М., 2009. С. 31 и др.
- ³¹ Применяются методы булевой алгебры, используемые программой.
- ³² ГИКМЗ «Московский Кремль». Ф. 61. №: 1787, 1797, 4423, 4424, 4430, 4680, 4423; Ф 61. Д. 73, № 46–01, 44–01, 45–01, 43–01.
- ³³ Выголов В.П. Указ. соч. С. 63–82.
- ³⁴ Там же.
- ³⁵ Хотя чертежа этого портала не сохранилось, но в Лapidарии ГИКМЗ «Московский Кремль» хранятся фрагменты этого портала, а также есть одна фотография в книге И.Э. Грабаря «История русского искусства». М., 1906 г.
-