

ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА ФОРМ ПАМЯТНИКА АРХИТЕКТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ ХРАМА АЛЕКСАНДРА НЕВСКОГО В НОВОСИБИРСКЕ (НОВНИКОЛАЕВСКЕ))

А.В.Радзюкевич, М.А. Чернова

Новосибирская государственная архитектурно – художественная академия, Новосибирск, Россия

В.А. Середович, А.В. Иванов

Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск, Россия

Аннотация

Описывается новая технология объемного лазерного сканирования в решении прикладной задачи — производства обмеров памятников архитектуры. На примере храма Александра Невского в Новосибирске показано, как на основе полученного «облака точек» можно получить все необходимые обмерные чертежи. Высказывается предположение, что данная технология в ближайшие годы станет очень удобным и технологичным стандартом фиксации и документирования форм памятников архитектуры.

На основе полученных обмерных данных в статье также производится анализ размеров и пропорций храма Александра Невского. Установлено, что архитектор К. Лыгин при проектировании храма Александра Невского использовал простые модульные соотношения на основе аршина и сажени. Реконструкция логики формообразования плана показала, что в его основе лежит простая геометрическая схема, состоящая из пяти окружностей: одной центральной и примыкающих к ней с четырех сторон окружностей меньшего диаметра.

Ключевые слова: объемное лазерное сканирование, обмеры памятников архитектуры, реконструкция логики формообразования

LASER SCANNING AND PROPORTIONAL ANALYSIS TECHNOLOGY OF ARCHITECTURAL MONUMENTS FORMS (FOR EXAMPLE ALEXANDER NEVSKY CHURCH IN NOVOSIBIRSK (NOVONIKOLAEVSK))

A. Radzukevich, M. Chernova

Novosibirsk State Academy of Architecture and Fine Arts, Novosibirsk, Russia

V. Seredovich, A. Ivanov

Siberian state academy of geodesy, Novosibirsk, Russia

Abstract

The article describes a new three-dimensional laser scanning technology in solving applied problems - measuring of architectural monuments. On the example of Alexander Nevsky temple in Novosibirsk, it is shown an opportunity of getting all the necessary tonnage figures based on "point cloud". It is suggested that this technology is going to be very convenient and technologically advanced standard for capturing and documenting the forms of architectural monuments in coming years.

Based on tonnage data the article also analyzes the size and proportions of Alexander Nevsky church. It is established that the architect K. Lygin designing the Alexander Nevsky temple used simple modular ratio based on the feet and fathoms. Reconstruction of the forming plan logic showed that it was based on simple geometric scheme, consisting of five circles: one central and some circles of smaller diameter adjoining it from the four sides.

Keywords: 3D-dimension laser scanning, measurements of architectural monuments, reconstruction of design logic

Храм Александра Невского, построенный в Новониколаевске 1899 году по проекту К.К. Лыгина, стал первым каменным культовым зданием города. Особый интерес к этому памятнику вызывает то обстоятельство, что в архивах сохранились авторские проектные чертежи (Рис. 1).

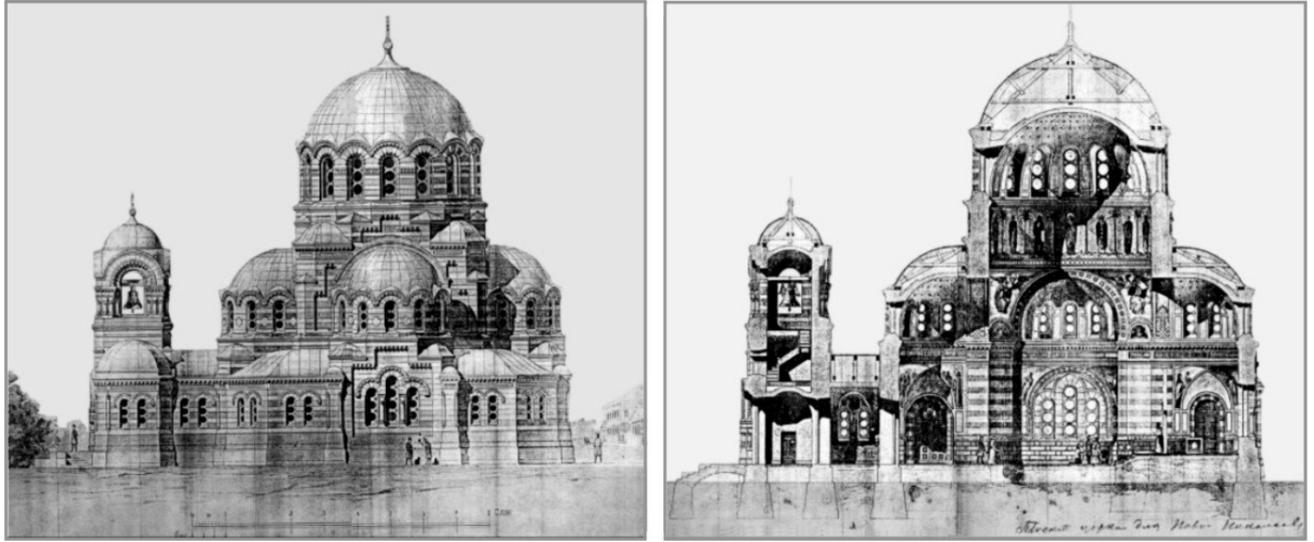


Рис. 1. Проектные чертежи храма Александра Невского, выполненные архитектором К. Лыгиным

На сегодняшний день храм имеет статус памятника истории и культуры регионального значения, который играет важную роль в формировании облика города Новосибирска, являясь одним из важнейших символов города.

Прототипом форм храма предположительно послужил одноименный храм Александра Невского, построенный в Тифлисе (Тбилиси) по проекту академика архитектуры Давида Ивановича Гримма [1]. Тифлисский прототип был разрушен большевиками в 1930 году. Поэтому о его формах можно судить только по сохранившимся фотографиям (Рис. 2).



Рис. 2. Храм Александра Невского в Тифлисе

Новониколаевский храм после Октябрьского переворота много лет пустовал. В 1980-е годы, в рамках проведения реставрационных работ, было проведено большое научно-историческое исследование памятника [2]. Однако в архитектуроведческом отношении формы храма остаются до сих пор еще недостаточно изученными. В частности, совершенно не изучены его пропорционально-метрологические особенности, которые, теоретически, могут дать ключ к пониманию логики формообразования. Для проведения пропорционально-метрологического исследования необходимо наличие детальных обмерных чертежей. В период реставрации здания храма в 80-х годах прошлого столетия были сделаны достаточно подробные обмерные чертежи, фиксирующие существующее положение форм памятника.

В настоящее время появилась возможность провести обмерную фиксацию форм на несоизмеримо более высоком технологическом уровне с помощью технологии объемного лазерного сканирования, которая позволяет зафиксировать размеры и формы исследуемого памятника архитектуры с максимально возможной полнотой. Если раньше уходило недели, а иногда и месяцы, на то, чтобы произвести обмеры всего объекта [3], то в настоящее время с использованием современных технологий работу можно выполнить в очень короткий срок. В частности, на полное сканирование форм храма Александра Невского ушло примерно 4 часа. В России данная технология активно применяется в Санкт-Петербурге (Научно-производственное предприятие «Фотограмметрия»). Для выполнения обмеров фасадов зданий используется разработанная ими технология, сочетающая методы лазерного сканирования и цветовой фотограмметрии [4]. Также существует превосходный зарубежный опыт, который можно изучить в отчете по сканированию форм римского Пантеона [5].

Сканирование форм новосибирского храма Александра Невского осуществлялось по договоренности с настоятелем храма в два этапа - днем было произведено наружное сканирование, а вечером, после окончания богослужений - внутреннее сканирование (Рис. 3).



Рис. 3. Внешнее и внутреннее сканирование форм храма

Для сканирования храма нами был использован наземный лазерный сканер RIEGL VZ400. На сегодня это одна из моделей линейки наземных лазерных сканеров нового поколения [6]. Данный прибор имеет ряд преимуществ по сравнению с подобными ему лазерными сканерами и отличается сравнительно небольшим весом и упрощенным интерфейсом.

Использование этого прибора позволяет качественно улучшить и ускорить процесс проведения полевых работ за счет высокой производительности - до 120 000 измерений в секунду и таких встроенных функций, как лазерные отвес, датчики угла наклона, компас, GPS и т.д.

Кроме того, в программном продукте для постобработки данных, поставляемом с данным прибором, реализована функция объединения сканерных станций в единую систему координат на основе перекрытий соседних сканов без использования специальных марок. Данная функция выполняет поиск характерных объектов местности на соседних сканах в автоматическом режиме, сопоставляет их, и на основе полученных связей вычисляет необходимые параметры трансформирования системы координат. Конечным результатом лазерного сканирования является объединённый в единую систему координат массив данных, по-другому называемый «облако точек», в виде координат XYZ, описывающих поверхность сканируемого объекта [7] (Рис. 4).

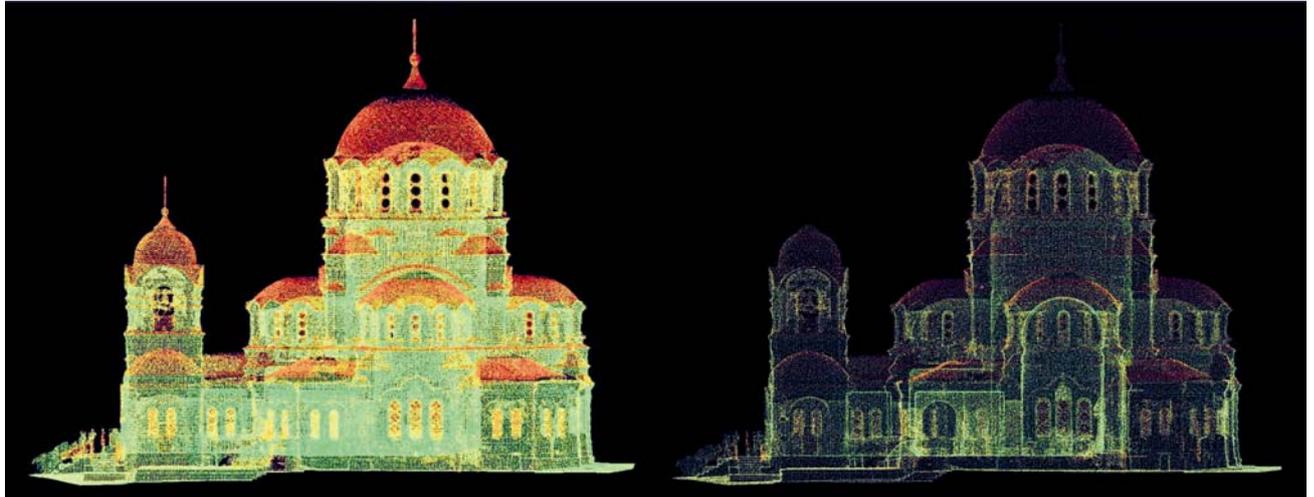


Рис. 4. Ортогональный внешний вид храма, представленный «облаком» точек» разной степени плотности

Большинство современных лазерных сканеров имеет встроенную фото или видео камеру, позволяющую получить реальный или псевдоцвет объекта и присвоить его каждой вычисленной координате. Благодаря данной особенности, полученное «облако точек» имеет не только высокую геометрическую детальность, но и также высокую наглядность (Рис. 5).

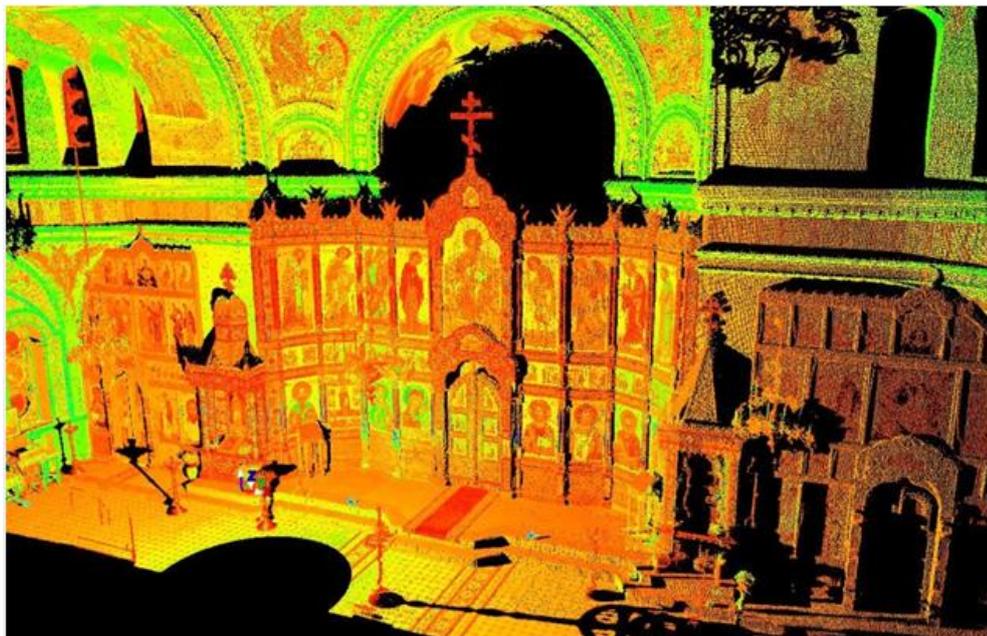


Рис. 5. Фрагмент «облака точек», раскрашенного в псевдоцвета (интерьер храма)

При непосредственном сканировании экстерьерной и интерьерной части собора, выполнено 55 сканерных станций в течение 4 часов с угловым разрешением сканирования 0.040° в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Съемка выполнялась с внешней стороны собора с учетом перекрытия соседних станций не менее 30%, внутреннее сканирование выполнялось со связью перекрытия с внешней стороной через основные ворота собора, с дополнительным использованием набора специальных геометрических марок в виде сферы диаметром 10 см, которые при постобработке точно распознаются на данных лазерного сканера. Всего при сканировании внутренней части собора использовалось 10 марок-сфер, расставленных до начала съемки и статичных до завершения работ. В дальнейшем использование общих марок позволило улучшить связь сканов внешней и внутренней стороны собора, пониженную за счет ограниченной видимости в дверном проёме.

Окончательная среднеквадратическая погрешность при постобработке и объединении всех сканов в единую систему координат составила 7 мм. Далее объединенное и отфильтрованное от различных некорректных измерений «облако точек» передавалось в специализированное программное обеспечение Leica Cyclone, которое позволяет отобразить большое количество полученных данных лазерного сканирования в трехмерном виде и выполнить на их основе практически любые инженерные задачи, связанные с получением метрической геометрической информации об объекте.

Новая технология позволила сделать «доступными» для измерения буквально все, «видимые» лучом лазера, точки объекта. Было получено «облако точек» (объем файла составил примерно 8 гигабайт). Это облако точек, условно говоря, было «нарезано» на отдельные слои, как по вертикали – по осям X и Y, так и по горизонтали – по оси Z. Результаты такой «нарезки» представляют собой наглядную картину, отражающую все особенности формы объекта (Рис. 6).

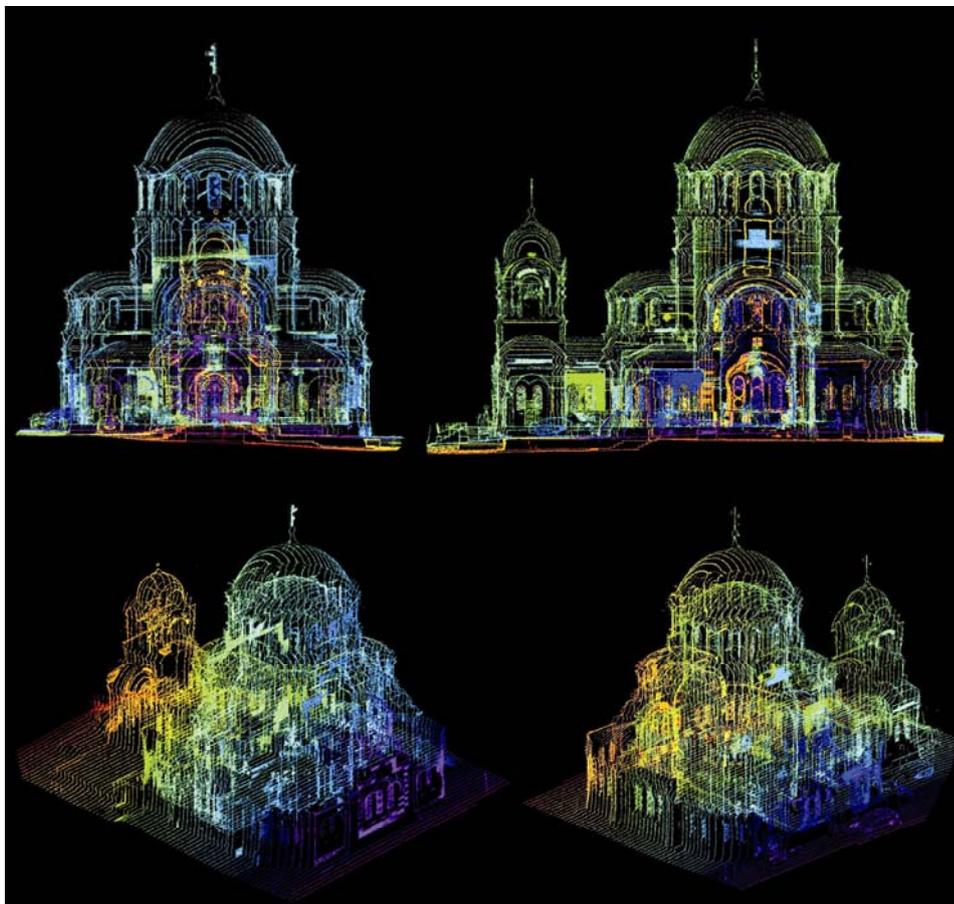


Рис. 6. Слои точек, «нарезанные» через 0,5 м по осям X и Y

Наибольший интерес, с точки зрения фиксации форм памятника, представляют, конечно же, слои горизонтальной «нарезки», позволяющие получать планы сооружения на любой отметке (Рис. 7).

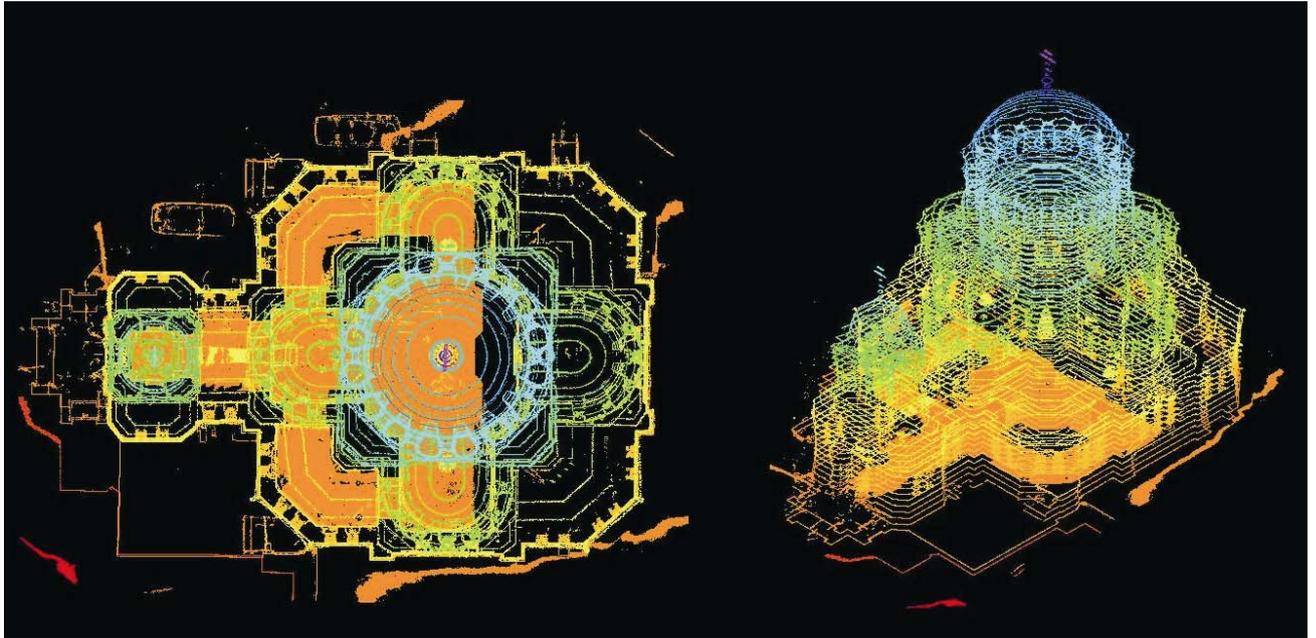


Рис. 7. Слои точек, «нарезанные» через 0,5 м по оси Z

Слои по оси Z, в которых наиболее четко просматривается форма объекта, были переведены из «облаков точек» в векторную форму в виде чертежей, выполненных ручной обводкой векторной графикой в программе AutoCAD (Рис. 8).

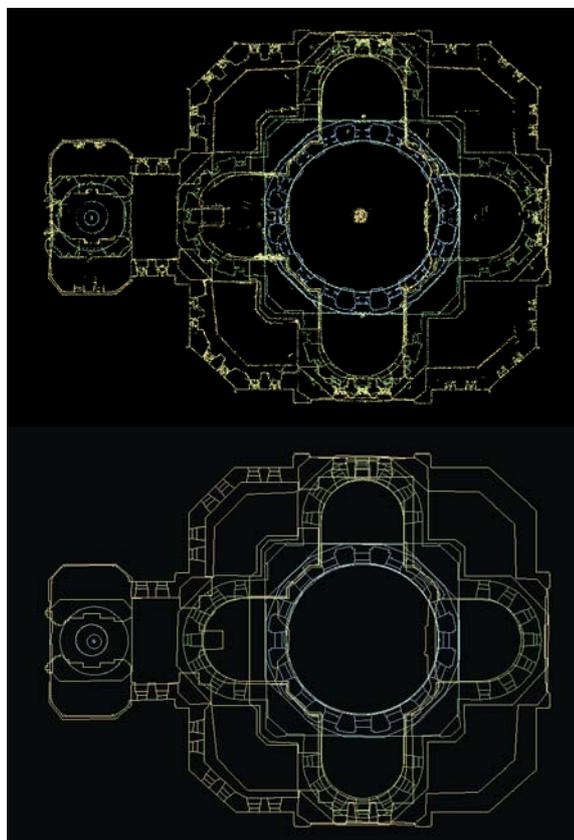


Рис. 8. Планы, полученные из слоев «облака точек» (сверху) в векторный формат (снизу)

Наличие практически неограниченного количества горизонтальных срезов (планов) памятника позволяет документально зафиксировать его форму с предельной полнотой, совершенно недостижимой традиционными обмерными технологиями. Имея набор наиболее характерных планов памятника, можно с предельной достоверностью проследить, как меняется форма по высоте - как четверик переходит в восьмерик, восьмерик в шестнадцатерик и т.д. (Рис. 9)

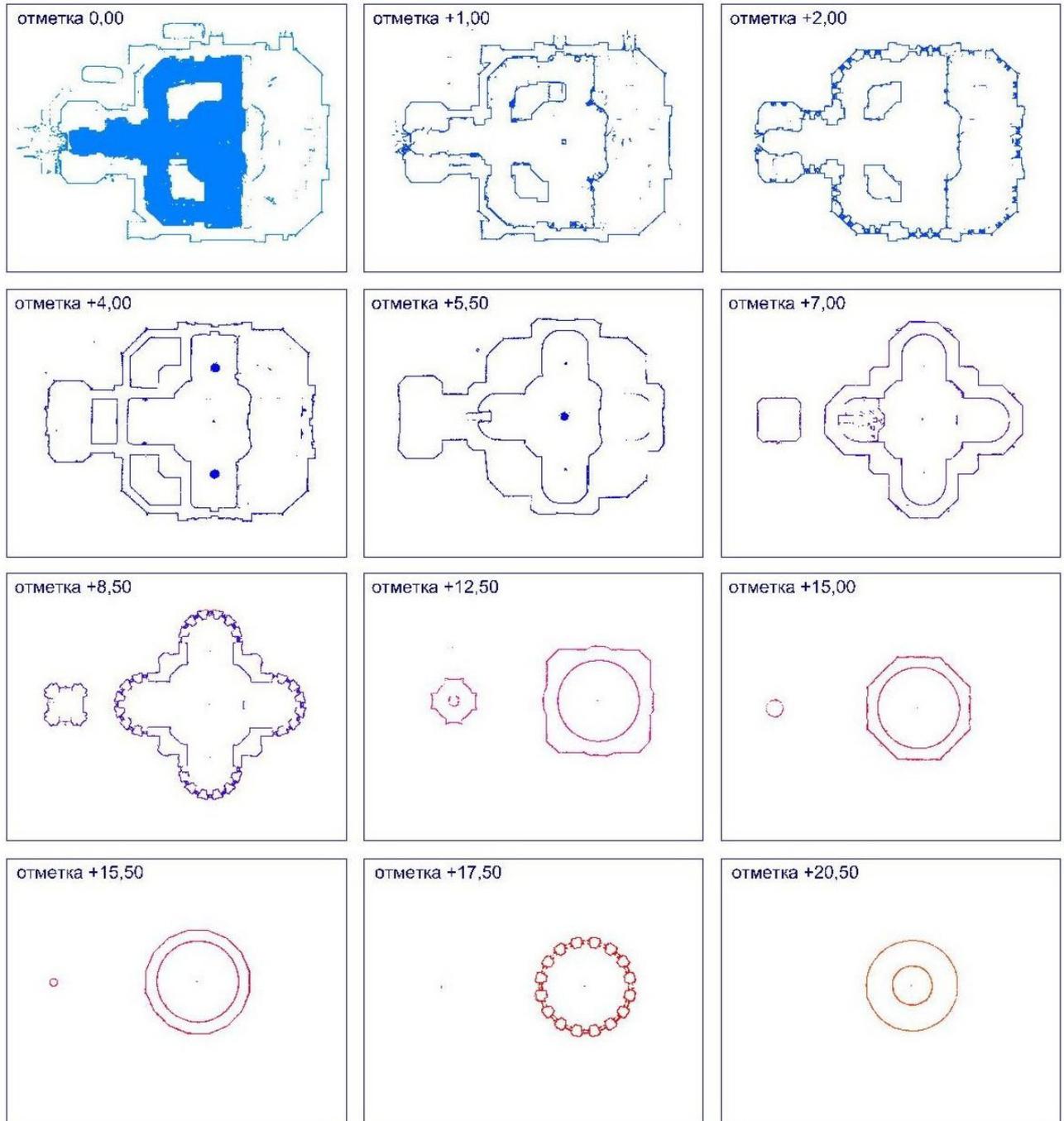


Рис. 9. Фиксация наиболее характерных планов храма Александра Невского

Полученные таким образом чертежи отличаются высокой степенью детализировки и точностью измерения. Алгоритм автоматизированного перевода «облака точек» в двухмерные чертежи и 3D - модели в настоящее время разрабатываются на кафедре «Компьютерных технологий» НГАХА.

Автоматизация процессов измерения и выполнения чертежей дает возможность производить гораздо более качественную и подробную фиксацию форм архитектурных объектов. Очевидно, что через некоторое время технология такой фиксации станет стандартной для документирования во многих направлениях реставрационно-проектной деятельности. Материал, зафиксированный с помощью новой технологии, дает возможность проведения полноценного архитектуроведческого исследования памятника.

Также была осуществлена попытка провести научный анализ полученных размеров и пропорций, с целью выявления логики формообразования. Методика исследования [8] в идеале предполагает наличие следующих материалов:

1. Авторские чертежи с обозначением размеров;
2. Обмерные чертежи;
3. Точное знание используемых при проектировании стандартов мер длины.

В нашем случае присутствуют все необходимые для исследования материалы. Есть проектные чертежи К. Лыгина, на которых присутствует масштабная линейка в сажнях (Рис. 10).

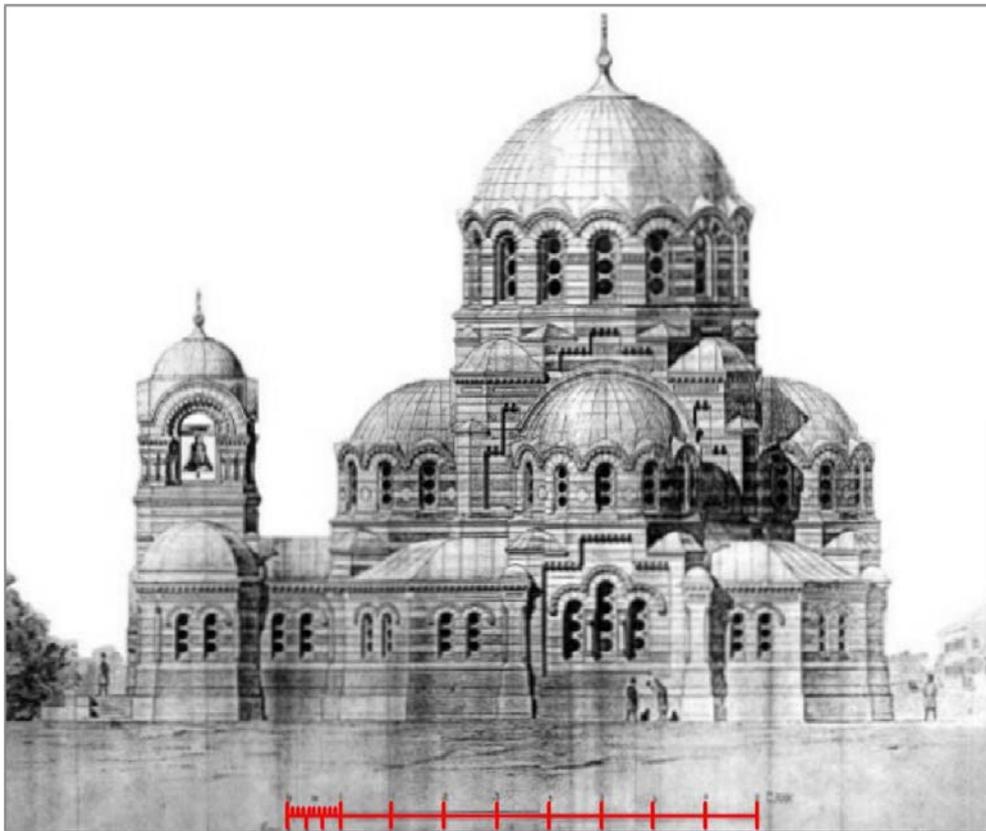


Рис. 10. Проектные чертежи архитектора К. Лыгина с выделением масштабной линейки (внизу)

Наличие высококачественных обмеров дает возможность сопоставить существующую форму памятника с проектной. Важно отметить, что точность и детальность лазерных обмеров такова, что можно увидеть даже изменение геометрии стен барабана храма. Очевидно, что эта деформация явилась следствием распора от тяжести купола. Измерения показывают, что верхний диаметр барабана примерно на 10 сантиметров больше нижнего (Рис. 11).

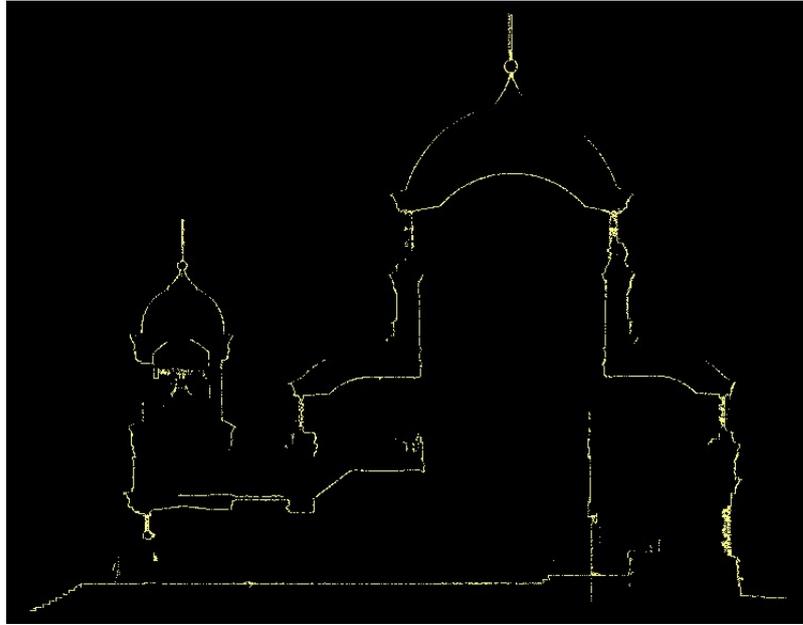


Рис. 11. Продольный разрез храма А. Невского, полученный путем «среза» из «облака точек»

Зафиксировать такую деформацию с помощью обычных «ручных» обмеров, осуществляемых с помощью архаичных рулеток и стремянок, практически невозможно.

Сопоставление обмеров и проектных чертежей может дать важную информацию для исследования объекта. Наложение чертежей друг на друга дало возможность выявить целый ряд особенностей, отличающих проектный замысел от существующего положения (Рис. 12).



Рис. 12. Сопоставление проектного чертежа с обмерами

Во-первых видно, что в проекте К. Лыгина отсутствует уровень хор. По всей видимости, хоры были сконструированы в результате реконструкции храма в 1980-е годы. Во-вторых видно, что уровень шелыги подпружных арок имеет значительное расхождение с проектом. По нашим замерам, их проектная высота от уровня пола составляет 16 аршин, а в реальном объекте она равна 15 аршинам. Можно предположить, что проектный замысел был скорректирован еще во время выполнения строительных работ. В-третьих, сопоставление чертежей показывает большое различие в очертаниях колокольни. В связи с тем, что колокольня храма была разрушена большевиками, ее пришлось реставрировать заново. Выявленные различия говорят о том, что реставрация была произведена произвольно.

Дальнейшее исследование основывается на переводе размеров из современной метрической системы мер в старорусские меры — сажени (2,13м), аршины (0,71м), вершки (0,044м). Используя эти меры, можно попытаться реконструировать некоторые особенности исходного проектного замысла. Проанализируем основные размеры фасада (Рис. 13) и разреза (Рис. 14), спроектированных архитектором К. Лыгиным.

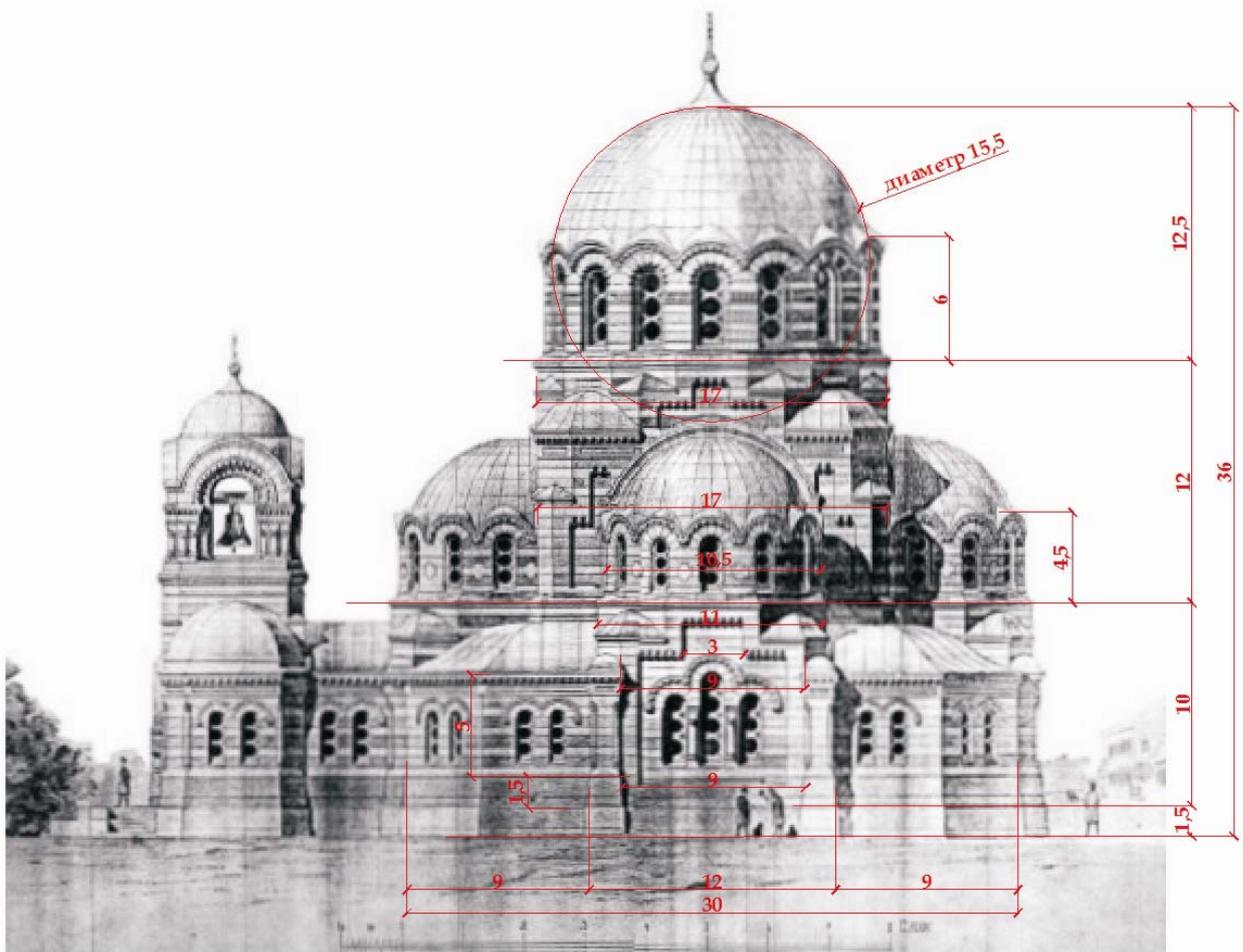


Рис. 13. Метрологический анализ фасада храма А. Невского (размеры приведены в аршинах)

Проведенный нами метрологический анализ дал возможность выявить некоторые метрические особенности форм собора. Так, например, можно зафиксировать метрическую закономерность в построении фасадной части здания. Она имеет трехчастное деление: центральная часть составляет 12 аршин, а две боковые — по 9 аршин. Следовательно, полная ширина фасада получается равной 30 аршинам или 10 саженим. По вертикальным размерам можно отметить, что внутренняя высота храма равна 30 аршинам или 10 саженим. На середине этого размера расположены шелыги подпружных арок (по лазерному обмеру - 10,60 м).

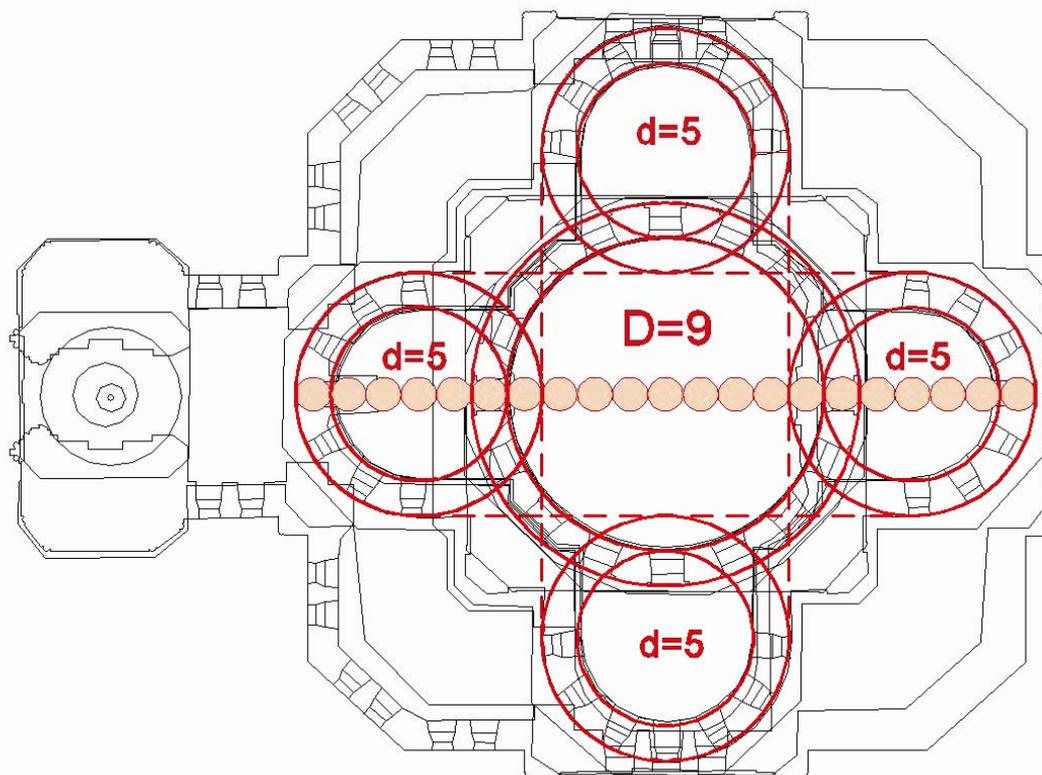


Рис. 15. Реконструкция логики построения плана храма А. Невского

Более полная реконструкция проектной логики Собора, безусловно, требует дальнейшего исследования. Кроме того, для полноты картины необходимо проведение подобных исследований по как можно большему количеству подобных объектов. Тем не менее, проведенное исследование дает возможность утверждать, что архитектор К. Лыгин использовал при проектировании храма Александра Невского простые модульные соотношения на основе аршина и сажени. В основе логики формообразования плана лежит простая геометрическая схема, состоящая из пяти окружностей: одной центральной и примыкающих к ней с четырех сторон окружностей меньшего диаметра.

Литература

1. Радзюкевич А.В. К вопросу об авторстве и прототипах собора Св. Александра Невского в Новониколаевске (Новосибирске) [Сетевой ресурс]. – URL: <http://www.a3d.ru/architecture/stat/190>
2. Собор Александра Невского в Новосибирске. Проект реставрации фасадов. Историческая справка. Архив НПЦ по сохранению историко-культурного наследия.
3. Соколова Т.Н., Рудская Л.А., Соколов А.Л. Архитектурные обмеры. - М., 2007.
4. Научно-производственное предприятие «Фотограмметрия». Официальный сайт [Сетевой ресурс]. – URL: <http://www.photogrammetria.ru>

5. The Bern Digital Pantheon Project [Сетевой ресурс]. – URL: <http://www.digitalpantheon.ch/repository>
6. RIEGL — laser measurement systems. [Сетевой ресурс]. – URL: <http://riegl.com/products/terrestrial-scanning/produktdetail/product/scanner/5/>
7. Наземное лазерное сканирование: монография / В.А. Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009.
8. Радзюкевич А.В. Методические основы проведения пропорционально-метрологического анализа форм памятников архитектуры: дисс. на соик. уч. ст. канд. арх. – Новосибирск, 2004.

References

1. Radzjukevich A. *K voprosu ob avtorstve i prototipah sobora Sv. Aleksandra Nevskogo v Novonikolaevske (Novosibirsk)* [To the question of authorship and prototypes of the Cathedral of St. Alexander Nevsky Novonikolayevsk (Novosibirsk)]. Available at: <http://www.a3d.ru/architecture/stat/190>
2. *Sobor Aleksandra Nevskogo v Novosibirsk. Proekt restavracii fasadov. Istoricheskaja spravka. Arhiv NPC po sohraneniju istoriko-kul'turnogo nasldija*. [Alexander Nevsky Cathedral in Novosibirsk. The project the restoration of the facades. Historical Background. NPC archive to preserve historical and cultural heritage].
3. Sokolova T., Rudskaja L., Sokolova A. *Arhitekturnye obmery* [Architectural measurements]. Moscow, 2007.
4. *Naychno-proizvodstvennoe predpriyatje "Fotogrammetrija". Oficial'nyj sajt* [Scientific-Production Enterprise "Photogrammetry"]. Official Site. Available at: <http://www.photogrammetria.ru>
5. The Bern Digital Pantheon Project. Available at: <http://www.digitalpantheon.ch/repository>
6. RIEGL — laser measurement systems. Available at: <http://riegl.com/products/terrestrial-scanning/produktdetail/product/scanner/5/>
7. Seredovich V., Komissarov A., Komissarov D., Shirokova T. *Nazemnoe lazernoe skanirovanie* [Terrestrial laser scanning]. Novosibirsk, 2009.
8. Radzjukevich A. *Metodicheskie osnovy provedenija proporcional'no-metrologicheskogo analiza form pamjatnikov architecture. Diss. na soisk. uch.st. kand. arh.* [Methodical principles of proportional - metrological analysis of the forms of architectural monuments (Dis. Cand. Architecture)]. Novosibirsk, 2004.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

А.В. Радзюкевич

Канд. арх, зав. кафедрой «Компьютерные технологии проектирования», Новосибирская государственная архитектурно – художественная академия, Новосибирск, Россия, e-mail: radz@rambler.ru

М.А. Чернова

Магистрант, Кафедра «Компьютерные технологии проектирования», Новосибирская государственная архитектурно – художественная академия, Новосибирск, Россия, e-mail: marina_nqaxa@mail.ru

В.А. Середович

Проректор по инновационной деятельности, профессор, Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск, Россия
e-mail: v.seredovich@list.ru

А.В. Иванов

Ведущий инженер, Региональный центр лазерного сканирования, Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск, Россия
e-mail: geoid@ngs.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS**A. Radzjukevich**

PhD in Architecture, head of chair of Computer Technology Design, Novosibirsk State Academy of Architecture and Fine Arts, Novosibirsk, Russia
e-mail: radz@rambler.ru

M. Chernova

Post-graduate student, chair of Computer Technology Design, Novosibirsk State Academy of Architecture and Fine Arts, Novosibirsk, Russia
e-mail: marina_ngaxa@mail.ru

V. Seredovich

Ph.D., Prof., Vice Rector for Innovative Activity, Siberian state academy of geodesy, Novosibirsk, Russia
e-mail: v.seredovich@list.ru

A. Ivanov

Senior engineer, Regional Center for laser scanning, Siberian state academy of geodesy, Novosibirsk, Russia
e-mail: geoid@ngs.ru