

DOI 10.24411/9999-001A-2020-10050
УДК: [004+39+902+706]

Е.А. Груздева
Новосибирский государственный университет
архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова
Красный пр-т, д. 38, г. Новосибирск, Россия, 630099
gruzdeva.evgenya@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4460-102X>

Е.Ю. Орлова
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)
Садовническая набережная, д. 33, стр. 1, г. Москва, Россия, 117997
elenaorlovva8@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4188-0895>

Опыт использования метода фотограмметрии для фиксации объектов этнографии (на примере архитектурных объектов и декоративных деталей деревянного зодчества)

Аннотация

В статье обобщается опыт применения метода фотограмметрии для фиксации различного типа фрагментов этнографических объектов деревянного зодчества: от малогабаритных деталей и фрагментов конструкций до фасадов зданий. Описан полученный опыт фиксации и построения трехмерных моделей выбранных объектов этнографии, проведен сравнительный анализ построенных данным методом трехмерных масштабных моделей: фасада памятника русской деревянной архитектуры, объемного фрагмента деревянной конструкции и плоскостной декоративной детали окна жилого дома. Сформированы выводы и рекомендации о точности и величине погрешностей применяемого метода для определения габаритных размеров получаемой при фотограмметрии «цифровой копии» объектов.

Ключевые слова: фотограмметрия, метод фотограмметрии, деревянная архитектура, памятники архитектуры, русская архитектура, объект этнографии, фиксация памятников

Е.А. Gruzdeva
Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts
Krasnyi Avenue, 38, Novosibirsk, Russia, 630099
gruzdeva.evgenya@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4460-102X>

Е.Yu. Orlova
Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art)
Sadovnicheskaya embankment, 33, building 1, Moscow, Russia, 117997
elenaorlovva8@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4188-0895>

Experience of using the photogrammetry method for fixing ethnographic objects (shown on the example of architectural objects and decorative details of wooden architecture)

Abstract

The article summarizes experience of using photogrammetry method for fixing various types of fragments of ethnographic objects of wooden architecture: from small-sized parts and fragments of structures to building facades. The article describes the experience gained in fixing and constructing three-dimensional models of selected objects of ethnography. A comparative analysis of three-dimensional scale models constructed by this method is carried out: the facade of a monument of Russian wooden architecture, a volumetric fragment of a wooden structure and a flat decorative detail of a window of a residential building. Conclusions and recommendations have been formed on the accuracy and magnitude of errors of the method used for determining

the overall dimensions of the «digital copy» of objects obtained by photogrammetry.

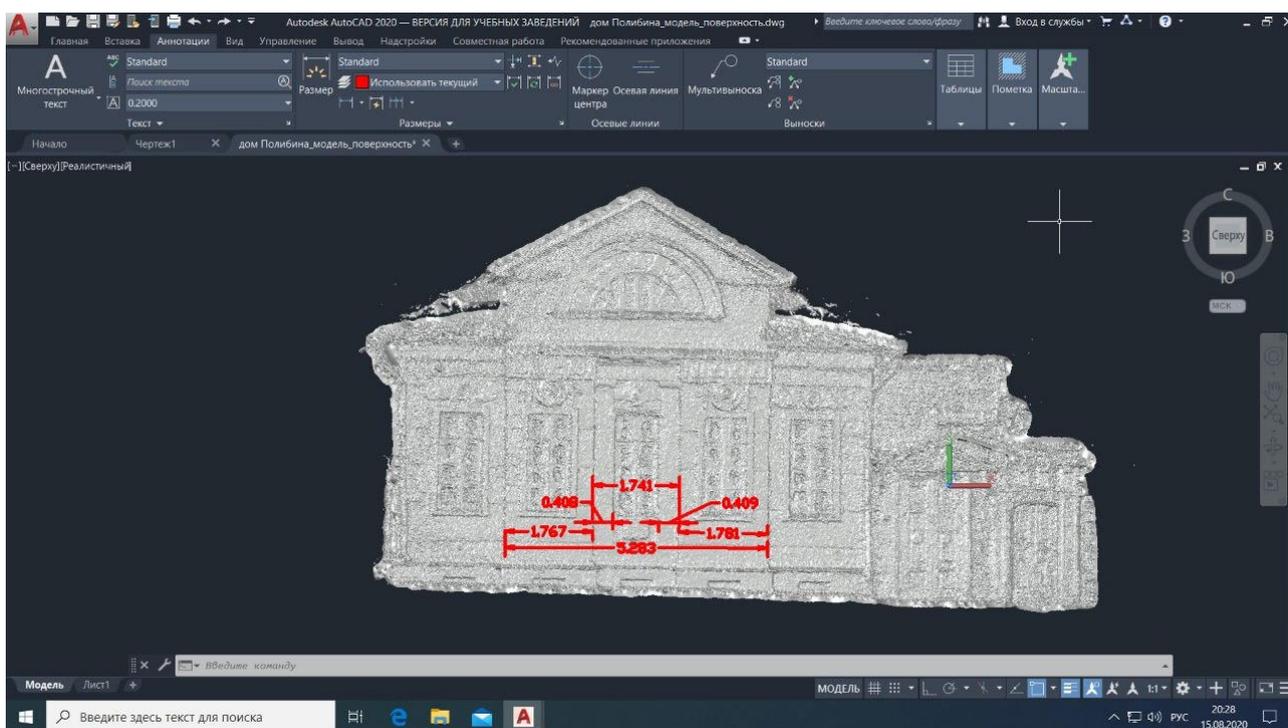
Key words: photogrammetry, photogrammetry method, wooden architecture, architectural monuments, Russian architecture, ethnographic object, fixation of monuments

Введение. Сегодня развитие современных технологий дает нам новые возможности для фиксации и изучения этнографических объектов: от архитектурных сооружений и комплексов в целом до отдельных деталей и конструкций. Фотограмметрия как актуальный метод изучения этнографических объектов активно используется для бесконтактного исследования памятников зодчества и архитектурных элементов, ведь данные технологии позволяют значительно сократить время обмеров объекта, сократить влияние «человеческого фактора» на процесс исследования, получить точные данные о геометрии, деформациях, объеме утрат и т.д., на основании данных создать 3D-модели и обмерные чертежи, предоставить доступ к объекту в любое удобное для исследователя время. Полученные данные могут использоваться для хранения, реставрации и изучения объектов культурного наследия и демонстрации их широкой публике. Несмотря на то, что 3D-модели позволяют нам весьма детально рассмотреть объект, вопрос точности и эффективности фотограмметрии для разных типов объектов пока не получил должного внимания, опыт применения данной методики при исследовании архитектурных объектов в достаточной степени не изучен, поэтому ее апробация на различных по габаритам архитектурных фрагментах

позволит выявить и в дальнейшем сформировать оптимальные параметры для исследования этнографических объектов методом фотограмметрии [Майничева, 2019].

Цель нашего исследования — провести сравнительный анализ опыта применения фотограмметрии для определения погрешностей и формирования рекомендаций для оптимальных габаритных размеров получаемой при фотограмметрии «цифровой копии» объектов, при фиксации фрагментов этнографических объектов деревянного зодчества (в частности, фасада, объемного фрагмента деревянной конструкции и плоскостной декоративной детали окна жилого дома).

Полученные результаты и их обсуждение. При выборе объектов по установлению точности построения фотограмметрических моделей определяющим фактором был материал постройки (дерево), доступность объектов для фотофиксации, а также их различные геометрические параметры, позволяющие проследить точность построения фотограмметрической модели. Выбранные объекты соответствуют требованиям, сформулированным в соответствии с поставленными задачами исследования: во-первых, проверка точности построения модели и определение величины погрешности при съемке объемного (объемный фраг-



Ил. 1. Объемная масштабная модель жилого дома Г.А. Палибина (выполнено авторами в программе Agisoft)
Fig. 1. Model for the G.A. Polibin house facade (made by the authors in Agisoft)

мент конструкции деревянного жилого дома аборигенов) и плоскостного объекта (фасад, наличник). Во-вторых, проверка точности построения и величины погрешностей для объектов различного масштаба (фасад, наличник).

Для этого были сняты следующие объекты:

1. Фасад памятника русской деревянной архитектуры «Жилой дом Г.А. Палибина» (1818 г.) по адресу г. Москва, ул. Бурденко, д. 23. Одна из старейших деревянных построек Москвы, здание, которое является образцом русского деревянного зодчества в стиле ампир, с садом и дворовыми постройками.

2. Фрагмент жилой постройки аборигенов севера Западной Сибири из средневекового поселения Войковского городка (Ямало-Ненецкий автономный округ, рубеж XV–XVI вв. (далее — объемный фрагмент деревянной конструкции). Из материалов экспедиции Института археологии и этнографии СО РАН 2013 г.

3. Наличник окна жилого дома, расположенного в Новосибирске (объект утрачен)¹.

Процесс фотофиксации у всех объектов проводился по единому алгоритму, более подробно с этим алгоритмом можно ознакомиться в предыдущей публикации авторов [Груздева, Орлова, 2018].

Для построения объемных моделей на каждый фотоснимок были наложены маски, установлены марки и задана масштабная линейка. При построении модели выбирались настройки, позволяющие получить результат максимально высокого качества (табл. 1).

Рассмотрим поэтапно опыт фиксации и построения объектов:

1. *Фасад памятника русской деревянной архитектуры «Жилой дом Г.А. Палибина» (1818 г.)*

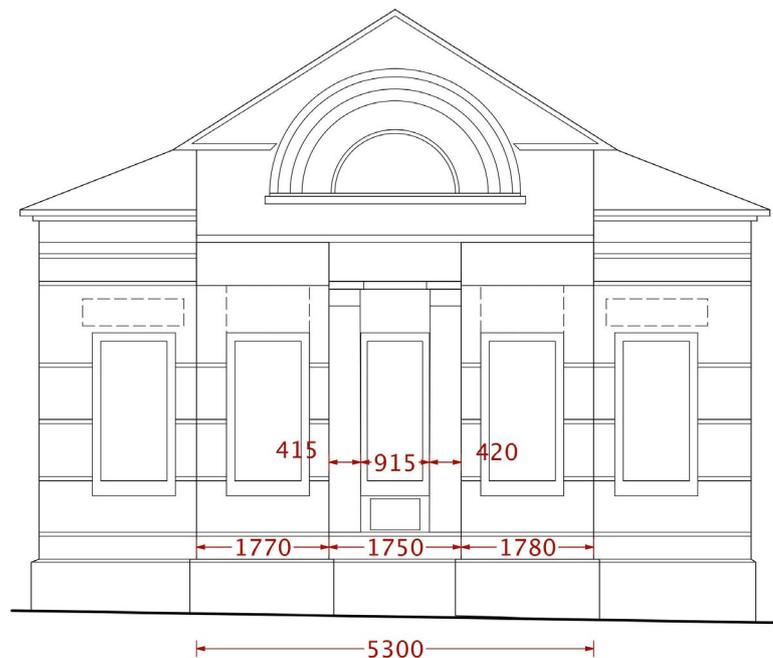
Съемка фасада дома Полибина осуществлялась на улице при естественном освещении, в феврале в ясную солнечную погоду в утренние часы. Была выполнена серия снимков с шагом 0,8–1,0 м, из которых для построения фотограмметрической модели было выбрано 16 снимков. Расстояние до объекта составляло около 8,5 м, фокусное расстояние — 16 мм. Съемка усложнялась за счет уклона поверхности земли и наличия припаркованных автомобилей в непосредственной близости от объекта. Параллельно были проведены замеры фрагментов сооружения: центральной информационной таблички, руста на фасаде и обрамления оконных проемов. Сложностью при проведении обмеров явилось отсутствие четкой

геометрии в связи с деформациями элементов конструкции и декора, нарушениями красочного слоя.

На основе проведенной фотофиксации и с помощью программного обеспечения (agisoft) была построена масштабная модель фасада и выполнен ортофотоплан (фронтальное изображение фасада), сохраненный в формате jpg. Полученная модель представляет собой объемное масштабное изображение фасада, затем сохраненное в формате dxf (ил. 1).

Полученная модель позволила провести сравнительный анализ размеров и геометрических параметров модели с контрольными цифрами, полученными при натурном обследовании объекта. Так, при замерах габариты таблички составили 53,7 x 38 см, при замерах модели размеры совпадают. С другой стороны, сравнение размеров частей фасада с контрольными замерами выявило погрешность в 17 мм (на длину 5,3 м) (ил. 2), кроме того, полученная модель недостаточно четко отражает детали неглубокого рельефа фасада: мелкую деревянную резьбу, детали руста и т.п. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что при данном типе сооружений метод фотограмметрии дает более полную картину фасада здания и позволяет простым способом получить корректные размеры в целом, но для более точных размеров и детальной картины недостаточно получить фотограмметрию только фасада.

2. *Объемный фрагмент деревянной конструкции*



Ил. 2. Контрольные замеры фасада жилого дома Г.А. Палибина (чертеж авторов)

Fig. 2. Control measurements of the G.A. Polibin house facade (made by the authors)

¹ Из собрания Музея истории архитектуры Сибири им. С.Н. Баландина Новосибирского государственного университета архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова.

Съемка объемного фрагмента деревянной конструкции осуществлялась в помещении при естественном и искусственном освещении. Для построения объемной фотограмметрической модели было выбрана серия из 38 снимков, выполненных с расстояния 1,2 м. Фокусное расстояние — 15 мм. Снимки выполнялись по кругу в два ряда: с нижней и верхней позиции камеры. Также были выполнены контрольные измерения элементов объекта: длины отдельных бревен.

Масштаб фотограмметрической модели фрагмента конструкции задавался при помощи маркерных точек P1 и P2, расстояние между которыми составляло 0,33 м. В результате была построена трехмерная модель фрагмента деревянной конструкции, затем сохраненная в формате dxf (ил. 3).

Сравнение размеров модели с контрольными измерениями фрагментов бревен Ю. ст. 1 (37,1 см) и Ю. ст. 2 (40,3 см) (маркировка проставлена при транспортировке объекта с места раскопок) показало абсолютное совпадение с размерами построенной модели при измерениях, осуществленных в двух разных программных продуктах (ил. 4).

Сравнение геометрии построенной фотограмметрической модели с фотофиксацией объекта выявило, во-первых, некоторые расхождения в формах отдельно взятых деформаций поверхности (различных сколов и трещин древесины), во-вторых, некоторые затруднения в процессе определения границ отдельных бревен.

3. Наличник окна жилого дома

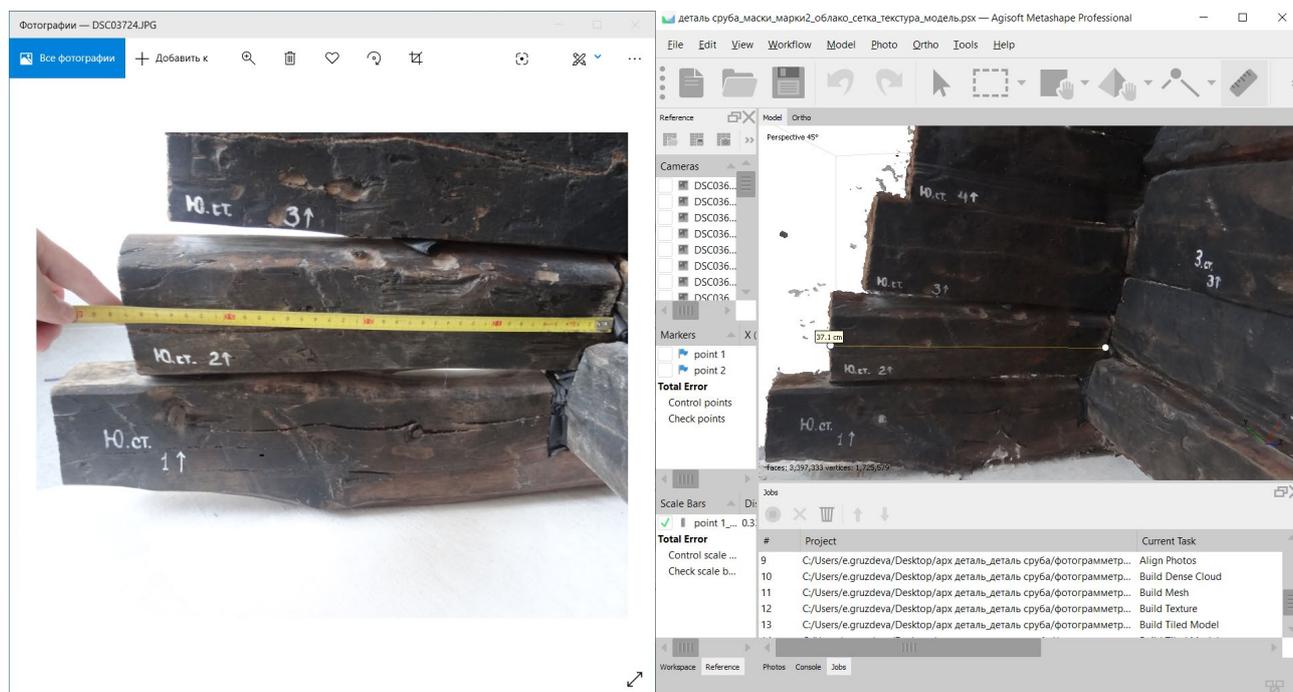
Условия для съемки наличника окна жилого дома были такие же, как для предыдущего объекта, объемного фрагмента деревянной конструкции: помещение, освещение естественное и искусственное.

Для построения объемной фотограмметрической модели было выбрана серия из 61 снимка, выполненных с расстояния 1,5 м. Фокусное расстояние — 4 мм. Снимки выполнялись параллельно объекту в несколько рядов по вертикали. Расстояние между позициями камеры по горизонтали — 30–40 см, по вертикали — около 20 см.

При обработке результатов фотосъемки были выполнены аналогичные предыдущему объекту (описанные выше) подготовительные работы и установлены те же настройки качества.

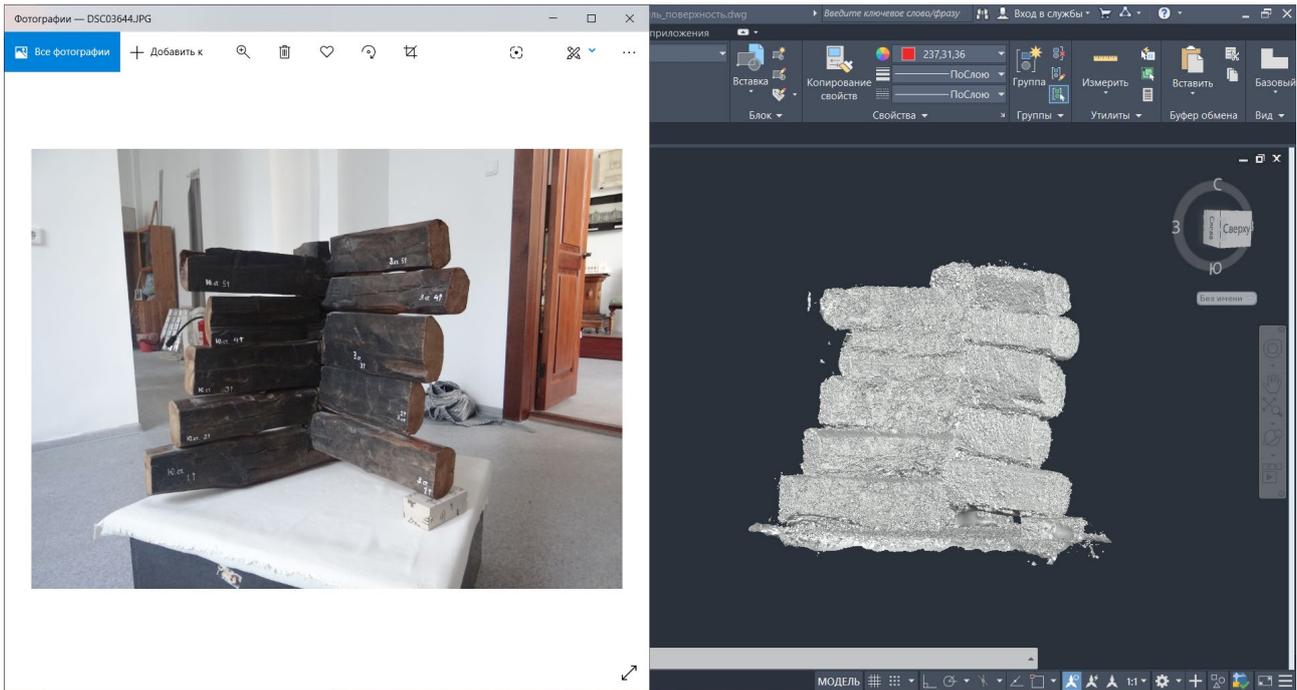
Сравнение результатов построения объемной масштабной модели и натурных замеров показало совпадение не только общих размеров контрольных элементов, но и детальной контрольной цепочки размеров (ил. 5).

Выводы: Сравнение результатов построения фотограмметрической объемной и плоскостной моделей малогабаритных объектов (общие габаритные размеры объектов в пределах от 0,4 до 2 м) показало, что фотограмметрия дает минимальные погрешности (в пределах 1–3 мм) как в общих размерах объекта и его элементов, так и в цепочках размеров деталей конструкций на не крупных объектах и деталях фасада. Но при использовании данного метода для более

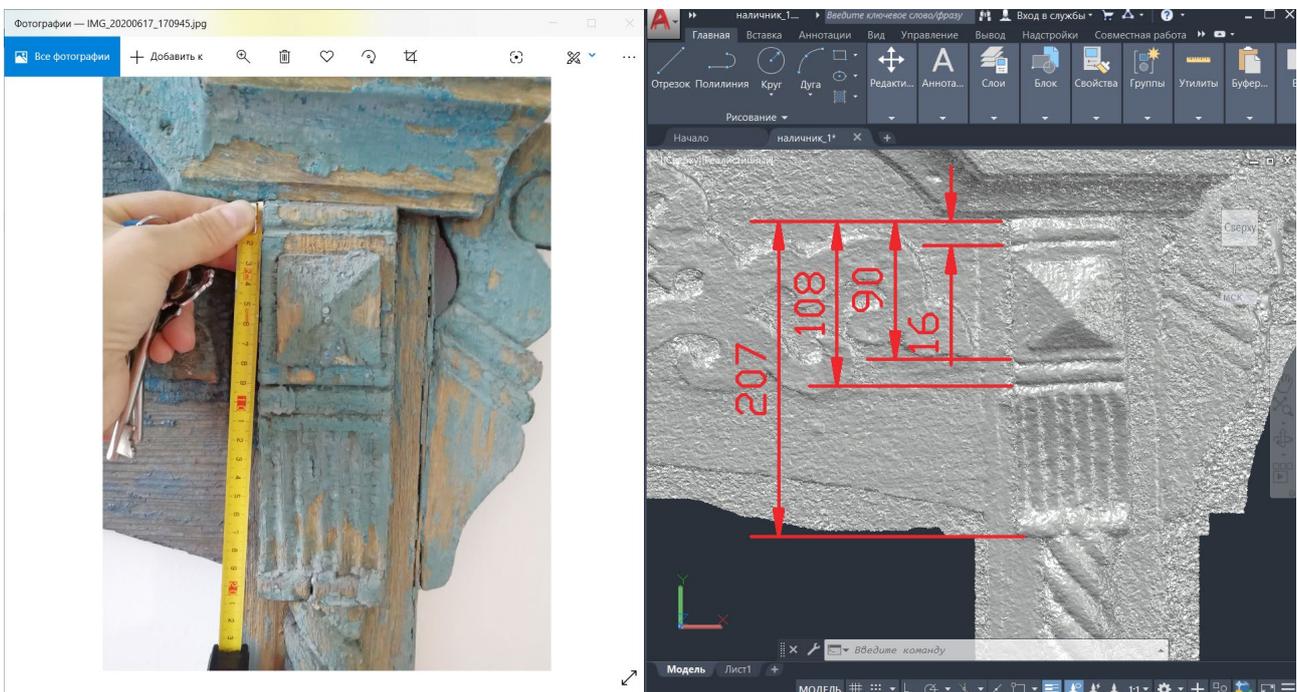


Ил. 3. Сравнительный анализ результатов построения объемной масштабной модели фрагмента деревянной конструкции (справа, выполнено в Agisoft) и контрольных замеров этого объекта (слева)

Fig. 3. Comparative analysis of the volumetric scale model of the fragment of a wooden structure (at the right) and its control measurements made in Agisoft (at the left)



Ил. 4. Сравнительный анализ формы фрагмента деревянной конструкции (слева) и объемной масштабной модели объекта (справа, выполнено в Agisoft)
Fig. 4. Comparative analysis of the shape of a fragment of the wooden structure (at the left) and its volumetric scale model made in Agisoft (at the right)



Ил. 5. Сравнительный анализ контрольной цепочки размеров детали оконного наличника (слева) и построенной в программе Agisoft объемной масштабной модели (справа)
Fig. 5. Comparative analysis of the control chain of dimensions of the window casing detail (at the left) and its volumetric scale model made in Agisoft (at the right)

масштабных объектов процент погрешности может увеличиваться. Нужно отметить, что качество модели во многом зависит от качества съемки (равное расстояние до объекта, необходимое количество снимков и перекрытие кадров, выдерживание уровня камеры), качества предварительной подготовки кадров (наложение масок, марок, масштабных линеек) и от поверхности самого объекта.

Сравнительный анализ построенной 3D-модели фрагмента деревянной конструкции с фотографиями оригинала показал некоторые расхождения в фактуре бревен (рельефе отдельных бревен, рисунке трещин и других дефектов) и затруднения в определении границ деформаций отдельных элементов конструкции, что связано отчасти со сложностью формы и малой глубиной рельефа. Поэтому можно сделать вывод, что при анализе поверхности объекта, при выполнении обмерных чертежей и т.д. необходимы дополнительные материалы фотофиксации для корректной интерпретации поверхности фотограмметрической модели объекта.

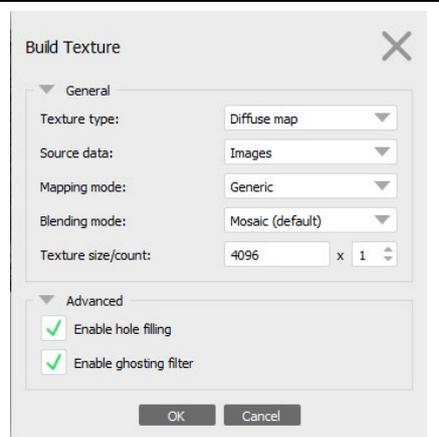
Кроме того, анализ результатов построения модели фасада и модели деревянного наличника окна (сравнение качества построенных моделей, степени детализации полученных поверхностей, полученных размеров) показывает, что при необходимости получить параметры не только общих габаритов объекта, но и его деталей, особенно небольшого размера и сложной формы, недостаточно выполнить фотограмметрию всего фасада в целом. Для получения более точных и детальных параметров отдельных элементов, таких как оконные наличники, резные декоративные элементы, профилированные панели со сложной декоративной резьбой и т.д., необходимо построение их фотограмметрических моделей отдельно.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках проекта по гранту РФФИ № 18-09-00469 А «Новые методы в этнографии в информационную эпоху: оценка итогов и перспектив использования для исследования материальной культуры».

Материал передан в редакцию 9 сентября 2020 г.

Таблица 1

**Настройки этапов построения объемной модели
(выполнено в программе Agisoft)**

Этап построения модели	Уровень точности/ другие настройки	Параметры, заданные для построения текстуры объектов
Align fotos	highest	
Build dense cloud	ultra high	
Build Mesh / Interpolated	high / enabled (defaults)	
Build tiled model	high	

Список литературы

1. Груздева Е.А., Орлова Е.Ю. Применение цифровых технологий в изучении материальных объектов // Баландинские чтения: сборник статей научных чтений памяти С.Н. Баландина. — Т. XIII. — Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т архитектуры, дизайна и искусств, 2018. — С. 36–42. DOI 10.24411/9999-001A-2018-10004
2. Майничева А.Ю. Методика фиксации, документирования и информационного моделирования объектов материальной культуры: принципы и подходы // Баландинские чтения: сборник статей научных чтений памяти С.Н. Баландина. — Т. XIV. — Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т архитектуры, дизайна и искусств, 2018. — С. 57–60. DOI 10.24411/9999-001A-2019-10056

туры: принципы и подходы // Баландинские чтения: сборник статей научных чтений памяти С.Н. Баландина. — Т. XIV. — Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т архитектуры, дизайна и искусств, 2018. — С. 57–60. DOI 10.24411/9999-001A-2019-10056

References

1. Gruzdeva E.A., Orlova E.Ju. Primenenie cifrovyyh tehnologii v izuchenii material'nyh ob'ektov [Application of new technologies in the study of material ethnographic objects]. In:

Balandinskie chtenija, sbornik statej nauchnyh chtenij pamjati S.N. Balandina. Vol. 13. Novosibirsk: Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 2018. Pp. 36–42. (In Russ.). DOI 10.24411/9999-001A-2018-10004

2. Majnicheva A.Yu. Methods of fixing, documenting and information modeling of objects of material culture: principles and approaches [Methods of fixing, documenting and information modeling of objects of material culture: principles and approaches]. In: Balandinskie

chtenija, sbornik statej nauchnyh chtenij pamjati S.N. Balandina. Vol. 14. Novosibirsk: Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 2019. Pp. 57–60. (In Russ.). DOI 10.24411/9999-001A-2019-10056

Список сокращений

СО РАН — Сибирское отделение Российской академии наук