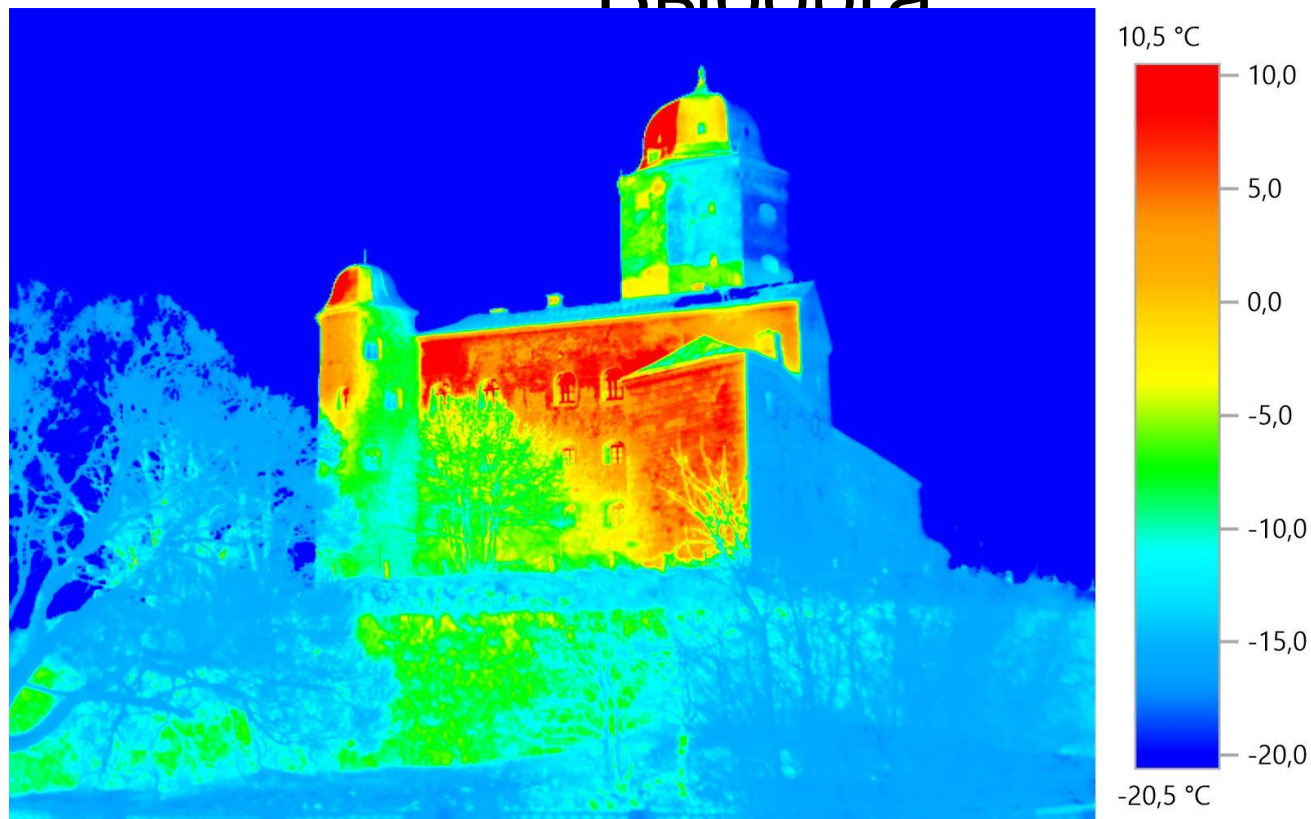


Тепловизионный мониторинг памятников архитектуры на примере г. Выборга



С.Р.Вьялицин, ГосНИИ
Реставрации
Тел.: +7-921-930-03-19
E-mail: serg.rv@yandex.ru

Термография

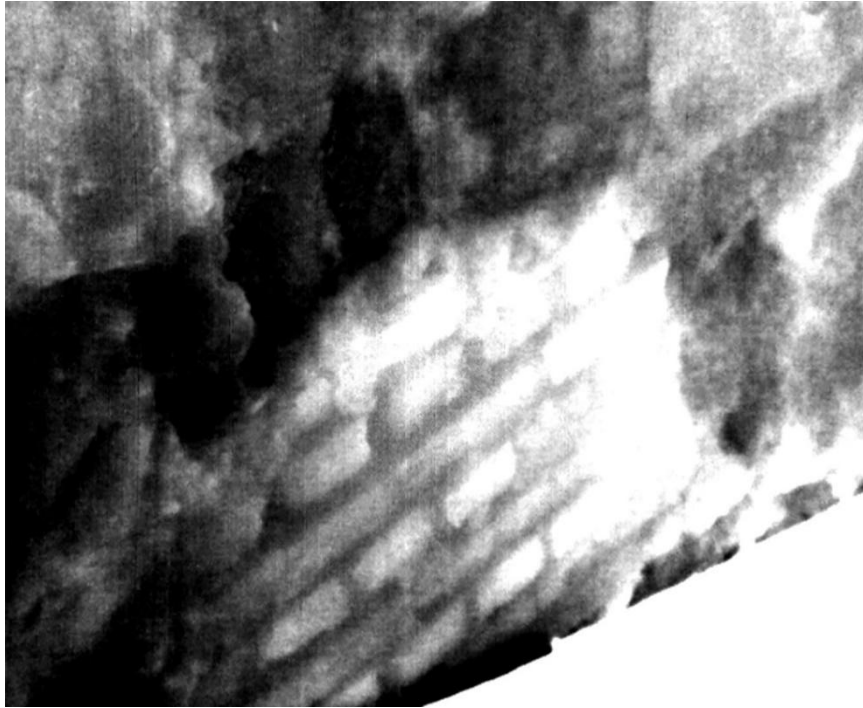


Рис.1. Свод заложенного дверного проема в башне Св.Олафа

Термография - это графическое представление распределения температуры на поверхности тела.

- ⇒ На термограмме всегда видна только поверхность и по разнице температур на отдельных участках поверхности можем судить о теплопроводности материалов
- ⇒ Стандартно, одним из методов при обследовании конструкций зданий является строительная термография.

Существуют методы диагностики строительных конструкций, применяемые для поиска мест теплотерь.

Например: ГОСТ Р 54852-2011 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля

качества теплоизоляции ограждающих конструкций.

Строительная термография

Существуют методы диагностики строительных конструкций, применяемые для поиска мест теплопотерь.

Например: ГОСТ Р 54852-2011 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций.

Данные методы направлены на энергосбережение, снижение теплопотерь в общественных зданиях, которыми являются и музеи.

В ГОСТ Р 54852-2011 представлены рекомендации по тепловизионной диагностике зданий:

- Проведение съемки в отопительный период
- Разница наружной и внутренней температур обследуемого объекта должна составлять не менее 10-15 градусов
- Обследуемые поверхности не должны находиться в зоне прямого и отраженного солнечного облучения в течение 12 ч до проведения измерений
- обычно толщина стен обследуемых зданий не превышает 0,8-1 метр

Тепловизионный мониторинг



Рис.2. Выборг. Съемка здания (ул. Крепостная д.10) при разных климатических условиях.

Метод тепловизионного мониторинга значительно отличается от методов строительной термографии.

Основным условием является многократная съемка при условиях окружающей среды,

не рекомендуемых для обследований при строительной термографии.

Съемка производится в разное время года и суток; в неотапливаемых зданиях; при резких изменениях погодных условий, температуры, влажности, скорости ветра;

при прямом или отраженном солнечном излучении; при толщине ограждающих конструкций до 1,5 метров; при отсутствии осадков и тумана; при температуре воздуха от +5 до +25 °С.

Тепловизионный мониторинг

При этом теплотери ограждающих конструкций становятся относительно неважным фактором. На первое место выходит параметр увлажнения материалов ограждающих конструкций от окружающего их воздуха. Кирпичная кладка и штукатурный раствор – материалы пористые, содержащие как замкнутые, так и незамкнутые – сообщающиеся между собой – поры. Они заполнены воздухом, в котором всегда содержатся пары воды.

Стены памятников архитектуры строились из разных материалов. За долгие века они могли подвергаться неоднократным перестройкам и реставрациям. Камень мог быть использован из разных карьеров и иметь разную теплопроводность. Плинфа в разные века могла изготавливаться по разным технологиям. Известь могла гаситься разное по продолжительности время и при разных условиях окружающей среды.

В результате, пористость и влагосодержание материалов могут отличаться, если стена подвергалась перестройке или реставрации. Это можно выявить при съемке ограждающих конструкций в разных климатических условиях, когда их влагосодержание изменяется.

Тепловизионный мониторинг

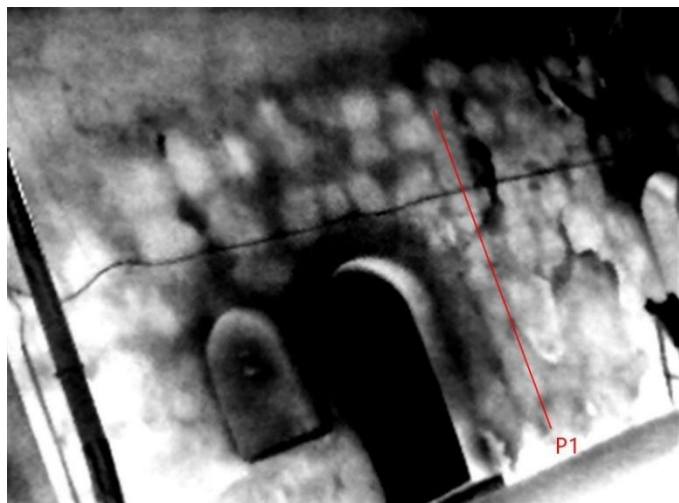


Рис.3. Выборг, ул Прогонная 1.

За счет изменения температуры поверхностей под воздействием влажного или сухого ветра или прямого солнечного излучения происходит неравномерное изменение влагосодержания кладки, которое зависит от толщины пористого материала и размера пор.

В результате, на термограмме становятся видны контуры камней или плинфы, более поздние закладки дверных или оконных проемов.

Съемка здания на снимке производилась в летнее время, при отсутствии разницы температур внутри и снаружи здания и при прямом солнечном излучении.

Тепловизионный мониторинг

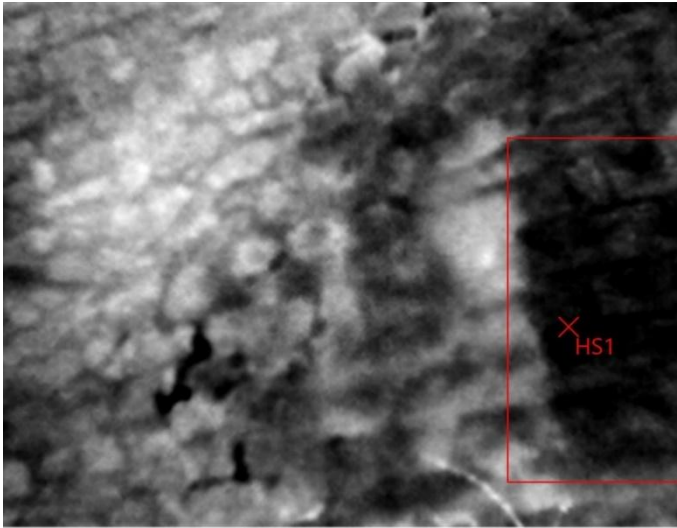


Рис.4. Термограмма и фотография неотапливаемого здания цейхгауза в зимний период. Предположительно, заложенный дверной проем.

Метод тепловизионного мониторинга в большей степени напоминает фотоохоту, когда нужно поймать момент изменения влажности пористых материалов ограждающих конструкций.

Возможные сферы применения

В результате неоднократных тепловизионных обследований Выборгского замка и древней части города Выборга удалось обнаружить множество температурных аномалий,

часть которых подтверждена летописями и старыми финскими фотографиями, а часть

является неизвестными пока фактами истории г.Выборга.

Несмотря на то, что метод тепловизионного мониторинга еще только в процессе разработки, результаты, которых удалось достичь при его применении, позволяют предполагать, что он может использоваться специалистами для решения следующих

задач:

- Прогнозирование возможных разрушений ограждающих конструкций для планирования реставрационных работ
- Контроль качества реставрационных работ
- Историко-архитектурная диагностика

Прогнозирование возможных разрушений



- Рис.5. Выборгский замок. Теплотери в основании Райской башни.

⇒ Выборгский замок. Райская башня. При наружной температуре - 23 градуса, под воздействием солнечного излучения стена нагревается до -16. А в отдельных местах в районе основания до -6,5. Вывод: возможны трещины в фундаменте, через которые уходит тепло изнутри.

Прогнозирование возможных разрушений



Рис.6

Выборгский замок. Башня Олафа. Темные пятна в выделенной области - места с повышенным влажностью кладки. Вероятно, выше гидроизоляция была нарушена и влага попадает в стену. С внутренней стороны стены примерно в этом месте трещина есть. По той же причине.

Прогнозирование возможных разрушений

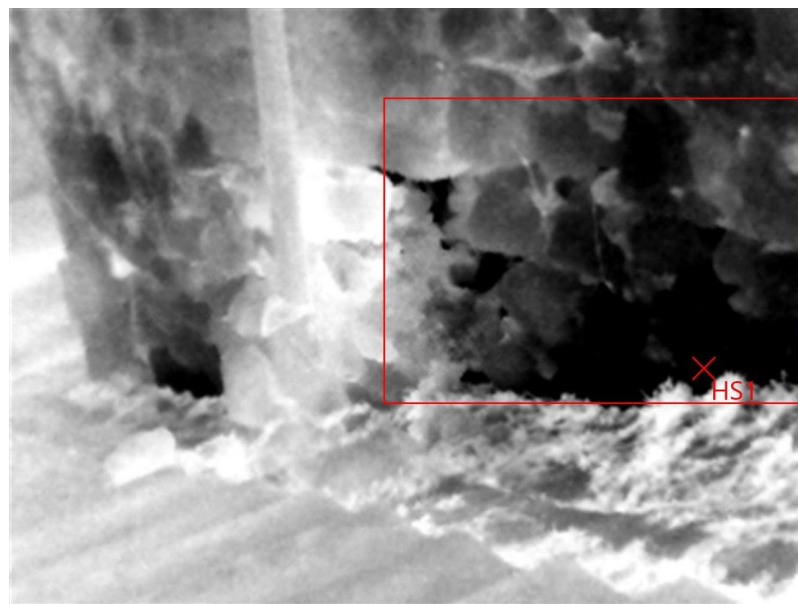


Рис.7

Выборгский замок. Дом коменданта. Темные пятна в выделенной области - места с повышенным влагосодержанием кладки. Влага при замерзании образует внутренние трещины. Причина- верховые воды. На фото видны лишь некоторые места разрушения стены. Внутренние разрушения более значительны.

Прогнозирование возможных разрушений

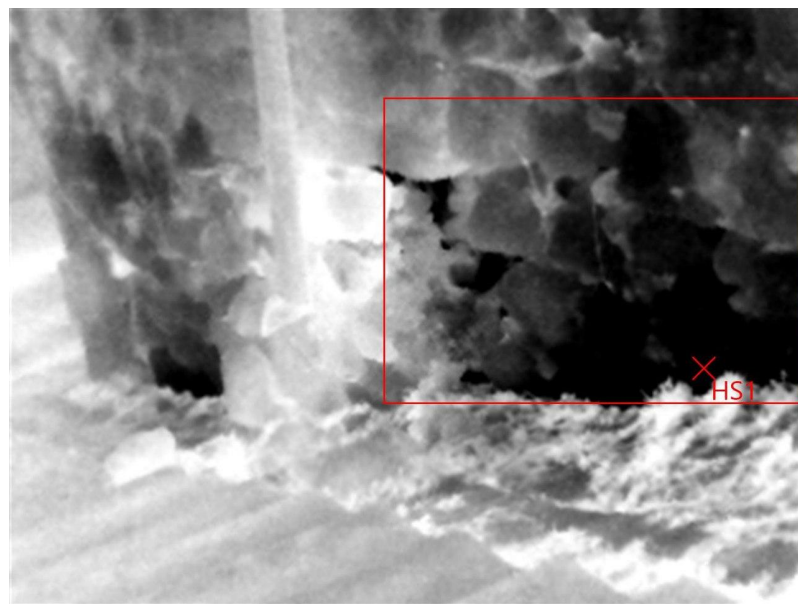


Рис.7

Выборгский замок. Дом коменданта. Темные пятна в выделенной области - места с повышенным влагосодержанием кладки. Влага при замерзании образует внутренние трещины. Причина- верховые воды. На фото видны лишь некоторые места разрушения стены. Внутренние разрушения более значительны.

Прогнозирование возможных разрушений

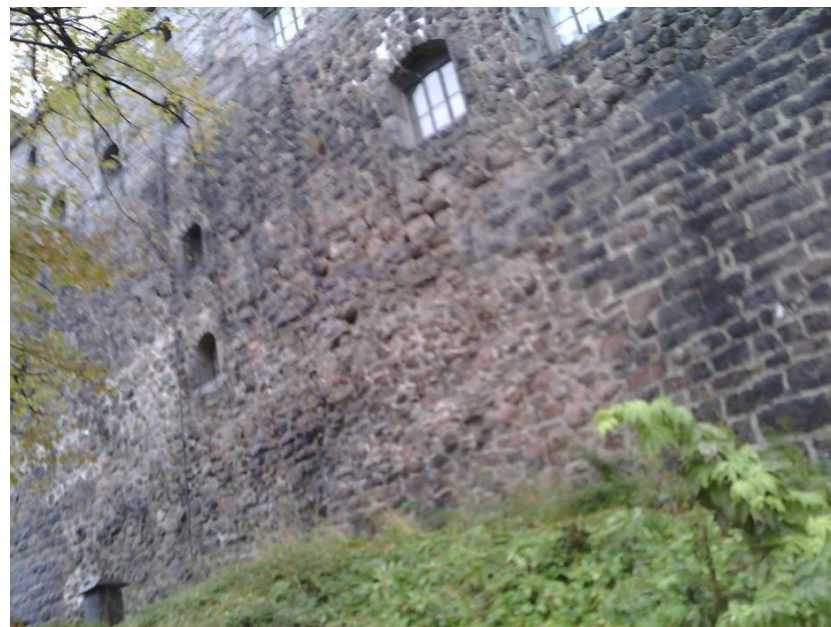
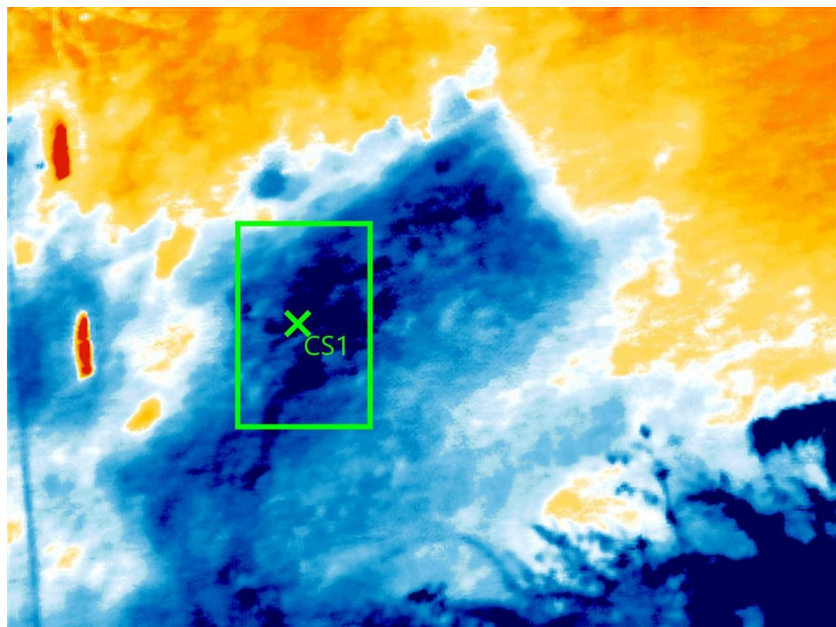


Рис.8

В марте 2015 года произошло обрушение кладки южной стены главного корпуса Выборгского замка. На снимке, сделанном в ноябре 2014 года, видно намокание стены в месте будущего обрушения.

Контроль реставрационных работ.

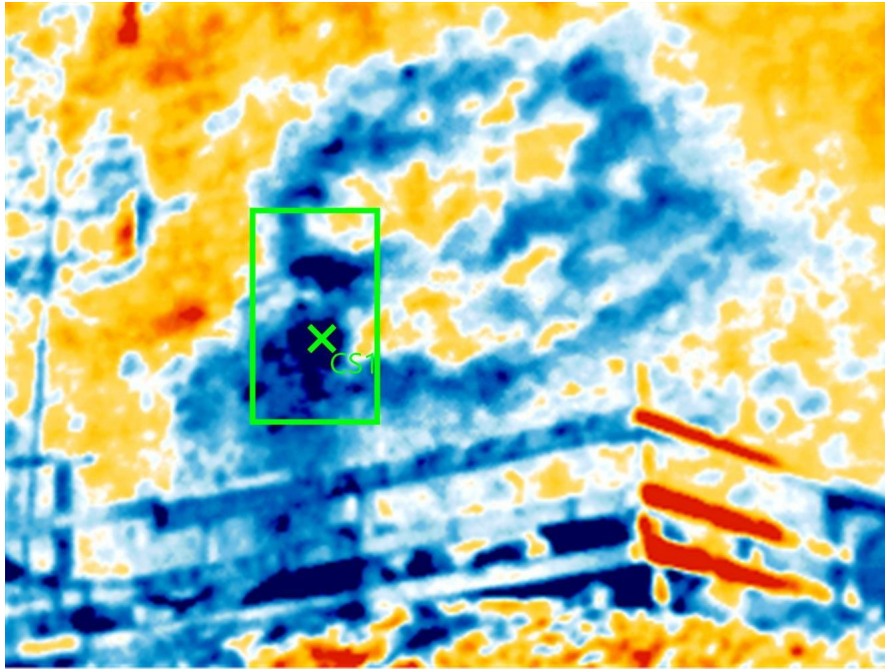


Рис.9

Выборгский замок. Контроль состояния южной стены после обрушения кладки.

Контроль реставрационных работ.

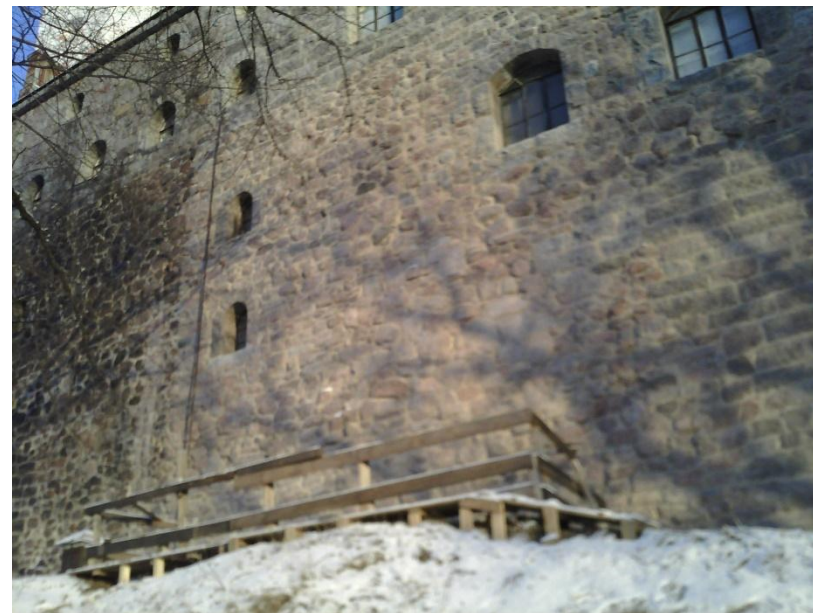
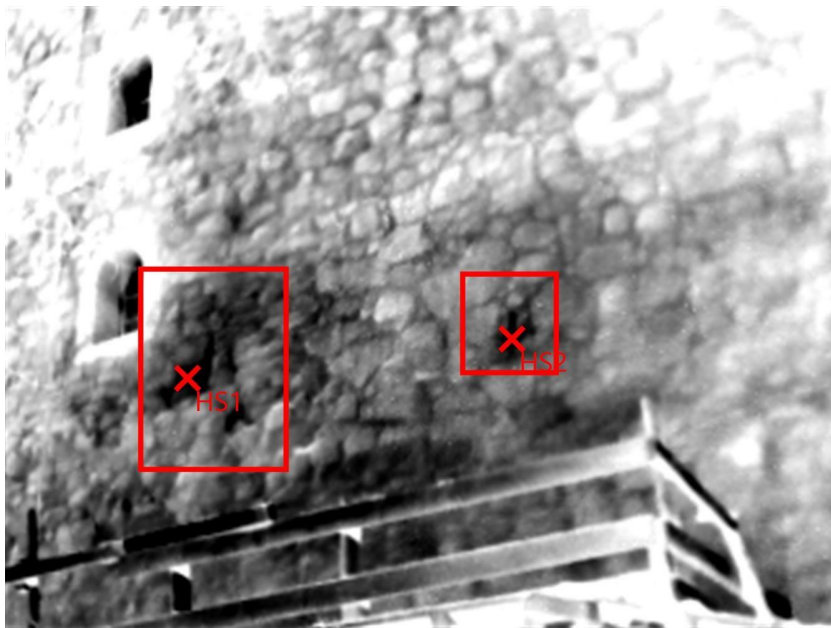


Рис.10.

Выборгский замок. Темные пятна в выделенных областях - мостики тепла. Стена в этих местах теплее на 5 градусов, чем в окружающих областях. При реставрации не были устранены внутренние трещины, которые привели ранее к обрушению кладки

Историко-архитектурные исследования

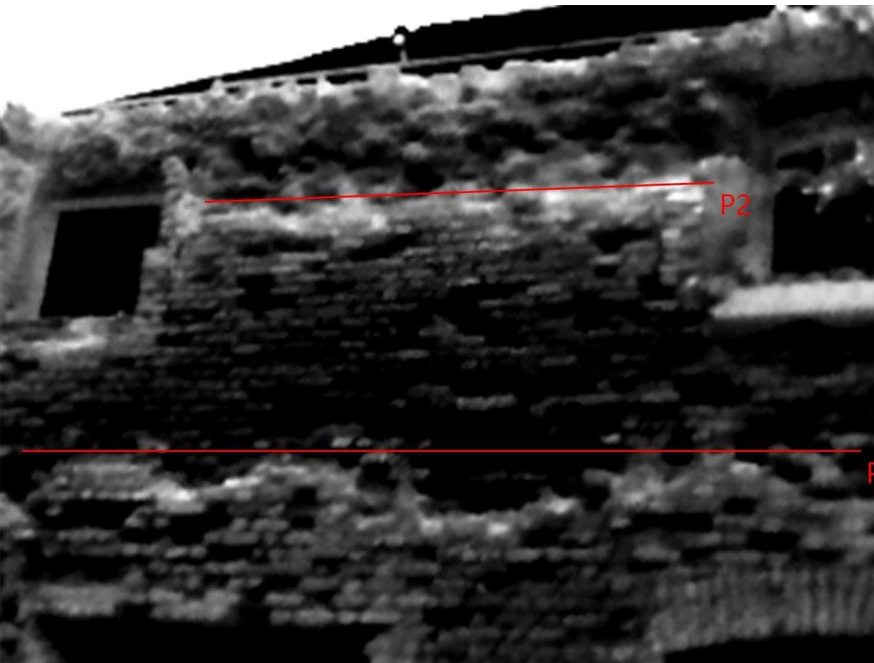


Рис.11.

Выборг. Руины Кафедрального собора. Красные линии разделяют три уровня стены, немного отличной по своей теплопроводности. Вероятно, по теплопроводности связующего раствора. Это может быть связано с разновременностью уровней. Вероятно собор не сразу строился, а постепенно увеличивался в высоту.

Историко-архитектурные исследования

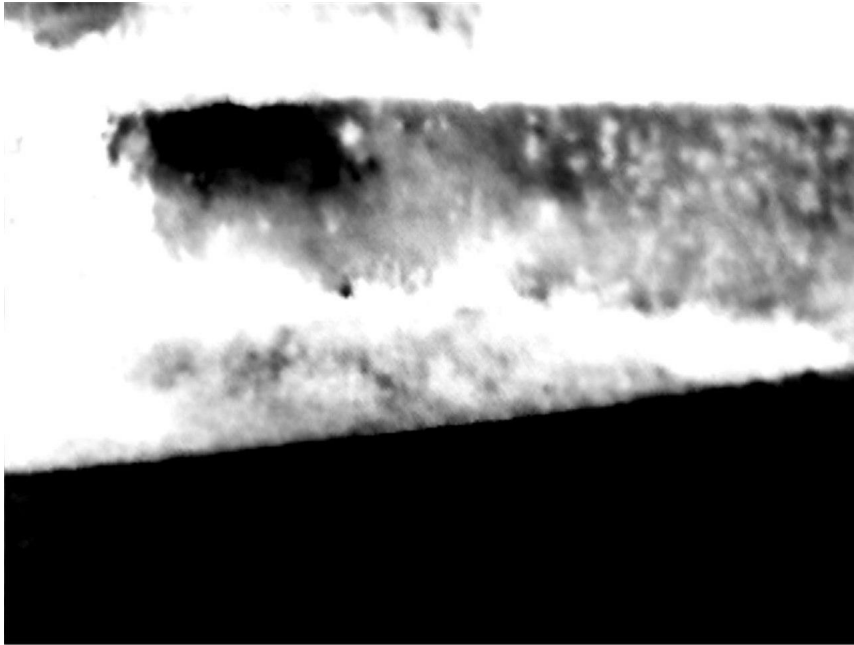


Рис.12.

Выборгский Замок. Темное пятно на обводной стене перед башней Сапожника находится примерно в месте, где ранее находился мост между замком и городом.



Историко-архитектурные исследования



Рис.13.

Выборг. Башня Св.Олафа. Неравномерная тепловая картина кладки указывает на перестройку дверного проема.

Историко-архитектурные исследования



Рис.14.

Выборгский замок. На термограмме - стена башни Олафа со стороны подвального помещения главного корпуса. Видны валуны в стене, значительно превосходящие по размеру ту каменную кладку, которая видна снаружи башни. Вероятно, наружная часть обстраивалась, а эта осталась нетронутой.

Историко-архитектурные исследования

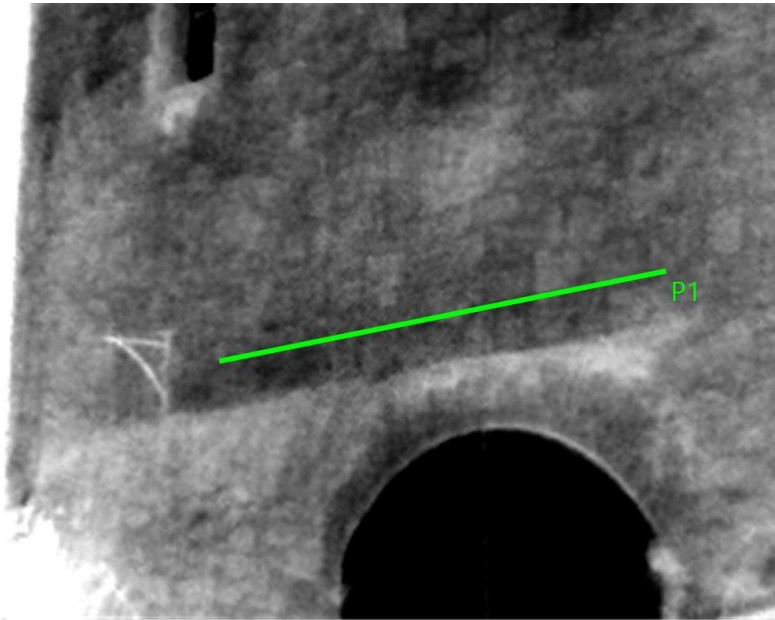


Рис.15.

Выборгский замок. Башня Сапожника. Изменение температурной картины кладки показывает разные периоды ее строительства. Ниже зеленой линии находится кладка редута – предшественника башни.

Историко-архитектурные исследования



Рис.16.

Выборгский замок. Готическое окно на северной стене музея в корпусе администрации замка ранее было въездными воротами с северного моста.

Историко-архитектурные исследования

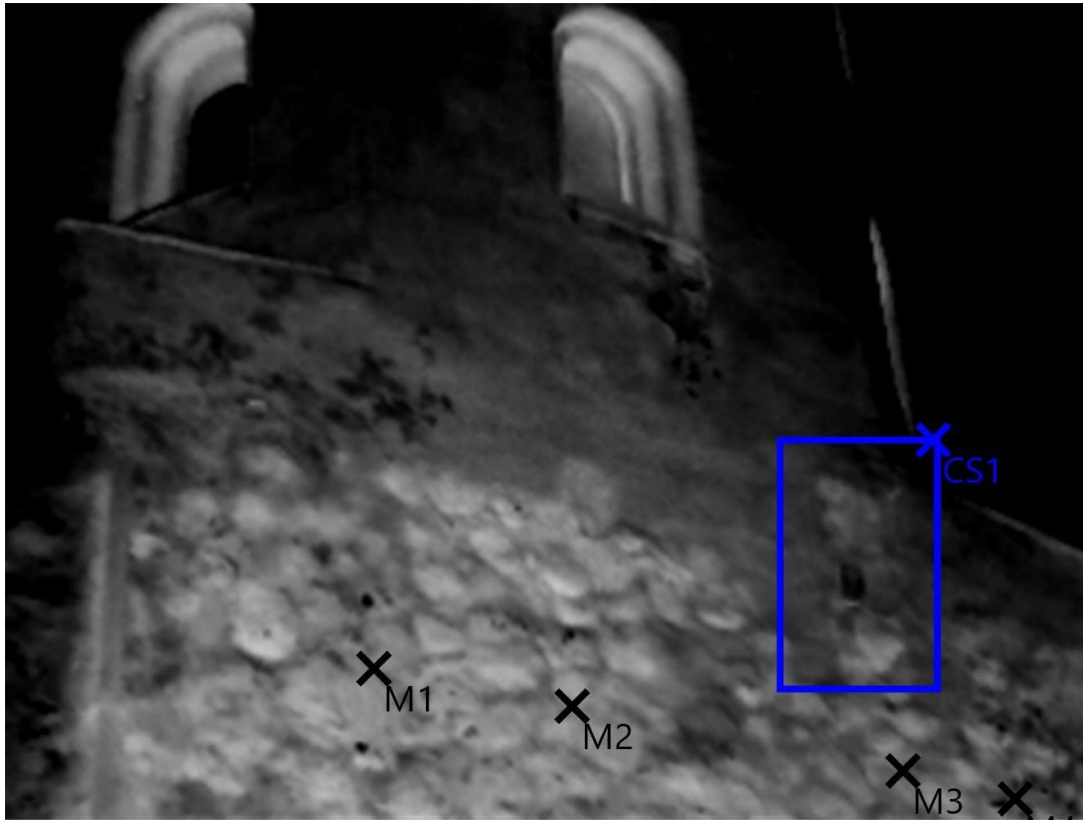
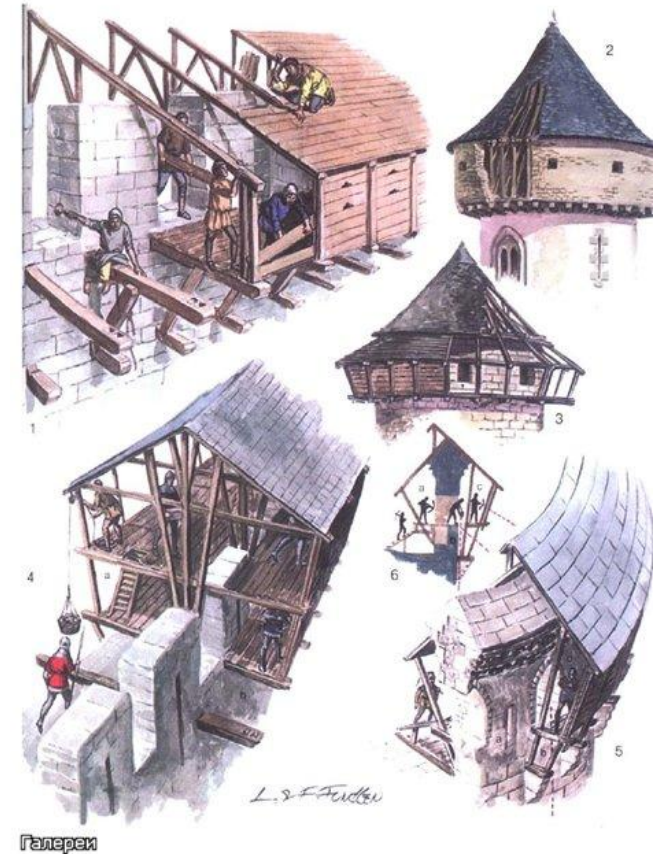


Рис.17.



Выборг, Башня Ратуши. Северная стена. В выделенной области видна замурованный дверной проем. Над метками видны небольшие темные точки на одном уровне с нижней частью дверей. Предположительно, это следы балок деревянной боевой галереи, а дверной проем являлся выходом на галерею.

Историко-архитектурные исследования

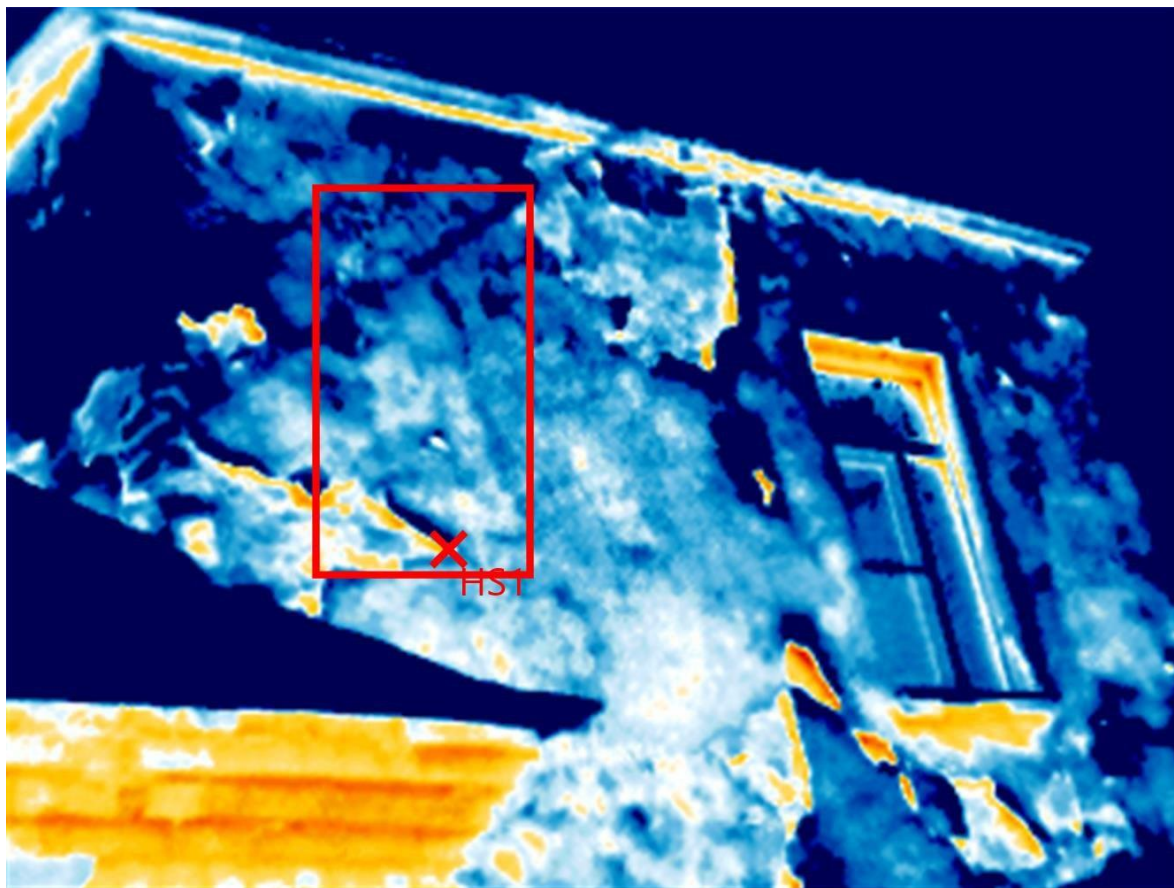


Рис.18.

Выборг, ул. Крепостная д.13. Самое древнее каменное жилое здание в России.
В выделенной области виден заложённый оконный проем.

Историко-архитектурные исследования

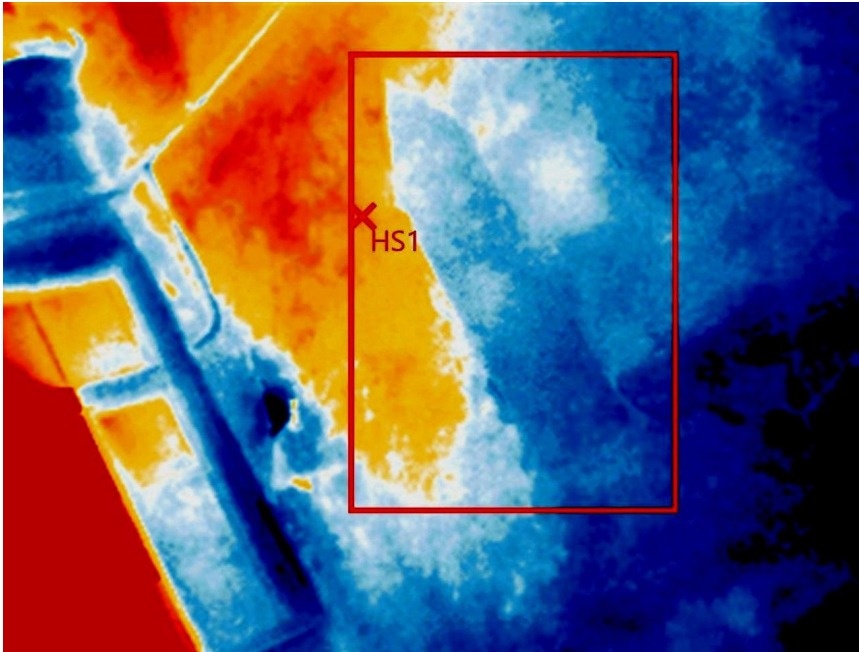


Рис.19.

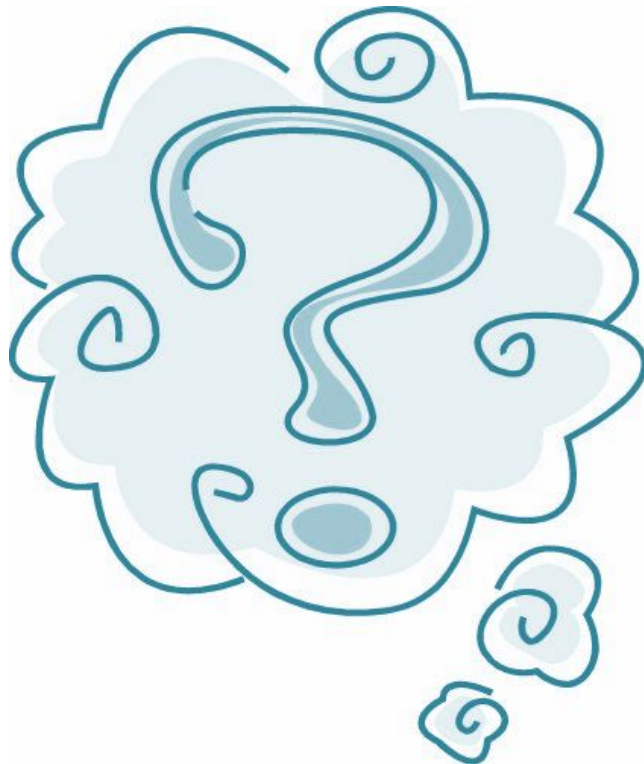
Выборг, ул. Сторожевой Башни, д.3. В выделенной области находится либо заложенный оконный проем, либо ниша готической формы. На фасаде видны трещины на штукатурке аналогичной формы.

Тепловизионный мониторинг памятников архитектуры

Метод тепловизионного мониторинга памятников архитектуры позволяет контролировать состояние памятников архитектуры для принятия своевременных решений о начале реставрационных работ, контролировать качество реставрационных работ, а также выявлять ранее неизвестные и неисследованные изменения в конструкциях.



Вопросы?



С.Р.Вьялицин, ГосНИИ Реставрации,
лаборатория климата музеев и памятников
архитектуры

Тел.: +7-921-930-03-19

E-mail: serg.rv@vandex.ru