



Деревянное домостроение Севера:
традиции и инновации



**Энергоэффективные технологии
деревянного домостроения для северный и
арктических территорий**





Здания, расположенные на территории Арктики, получившие «зеленый» сертификат

Финляндия	2
Норвегия	5
Швеция	1
Канада	8
Россия	0



Экспериментальные здания-лаборатории в Мурманске (слева) и в Петрозаводске (справа)



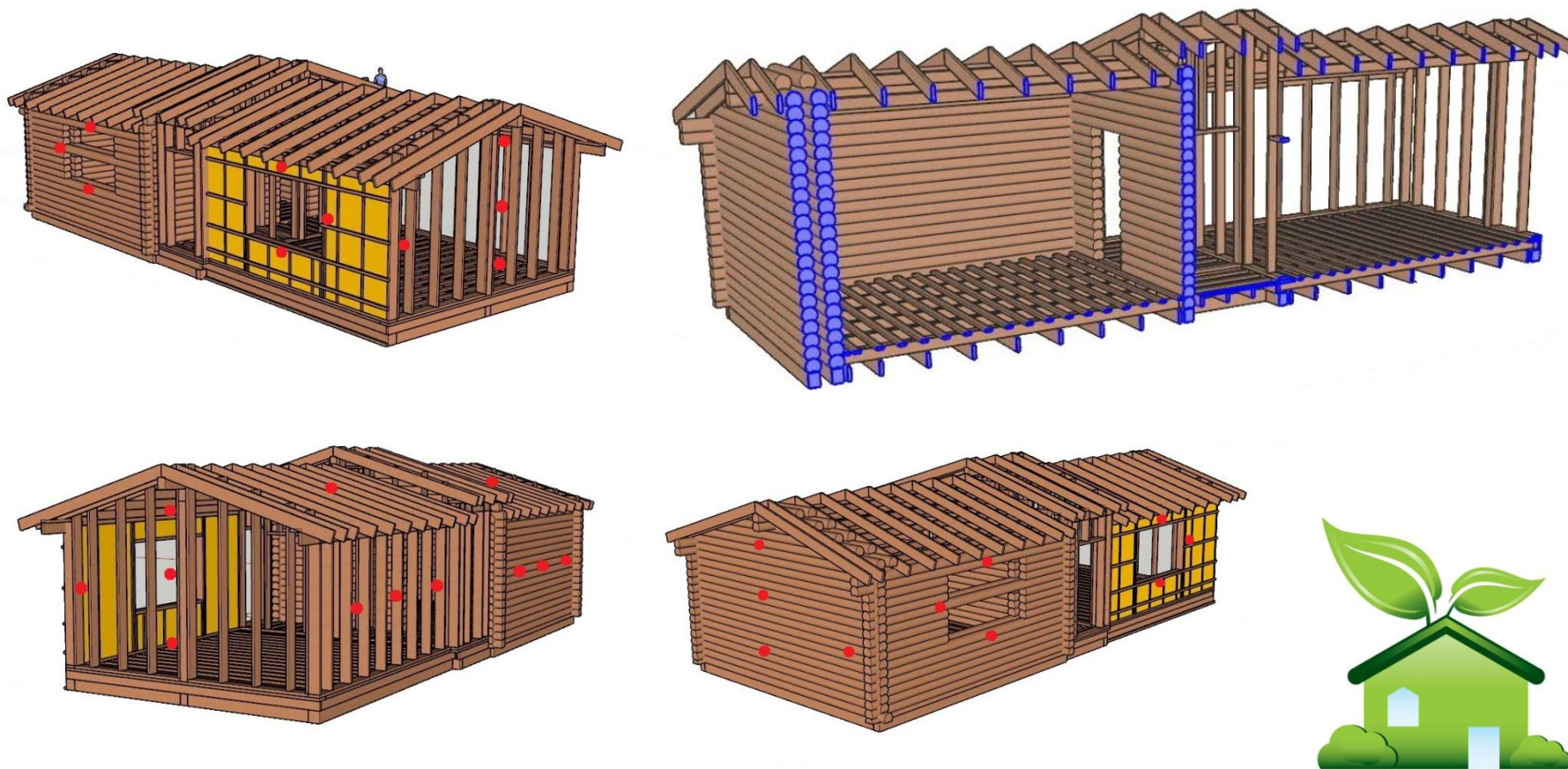
Модельный объект представляет собой одноэтажное здание с размерами в плане в осях 12,45х5,5 м со скатной крышей с небольшим уклоном. Высота здания по коньку самой высокой части составляет 4,3 м.

В 2020 году реализовано проектирование и строительство двух идентичных экспериментальных зданий (модельных объектов) на территориях Мурманской области и Республики Карелия.

Целью создания лабораторий является исследование материалов, технологий конструктивных и инженерных решений, наиболее полно представляющих концепцию «зеленого строительства», и оценка различных решений в области малоэтажного деревянного домостроения в условиях регионов с холодным климатом.



3D-модель экспериментального здания





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации

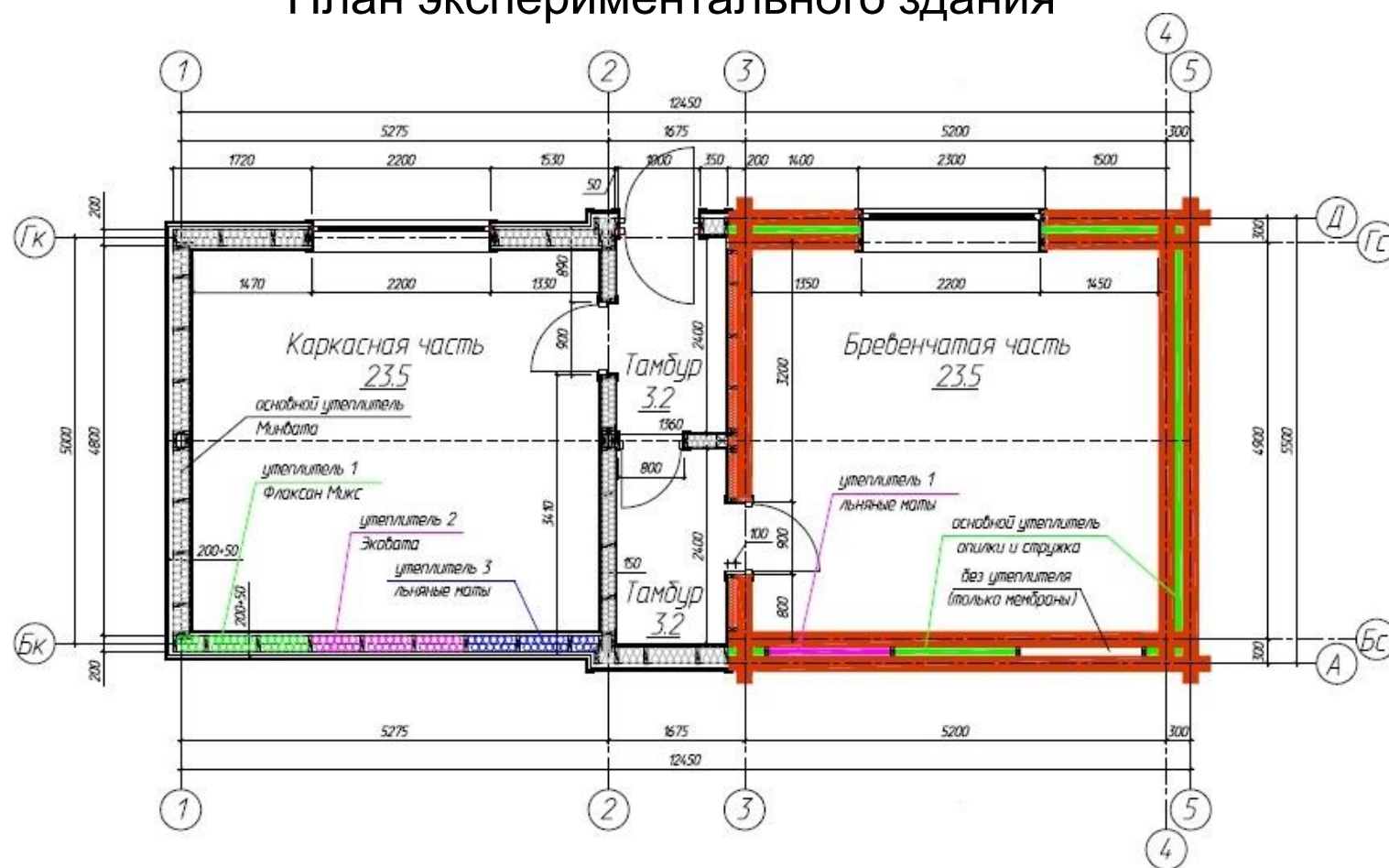


Основным
конструкционным
материалом
экспериментальных
зданий является
древесина.

Для изготовления элементов обоих домокомплектов была использована одинаковая древесина, которая была заготовлена в Прионежском центральном лесничестве (квартал 19, выдел 23) Прионежского района РК. Заготовка древесины производилась в период с 15 по 31 декабря 2019 г. Пиловочник был окорен и выложен в клеть на атмосферную сушку на 4 месяца – с января по май 2020 г. После атмосферной сушки влажность древесины составляла 20-30 % (воздушно-сухая древесина). Элементы сруба были изготовлены в мае 2020 года на оцилиндровочном станке (комплексе) RoundTec 9000 (Tommi Laine Trading Oy). Готовый домокомплект хранился в атмосферных условиях на базе предприятия-изготовителя до момента начала строительства. Влажность готовых элементов во время хранения составляла 25 %.



План экспериментального здания



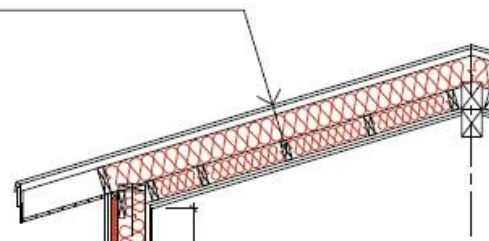
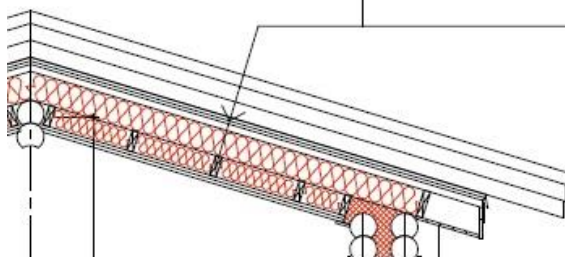
Здание представляет собой два квадратных в плане объема, соединенных тамбуром-коридором. Правая и левая часть здания имеют одинаковую площадь помещений и одинаковый внутренний объем.



Структурные слои конструкции кровли



кровельное покрытие
обрешетка 25
вентиляционный брусок 50
благо-ветроизоляция
стропила 50x200
+ утеплитель 200
Каркас перекрестного утепления 50x150
+ утеплитель 150
пароизоляция
вентиляционная рейка 25
подшивка потолка

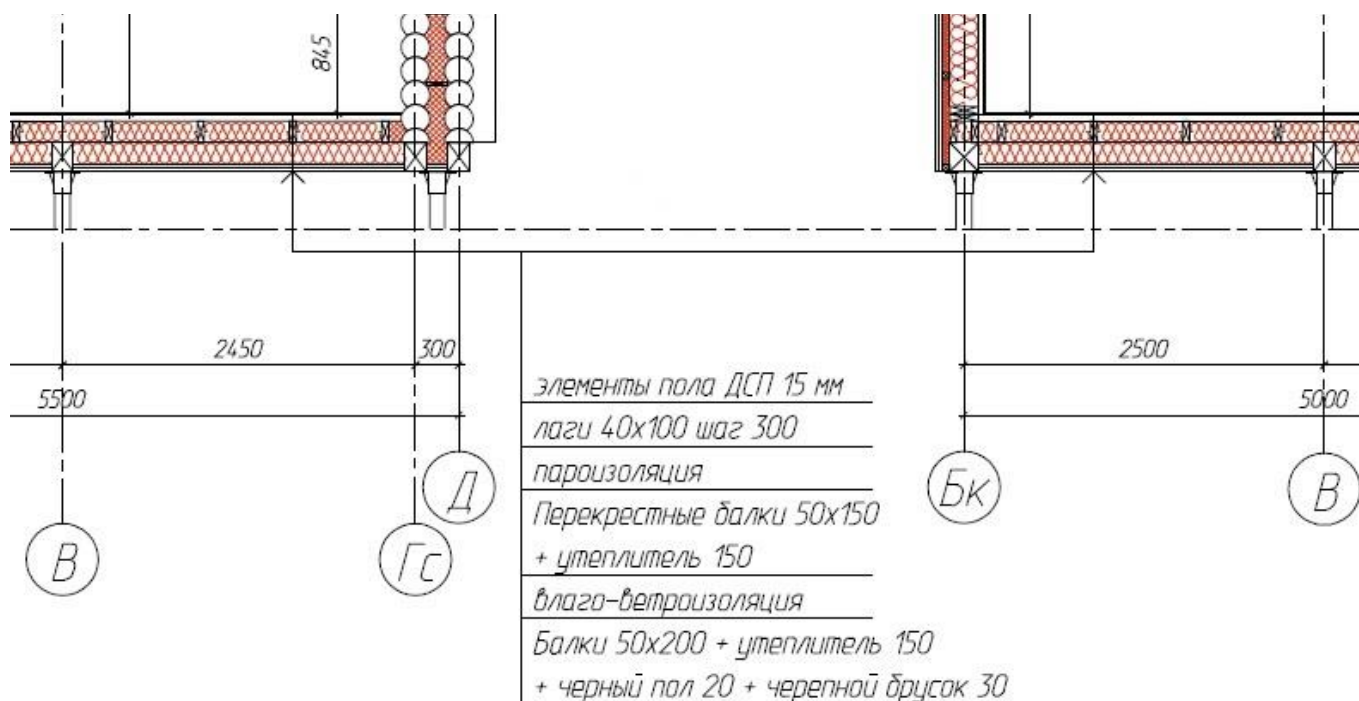


Теплоизоляция конструкций крыши произведена в два слоя. Материал утепления конструкций крыши минераловатные плиты ISOROC Супер Теплый. Утепление конструкций крыши над бревенчатой и каркасной частями выполнено однотипно.

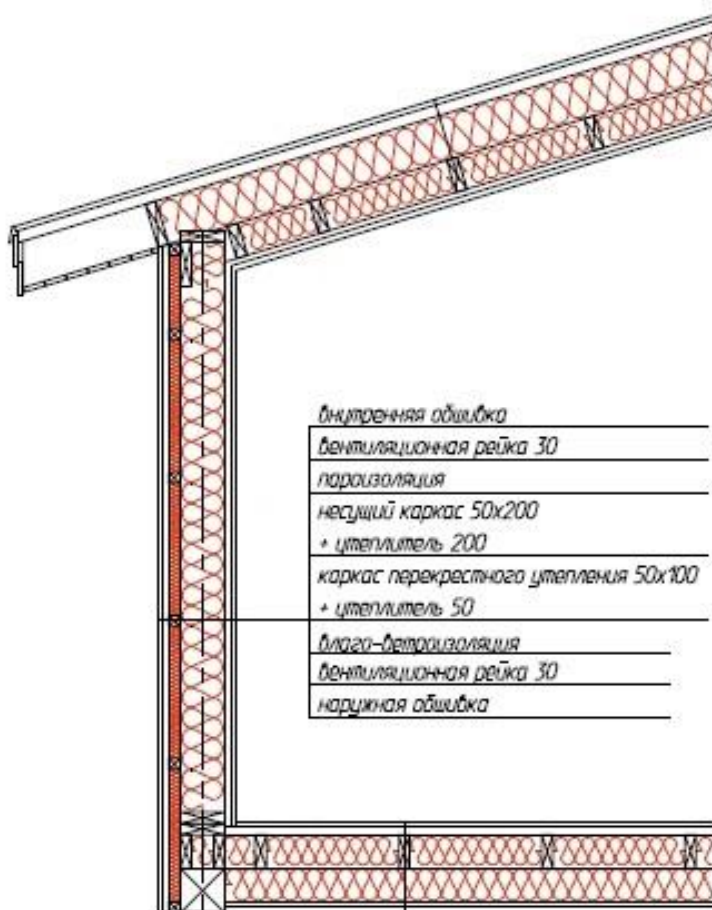


Структурные слои нижнего перекрытия

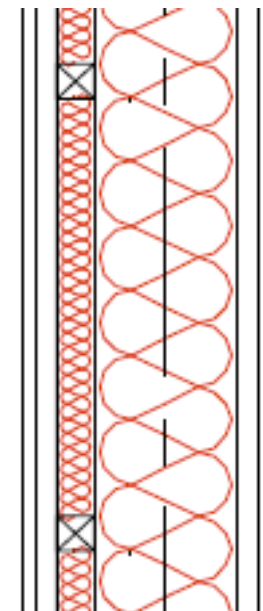
По несущим балкам смонтированы лаги в перекрестном направлении, выполнено утепление из минераловатных плит ISOROC Супер Теплый в два слоя и настил из шпунтованной влагостойкой древесно-стружечной плиты толщиной 12 мм.



Структурные слои каркасной стены



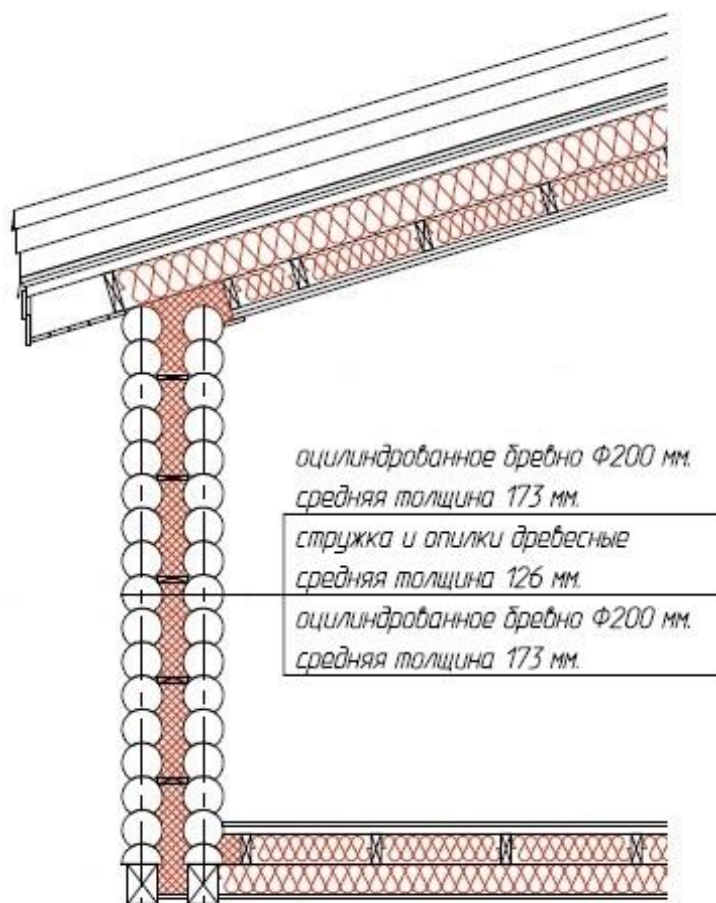
Общая толщина каркасной конструкции стены составляет 350 мм. Несущий каркас представлен стойками сечением 50x200 мм, ригелями того же сечения и системой подкосов. По несущему каркасу в горизонтальном направлении выполнен каркас перекрёстного слоя утепления толщиной 50 мм. Общая толщина теплоизолирующего слоя составляет 250 мм. В качестве основного материала утепления для каркасной стены принят минераловатный утеплитель «ISOROC Супер Теплый»



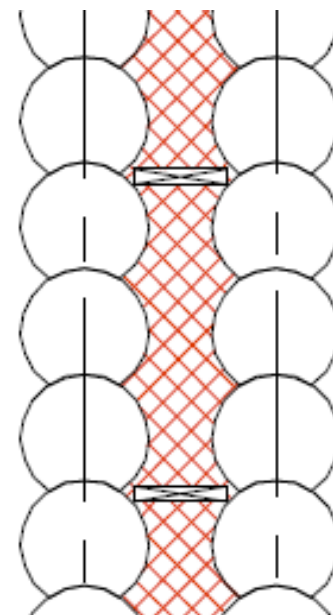


Каркасная стена с утеплителем из минеральной ваты: минераловатная плита на базальтовой основе ISOROC Супер Теплый (слева), внешний слой утеплителя - 50 мм (в центре), внутренний слой утеплителя - 200 мм (справа).

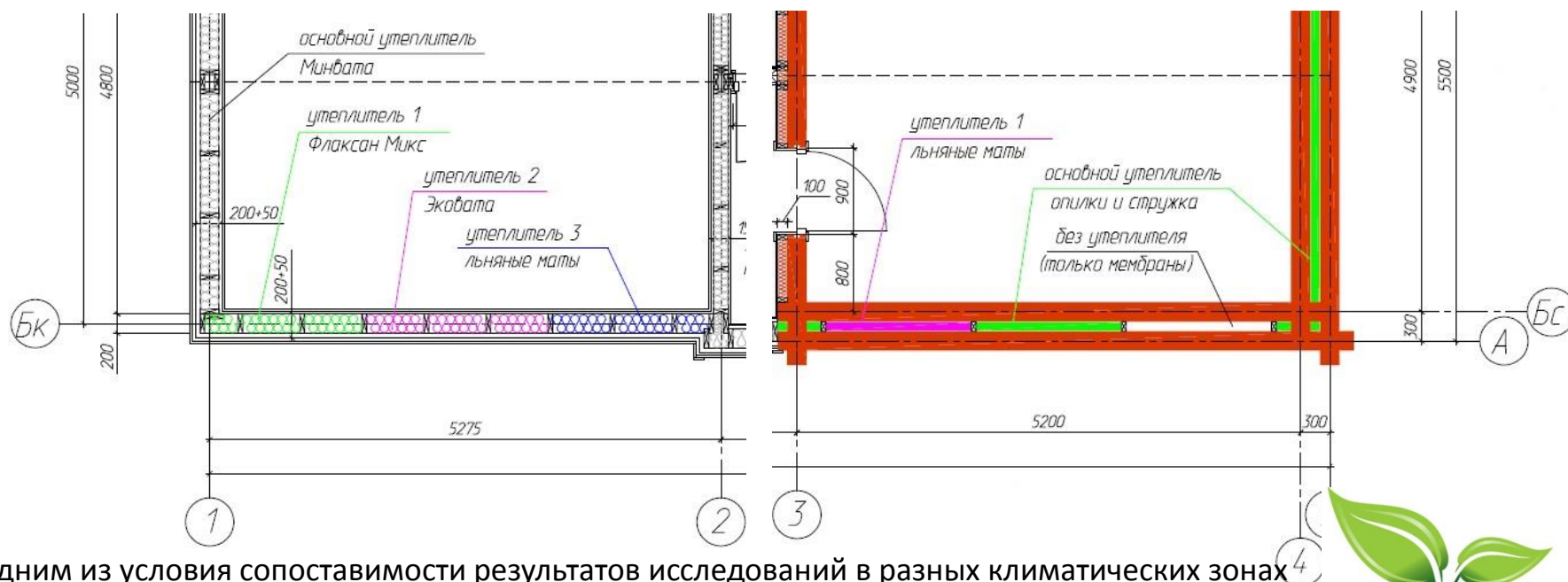
Структурные слои стены двойного сруба



Средняя толщина конструкции стены, изготовленной по технологии двойного сруба, составляет 472 мм. Толщина слоя утепления – 126 мм. В качестве основного теплоизоляционного материала приняты стружка и опилки, которые являются отходом при производстве элементов сруба. Для компенсации возможной осадки засыпного утеплителя в конструкции стены предусмотрены мембраны из доски толщиной 25 мм.



Размещение зон с дополнительными видами теплоизоляционных материалов в северной стене



Одним из условия сопоставимости результатов исследований в разных климатических зонах является одинаковая ориентация экспериментальных зданий на местности. Глухая стена здания ориентирована на север, как на территории г. Мурманска, так и на территории г. Петрозаводска. При этом, северная стена, в каждой части здания разделена на три зоны. В каждой зоне применяется отдельный вид альтернативного теплоизоляционного материала.





Альтернативным теплоизоляционным материалом для стены из двойного сруба являются маты на основе льняного волокна **AKOTHERM FLAX** (слева), вторая зона заполняется древесной стружкой (по центру), а третья зона представлена **воздушной прослойкой без дополнительного утепления**.





Для каркасной части здания альтернативными теплоизоляционными материалами являются: **теплоизоляционная плита из льняного волокна АКOTHERM FLAX** (слева), внешний слой изоляции - 50 мм (в центре), внутренний слой изоляции - 200 мм (справа). Теплоизоляционные плиты АКОТЕРМ ФЛАКС изготавливаются из натурального льноволокна (85%) и связующего полиэфирного волокна (15%).





Для каркасной части здания альтернативными теплоизоляционными материалами являются: **теплоизоляционная плита на основе сушеных морских водорослей FLAXAN Briz** (слева), внешний слой изоляции - 50 мм (в центре), внутренний слой изоляции - 200 мм (справа). Теплоизоляционные плиты, выпускаемые под брендом "Флаксан"/FLAXAN, изготавливаются из морских водорослей - взморника (камки), льна или конопли и полиэстера в качестве вяжущего.





Для каркасной части здания альтернативными теплоизоляционными материалами являются: **утеплитель из ваты на основе целлюлозы - эковата** (слева), часть каркасной стены до утепления эковатой (в центре), часть каркасной стены после утепления эковатой методом задувки (справа). Эковата на 81 % состоит из обработанной специальным образом вторичной целлюлозы, на 7 % - из веществ, препятствующих горению-антипиренов (бура) и на 12 % - из антисептика (борная кислота)





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



Расчетные характеристики конструктивных и теплоизоляционных материалов и основных ограждающих конструкций

Наименование материала	Характеристики материала			Характеристики конструкции		
	Толщина слоя, мм	ρ , кг / м ³	λ , Вт / (м·°С)	Тип	Общая толщина, мм	R, м ² ·°С/Вт
Утепленная кровля						
ISOROC Супер Теплый	350	26	0,037	Каркас	450	5,733
Утепленное нижнее перекрытие						
ISOROC Супер Теплый	300	26	0,037	Каркас	465	5,645
Каркасные стены						
Основной теплоизоляционный материал						
ISOROC Супер Теплый	250	26	0,037	Каркас	350	4,577
Дополнительные теплоизоляционные материалы						
AKOTHERM FLAX	250	30	0,038	Каркас	350	4,509
Эковата	250	35	0,039	Каркас	350	4,443
FLAXAN Briz	250	32-35	0,043	Каркас	350	4,198



Расчетные характеристики конструктивных и теплоизоляционных материалов и основных ограждающих конструкций

Бревенчатые стены						
Основной конструкционный материал						
Древесина	173 (ср. толщина бревна Ø 200 мм)	500	0,25	Сруб	472*	-
Основной теплоизоляционный материал						
Древесная стружка и опилки	126	80-120	0,06	Сруб	472*	3,388
Дополнительные теплоизоляционные материалы						
АКОТHERM FLAX	126	30	0,038	Сруб	472*	4,506
Воздушный зазор	126	1,2-1,27	0,24	Сруб	472*	1,939

* – средняя толщина.

Толщина теплоизоляционных слоев определялась в соответствии с климатическими условиями Мурманской области. Толщина теплоизоляции выбрана расчетом для обеспечения класса энергоэффективности всего здания - А+ (очень высокий) по наиболее холодному варианту климата.

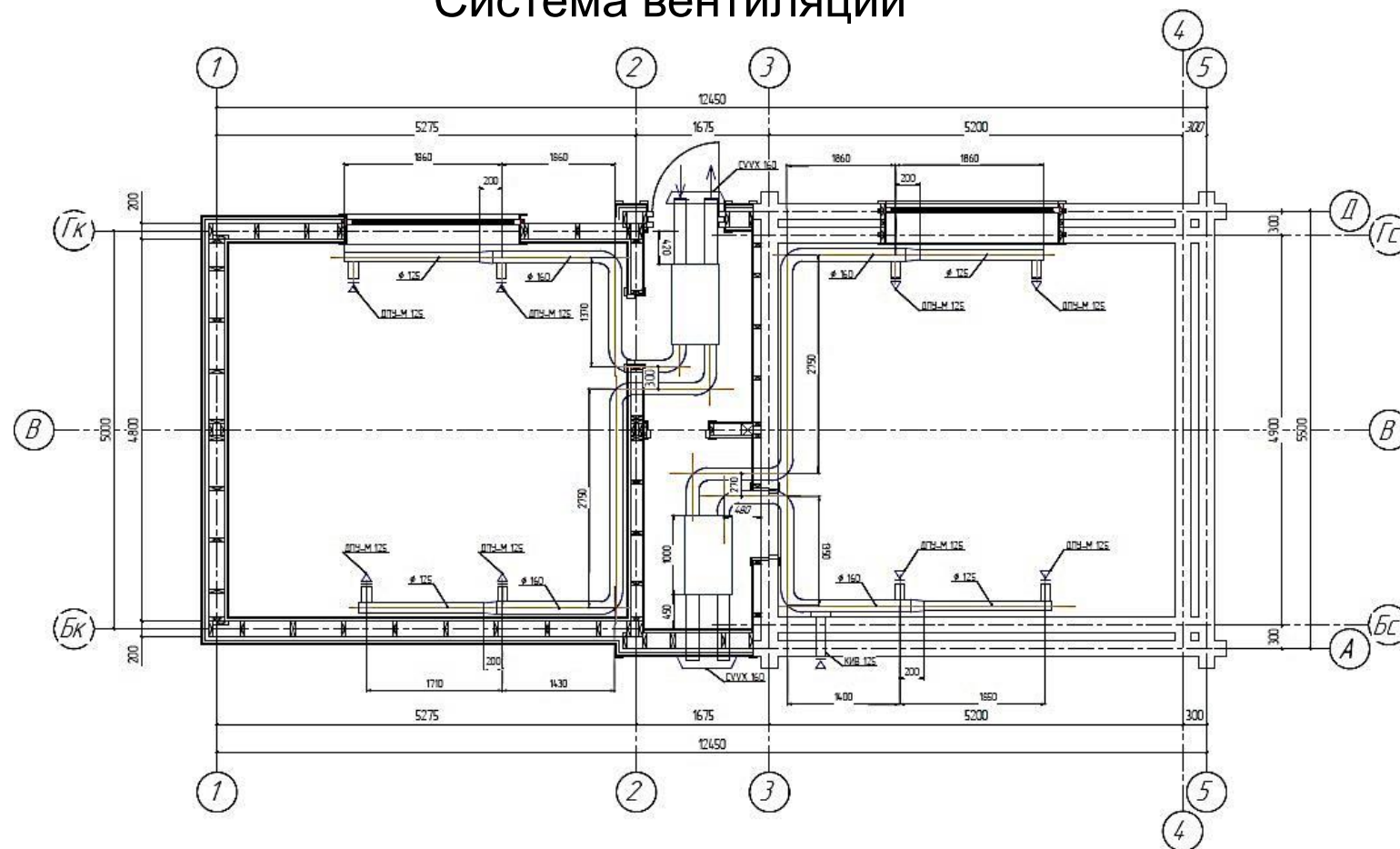


Система отопления



В качестве электрических нагревательных приборов используются конвекторы **GLAMOX H40** с возможностью управления посредством Wi-Fi доступа.

Система вентиляции



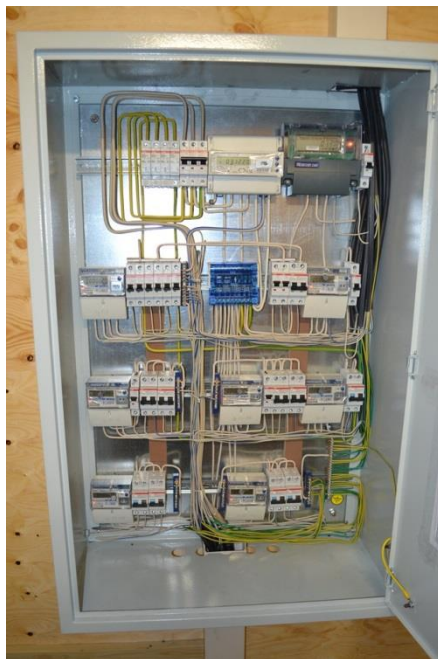
В качестве
основной
системы
вентиляции
выбрана
приточно-
вытяжная
вентиляция с
механическим
побуждением с
рекуперацией





Система
вентиляции здания
представлена двумя
независимыми
системами для
каждой части
здания. Для каждой
системы
предусмотрена
собственная
приточно-вытяжная
установка NOVA-300
с рекуперацией





В качестве
основного
источника
энергоснабжения
зданий
используется
внешняя
электрическая сеть.

Основными потребителями является розеточная сеть 220В, рабочее и аварийное освещение, измерительная аппаратура, оборудование приточно-вытяжной вентиляции, оборудование системы отопления, оборудование систем АПС. Обеспечивается независимый учет электроэнергии для следующих групп потребителей: все здание; каждая часть здания; в каждой части здания - система отопления; система вентиляции; освещение и другие потребители.



Комплексная оценка энергоэффективности ограждающих конструкций при **стационарном режиме микроклимата**

Дистанционный метод

**Тепловизионное
обследование:**

- обзорное;
- детальное.

ГОСТ Р 54852-2011

Контактный метод

**Измерение плотности
тепловых потоков**

ГОСТ Р 54852-2011

**Экспериментальное
определение
теплофизических
характеристик
ограждающих
конструкций зданий**

**Определение реальной
теплопроводности и
термического
сопротивления
применяемых конструкционных
и теплоизоляционных
материалов в стационарном
режиме исследования образцов**
ГОСТ 7076-99

**Экспериментальный
метод**

Измерение основных параметров ограждающих конструкций (температуры и влажности, в том числе в слоях конструкции) и внешних условий с помощью внедренной системы мониторинга

1 этап
программы
исследований.



Система мониторинга температуры и влажности

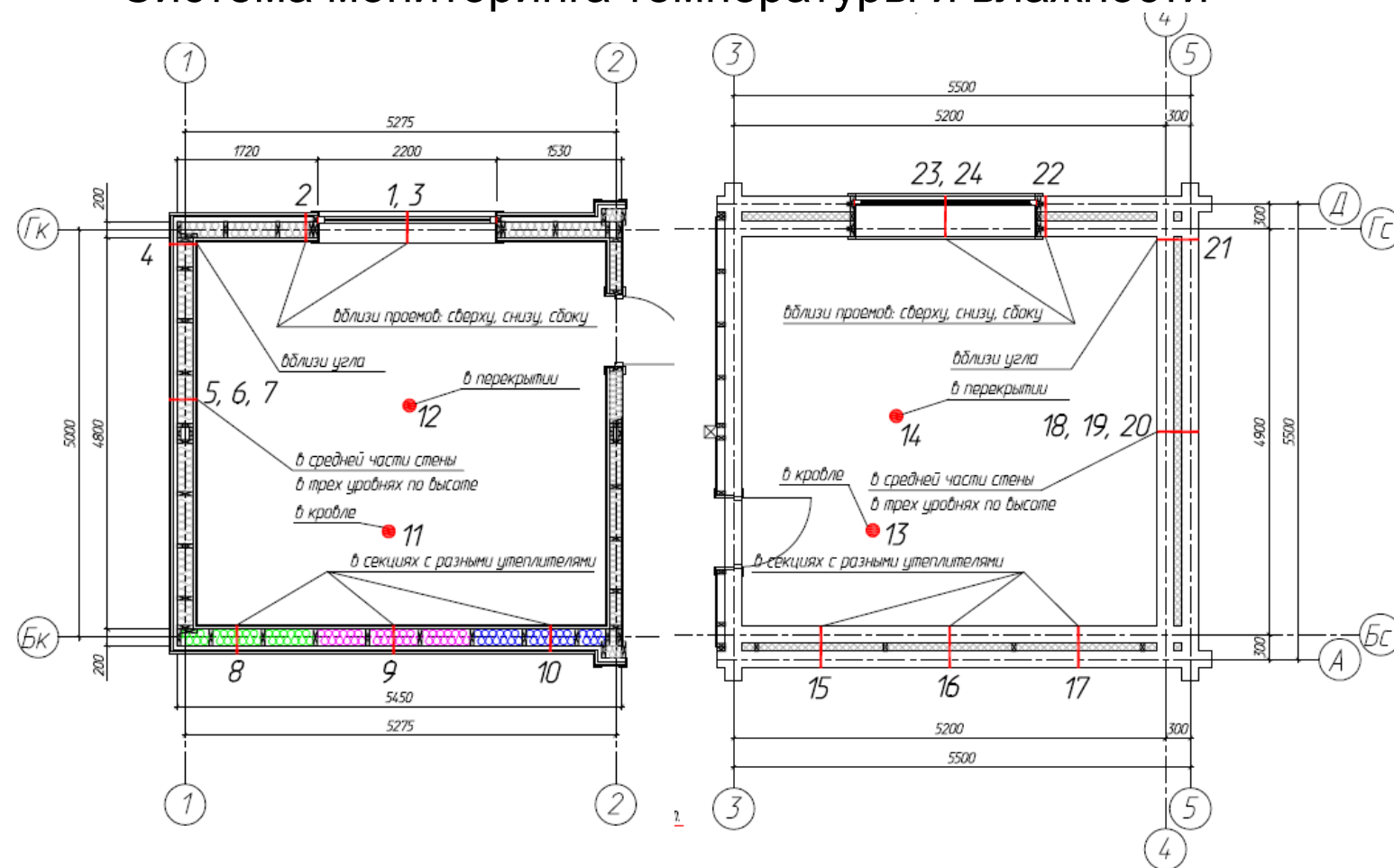


Схема
расположения
узлов
измерения в
ограждающих
конструкциях
зданий – план
(каркас – слева,
двойной брус –
справа)



Система мониторинга температуры и влажности

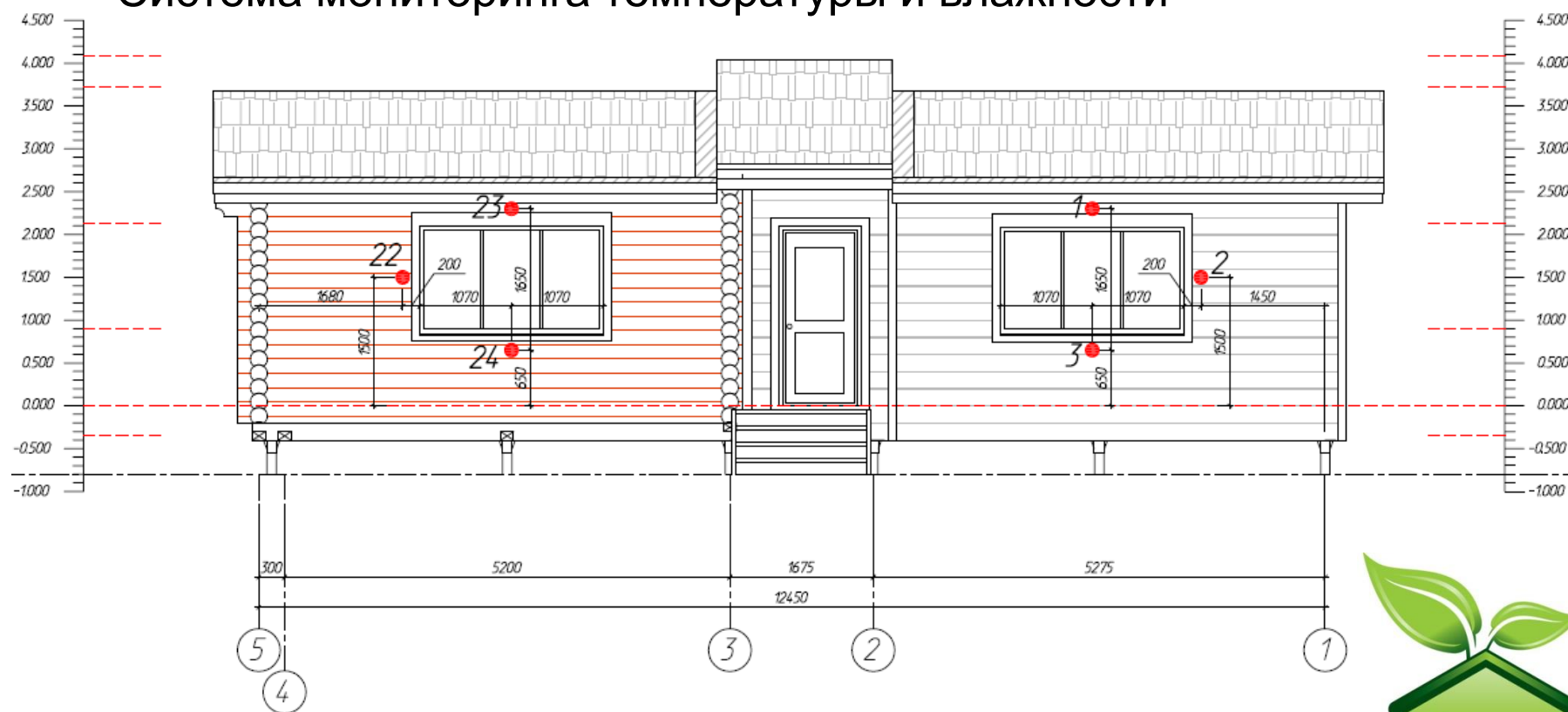


Схема расположения узлов измерения в ограждающих конструкциях
зданий – южный фасад.



Система мониторинга температуры и влажности

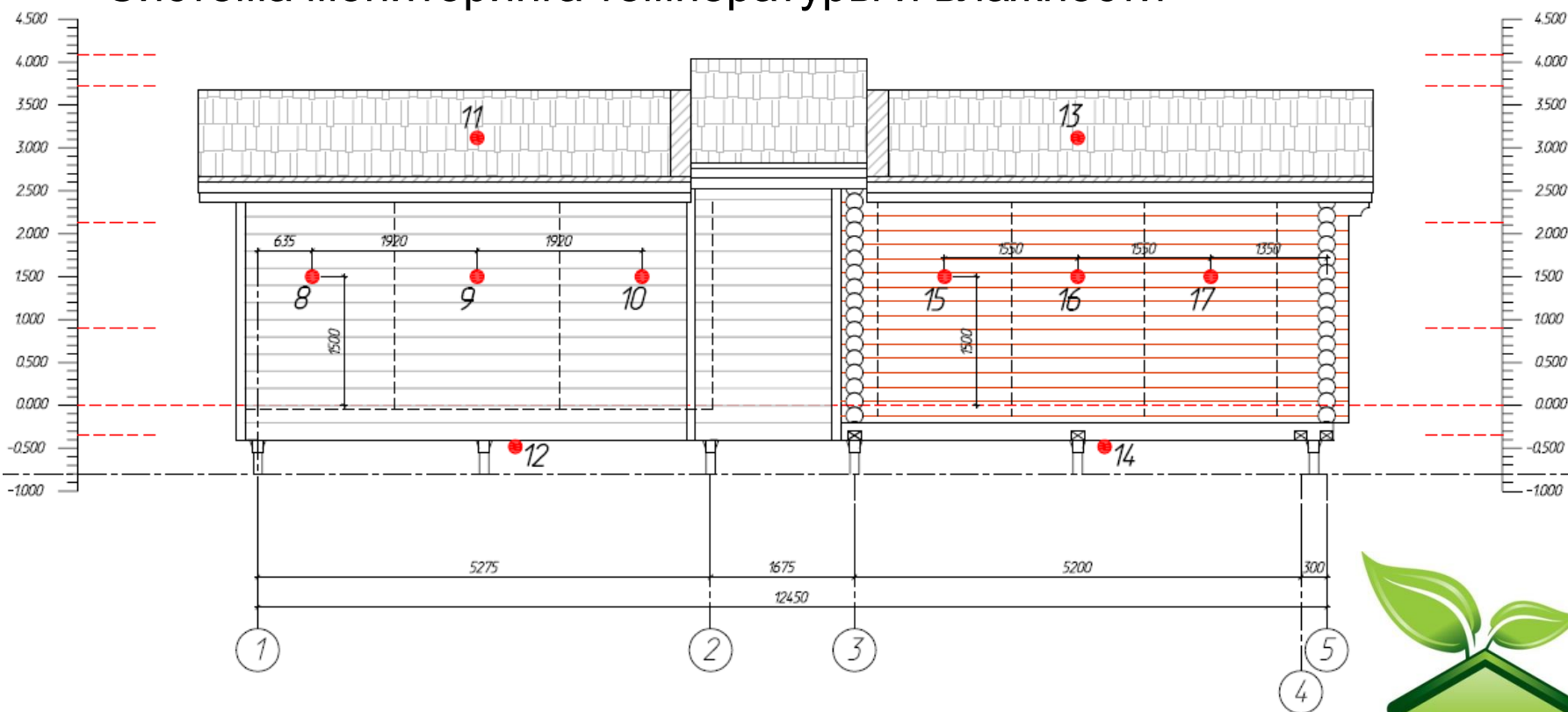


Схема расположения узлов измерения в ограждающих конструкциях
зданий – северный фасад.



Система мониторинга температуры и влажности

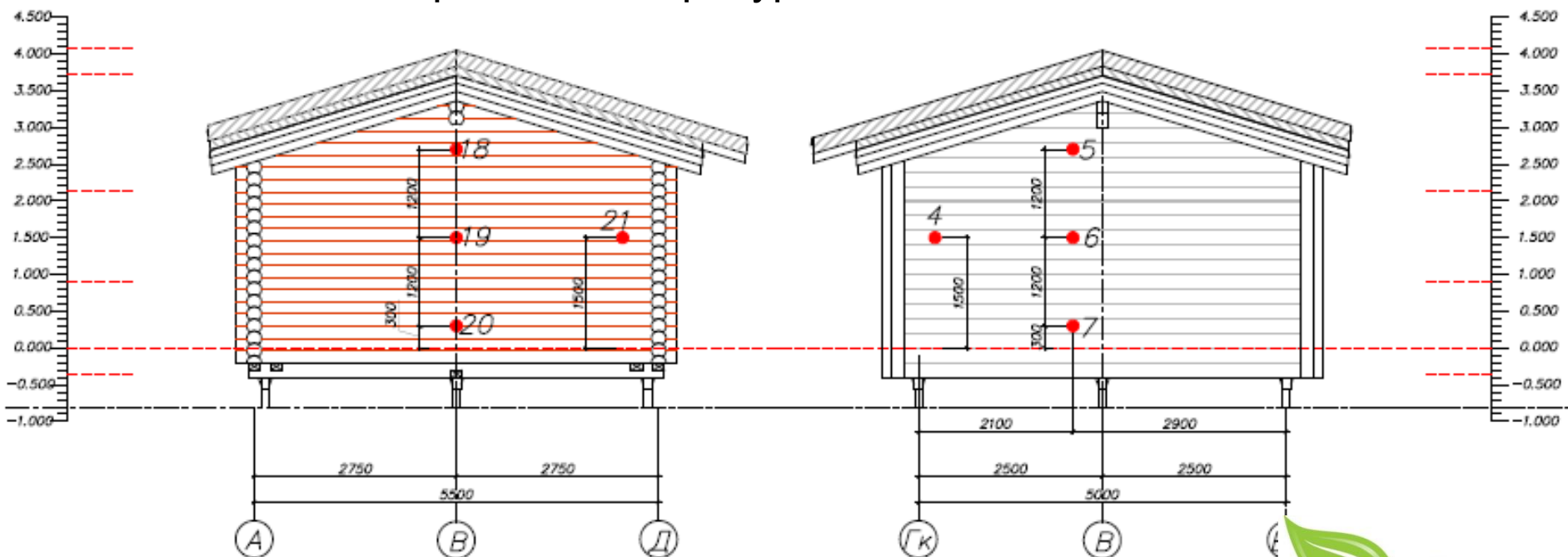


Схема расположения узлов измерения в ограждающих конструкциях зданий – торцевые фасады (двойной брус – слева, каркас – справа)



Система мониторинга температуры и влажности

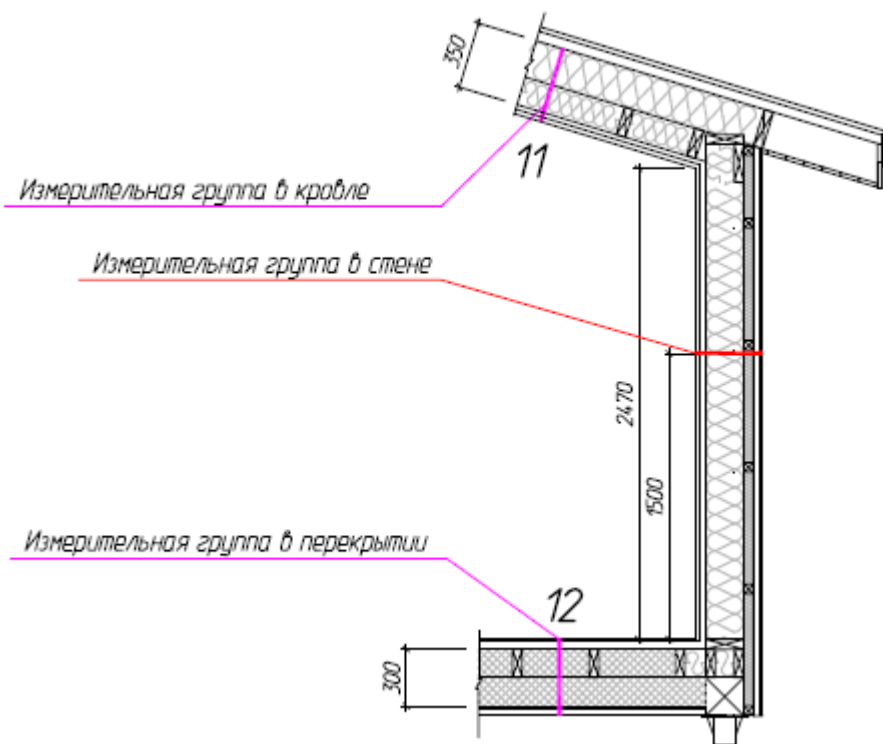


Схема расположения узлов по высоте
каркасной стены

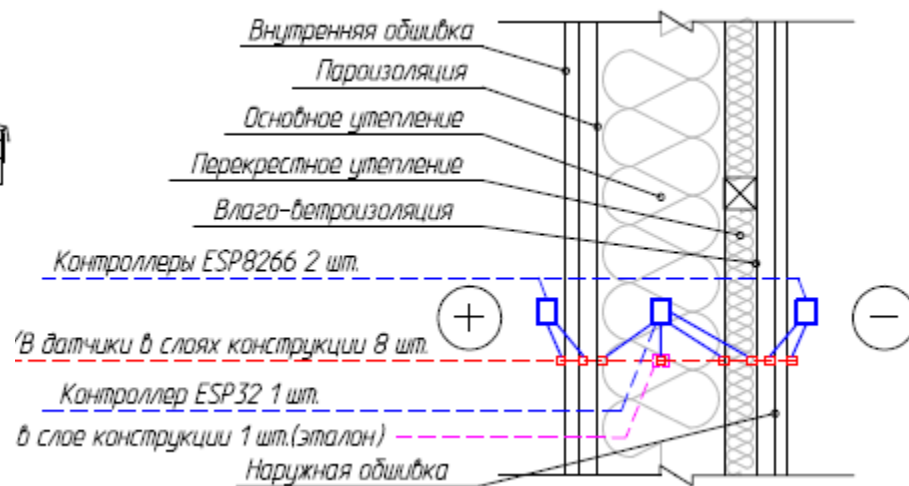


Схема расположения
датчиков и контроллеров
измерительной группы в
сечении каркасной стены



Система мониторинга температуры и влажности

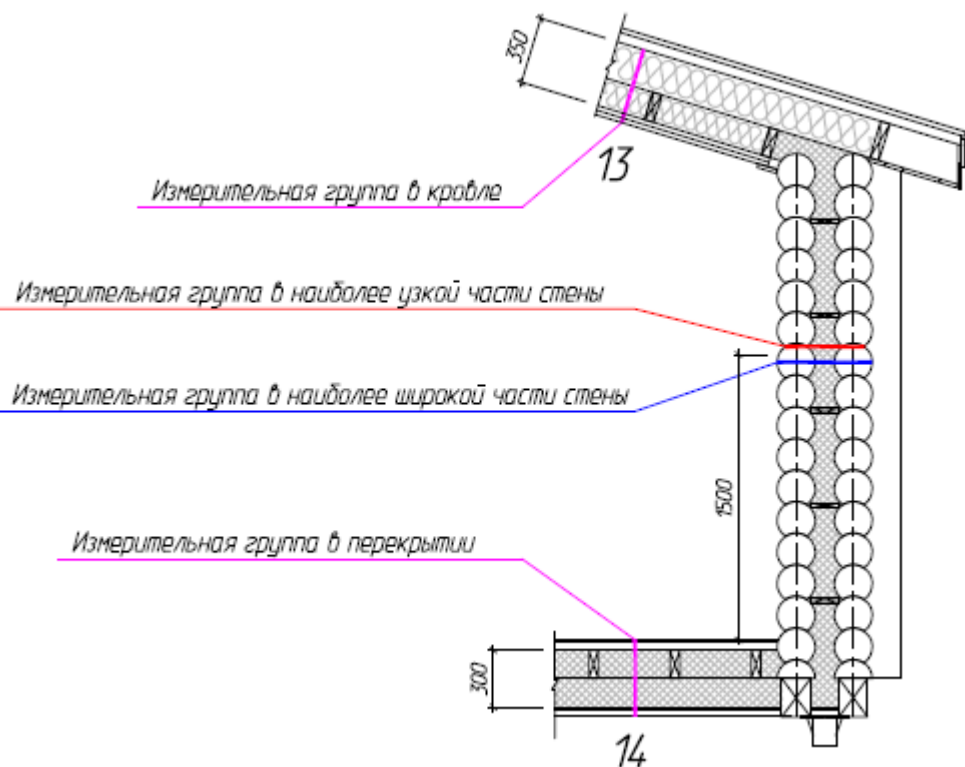


Схема расположения узлов по высоте
бревенчатой стены

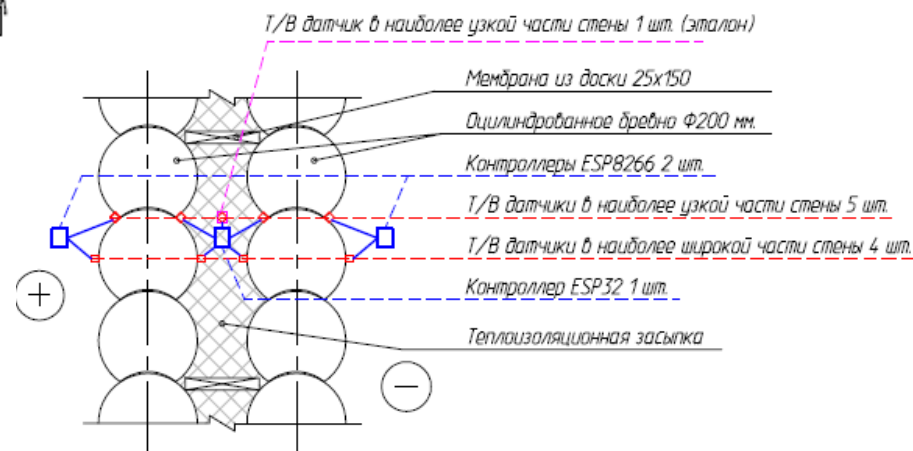


Схема расположения
датчиков и контроллеров
измерительной группы в
сечении бревенчатой стены





В процессе
возведения
основных
строительных
конструкций здания
производился
монтаж элементов
системы
мониторинга –
датчиков
температуры и
влажности.





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



Данные система мониторинга температуры и влажности





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



Данные система мониторинга температуры и влажности



Комплексная оценка энергоэффективности ограждающих конструкций при **изменяющемся режиме микроклимата**

Дистанционный метод

**Тепловизионное
обследование:**

- обзорное;
- детальное.

ГОСТ Р 54852-2011

Контактный метод

**Измерение плотности
тепловых потоков**

ГОСТ Р 54852-2011

**Экспериментальное
определение
теплофизических
характеристик
ограждающих
конструкций зданий**

**Измерение
воздухопроницаемости
Blower Door Test**

В соответствии с
межгосударственным стандартом
ГОСТ 31167-2009 - Здания и
сооружения. Методы определения
воздухопроницаемости
ограждающих конструкций в
полевых условиях.

**Экспериментальный
метод**

Измерение основных
параметров ограждающих
конструкций (температуры и
влажности, в том числе в слоях
конструкции) и внешних условий с
помощью внедренной системы
мониторинга

2 этап
программы
исследований



Результаты 1-го и 2-го этапов:

- ✓Сравнение фактических параметров ограждающих конструкций с проектными, аналитическими значениями (сравнение расчетной модели и результатов натурных исследований стеновых конструкций по тепловым характеристикам);
- ✓Сравнение тепловых характеристик ограждающих конструкций, реализованных в различных решениях при эксплуатации в разных климатических регионах;
- ✓Оценка влияния состояния конструкционных и теплоизоляционных ограждающих материалов в процессе эксплуатации на теплозащитные свойства ограждающих конструкций;
- ✓Оценка влияния фактических параметров ограждающих конструкций на класс энергоэффективности здания.



Этап 3: Изменение проектных решений и решений по инженерному оборудованию и повторение исследовательского комплекса 1-го и 2-го этапов.



Оценка влияния исследуемых факторов на класс энергоэффективности, уровень потребления ресурсов, экологическую безопасность и комфортность здания (с учетом изучения объектов после модернизации и дооснащения после реализации 1 и 2 этапов)





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



На базе двух зданий-лабораторий, расположенных в двух северных регионах, могут решаются следующие задачи:

- **Оценка жизненного цикла** пилотных зданий в Петрозаводске и Мурманске.
- **Сравнение различных** конструктивных и технологических **решений** деревянных конструкций на этапе расчета и проектирования и на этапе их реальной эксплуатации в реальных условиях различных климатических условий.
- **Оценка эффективности** различных теплоизоляционных **материалов** при эксплуатации здания.
- **Разработка моделей реального распределения тепловых потоков и влажности** для отдельных участков ограждающих конструкций и для всего здания на основе данных мониторинга в процессе эксплуатации
- **Сравнение затрат на строительство и эксплуатацию** зданий разных категорий по уровню тепловой защиты и режиму эксплуатации (здания временного проживания (туристические объекты), сезонное проживание, постоянное проживание).





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



- Комплексная **оценка технико-экономических параметров энергосистем**, учтенных при проектировании и выявленных в процессе эксплуатации модельных зданий.
- **Оценка минимально необходимой и достаточной мощности и эффективности** различных вариантов **инженерных систем** зданий разных категорий по уровню тепловой защиты и режиму работы.
- **Исследование потенциала малоэтажного деревянного дома** в улучшении баланса теплопередачи за счет автоматизации работы всех систем и процессов, происходящих в здании (системы умного дома), и его влияние на повышение уровня энергоэффективности, экологичности и экологичности. комфорт в здании.
- **Оценка ошибок и недочетов** при проектировании и строительстве, **выявление «лучших практик»** и разработка рекомендаций по проектированию, строительству и эксплуатации малоэтажных деревянных домов с учетом требований «зеленого» строительства.





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



ГОСТ Р 54852-2011. Национальный стандарт Российской Федерации.
Здания и сооружения. **Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций.**

4.5 Тепловизионный контроль ограждающих конструкций **подразделяют на три вида.**

4.5.1 Первый вид: осмотр объекта контроля с помощью тепловизора с сохранением или без сохранения термограмм в памяти тепловизора и/или на внешних съемных носителях памяти. Данный осмотр проводят для формирования общей характеристики объекта и выявления участков, подлежащих дальнейшему термографированию.

4.5.2 Второй вид: обзорное термографирование наружных и/или внутренних поверхностей ограждающих конструкций с сохранением термограмм в памяти тепловизора и/или на внешних съемных носителях памяти и с обязательным составлением отчета о термографическом обследовании. Обзорное крупномасштабное термографирование наружных и/или внутренних поверхностей ограждающих конструкций **может являться предварительным этапом при проведении детального термографирования с целью локализации зон проведения обследований.**

4.5.3 Третий вид: детальное термографирование выделенных участков наружных и/или внутренних поверхностей ограждающих конструкций проводится с сохранением термограмм в памяти тепловизора и/или на внешних съемных носителях памяти и с обязательным составлением отчета о термографическом обследовании.

Тепловизионное обследование.

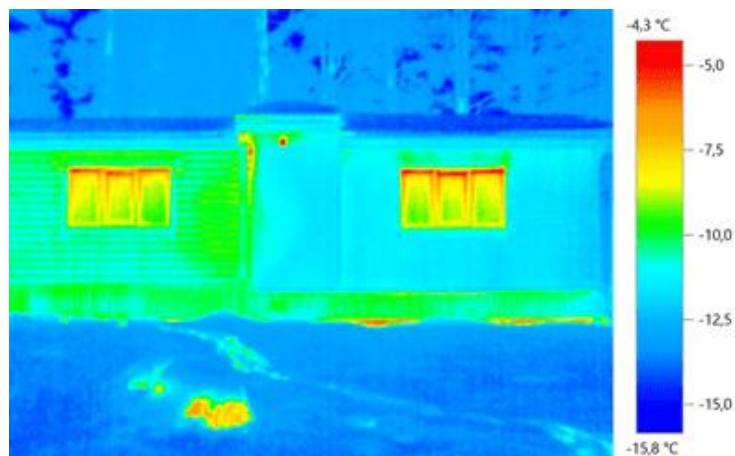
Оборудование:

*Тепловизор
Testo 882 -*

Петрозаводск;

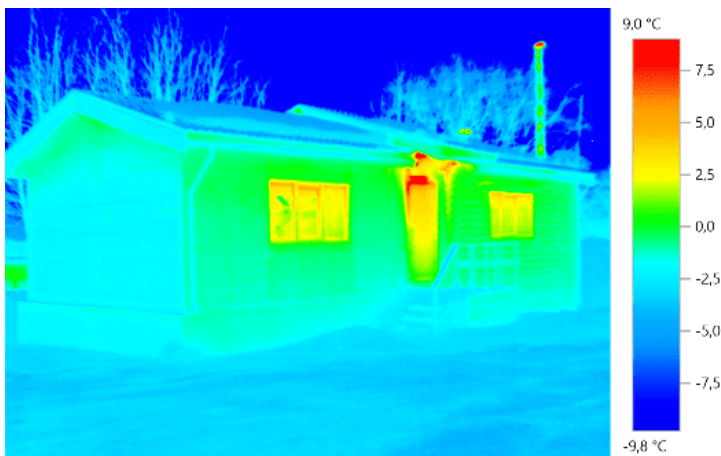
*Тепловизор
Testo 890-1 -
Мурманск*

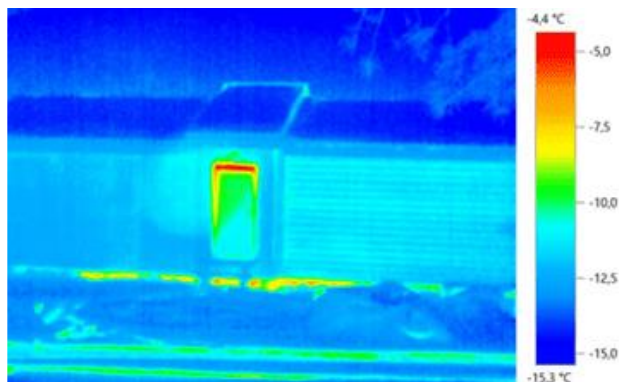




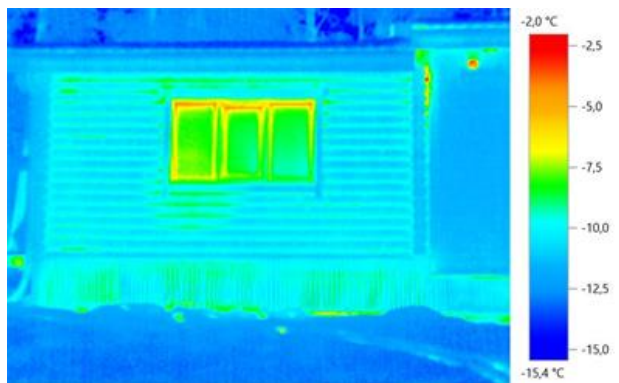
Главный (южный)
фасад
экспериментального
здания: фото
(слева),
термограмма
(справа).

Петрозаводск –
вверху, Мурманск –
внизу.



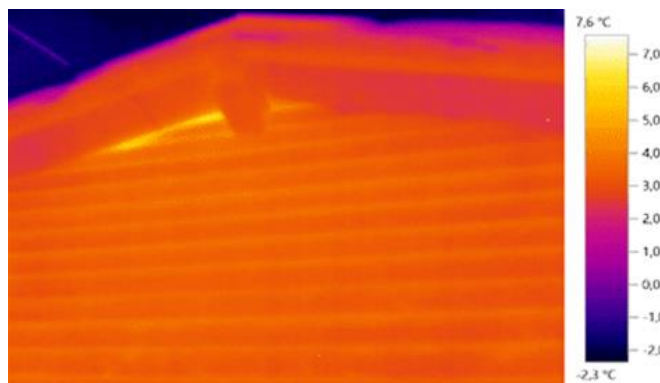
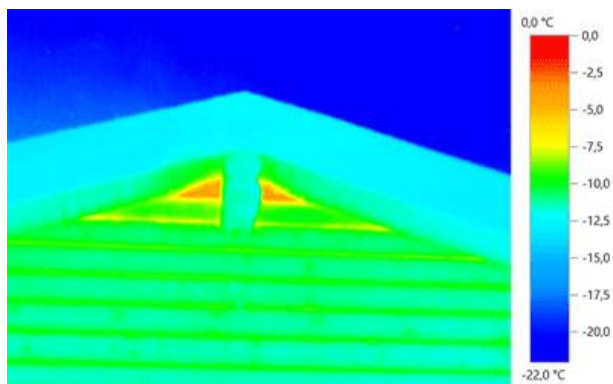


Выявленные дефекты:
примыкание в уровне
цокольного участка –
термограмма:
Петрозаводск - северный
фасад (слева), Мурманск
- южный фасад (справа).

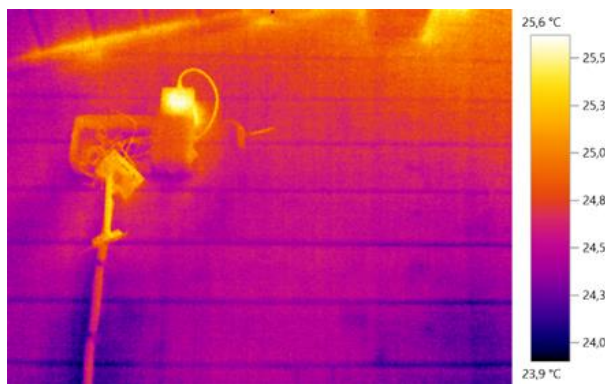
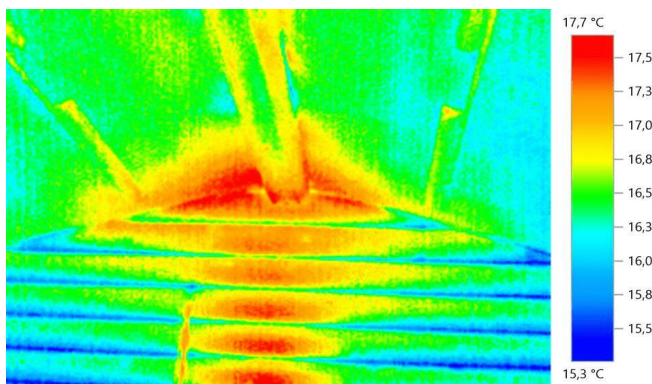


Выявленные дефекты: участок примыкания частей, выполненных в
разных конструктивных технологиях – термограмма: Петрозаводск -
южный фасад (слева), Мурманск - южный фасад (справа).



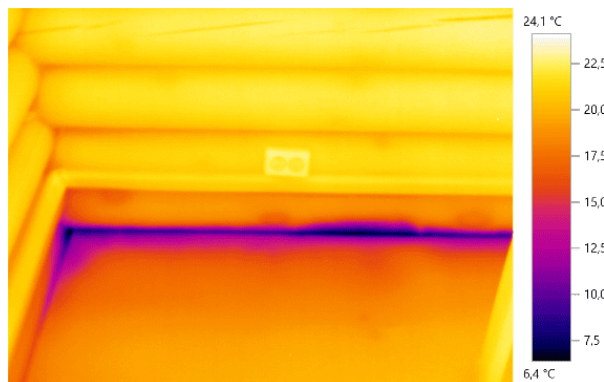
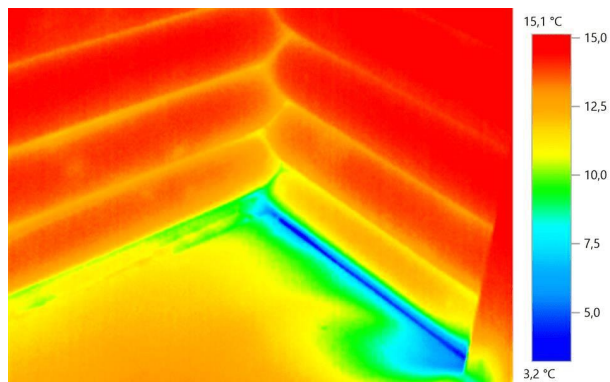


Выявленные дефекты:
участок около коньковой
балки - термограмма:
Петрозаводск, торцевой
фасад (западный), часть
здания из сруба, вид
снаружи (слева),
Мурманск, торцевой
фасад (восточный), часть
здания из сруба, вид
снаружи (справа).

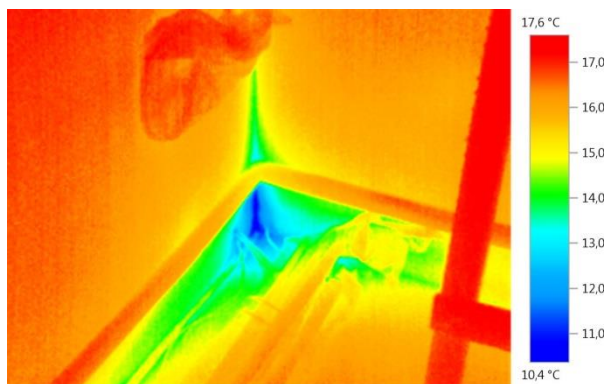
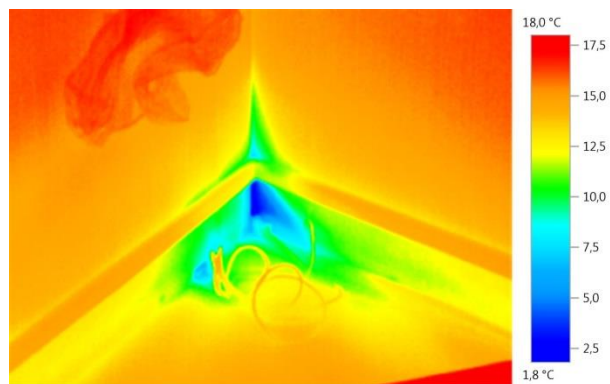


Выявленные дефекты: участок около коньковой балки - термограмма: Петрозаводск, торцевой фасад (западный), часть здания из сруба, вид изнутри (слева), Мурманск, торцевой фасад (западный), часть здания каркасная, вид изнутри (справа).



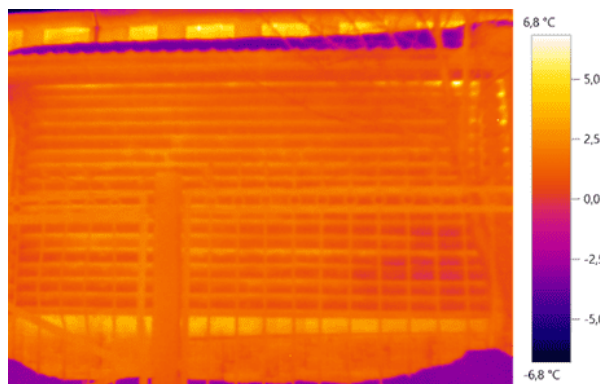
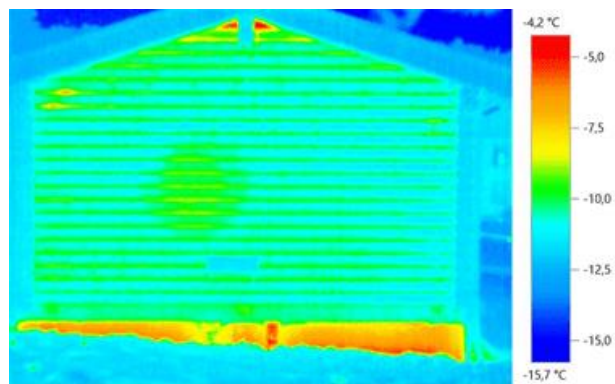


Выявленные дефекты:
участки примыкания
перекрытия и стен
(бревенчатая часть),
углы стен – вид изнутри
здания - термограмма:
Петрозаводск (слева),
Мурманск (справа).

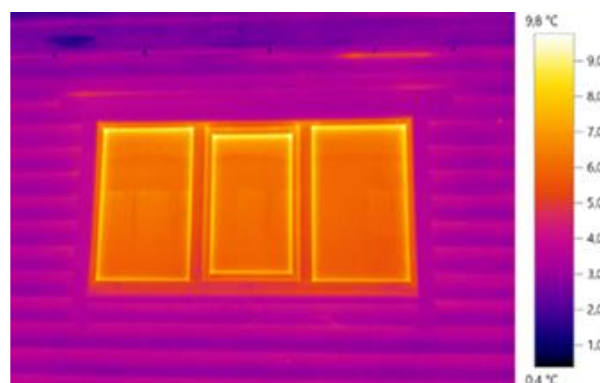
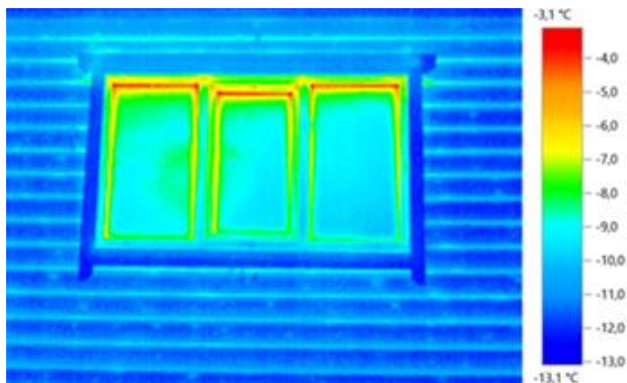


Выявленные дефекты: участки примыкания перекрытия и стен
(каркасная часть), углы стен – вид изнутри здания -
термограмма: Петрозаводск.



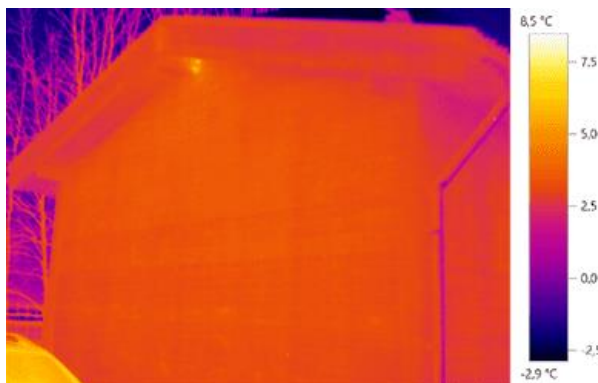
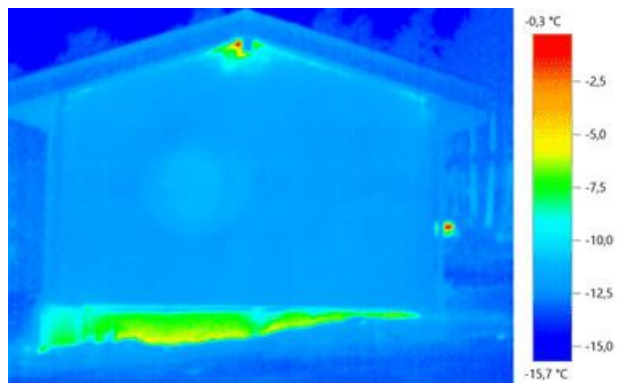


Бревенчатая часть
зданий: Петрозаводск,
западный фасад
(слева), Мурманск,
северный фасад
(справа).

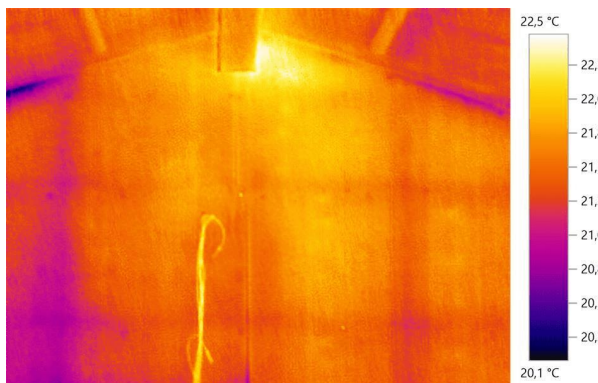
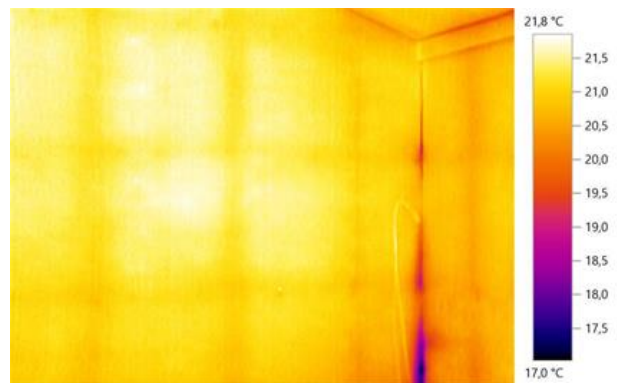


Бревенчатая часть зданий. Главный (южный) фасад:
Петрозаводск (слева), Мурманск (справа).





Каркасная часть
зданий: Петрозаводск,
восточный торцевой
фасад (слева),
Мурманск, западный
торцевой фасад
(справа).



Выявленные дефекты: «мостики холода» (каркасная часть),
вид изнутри здания - термограмма: Петрозаводск.





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



В результате анализа результатов осмотра экспериментальных зданий в Мурманске и Петрозаводске сформулированы следующие выводы:

- ✓ **Работы по теплоизоляции наружных стен** двух идентичных модельных объектов, построенных в г. Петрозаводске и в г. Мурманск, **выполнены в соответствии с проектными решениями.**
- ✓ **Основные участки с повышенной инфильтрацией тепла** проявляются в обоих экспериментальных зданиях в двух городах и **связаны с формой здания и особенностями принятых конструктивных решений.** К ним следует отнести участок в области конькового бруса, участок примыкания нижнего перекрытия к стенам и участок примыкания частей здания, выполненных в разных конструктивно-технологических решениях.

Заключение



Kolarctic ENI CBC Programme 2014–2020

Project: KO 1089 Green Arctic Building



- ✓ **Выявлены особенности тепловизионной съемки поверхности ограждающих конструкций стен для частей зданий, выполненных в разных конструктивно-технологических решениях. Для технологии двойного сруба характерно неравномерное распределение теплового поля по поверхности стен, повторяющее контур и округлую форму бревна (прослеживается при съемке как снаружи, так изнутри). Для каркасной части характерно равномерное распределение теплового поля по поверхности стен при съемке снаружи. При съемке внутри здания прослеживается наличие «мостиков холода» в местах расположения элементов каркаса, что обусловлено особенностями конструктива этой части здания. Указанные особенности характерны как для здания в г. Петрозаводске, так и в г. Мурманске.**

Заклучение





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



- ✓ **Проведение тепловизионной съемки снаружи каркасных конструкций с обшивкой с вентиляционным воздушным зазором не может являться объективным методом исследования.** Отсутствие участков с тепловыми зонами дефектов на внешней поверхности ограждающих конструкций стен объясняется тем, что внешняя обшивка фасада при каркасной технологии работает как вентилируемый фасад с воздушным зазором. В данном случае для обнаружения зон с дефектами предлагается выполнять тепловизионную съемку не снаружи здания, а изнутри здания.

Заклучение





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



- Васильева Ж. В., Буряченко С. Ю. **Базовые принципы концепции "зеленого строительства"** // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. – 2018. – №. 1. – С. 12-15.
- Кузьменков А. А., Караченцева Я. М., Буряченко С. Ю. **Обоснование выбора материала ограждающих конструкций стен экспериментального объекта для реализации международного проекта КО 1089 «Зеленое строительство в Арктическом регионе» (Green Arctic Building – GRaB)** // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии. – 2019. – С. 28-31.
- Максимовская О. И., Буряченко С. Ю. **«Зеленые» стандарты в строительстве России и стран Запада** // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии. – 2019. – С. 106-111.
- Караченцева Я. М. **Выбор системы теплоснабжения при индивидуальном строительстве в условиях Крайнего Севера** // Наука и образование-2018. – 2019. – С. 194-199.
- Караченцева Я. М. **Анализ типов малоэтажных зданий, строящихся в Мурманской области** // Наука и образование в Арктическом регионе. – 2019. – С. 411-414.

Публикации





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



- Kuzmenkov, A., Tikhonov, E., & Kolesnikov, G. (2019, November). **Thermal Bridges in Wall Panels of Wooden Frame Houses**. In *International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering* (pp. 329-336). Springer, Cham.
- Караченцева Я. М., Кузьменков А. А. **Обоснование выбора систем инженерного обеспечения экспериментального деревянного малоэтажного здания** // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции . – 2020 . – С.36-43.
- Buryachenko, S. Y., Karachentseva, I. M., Voronin, Z. A., & Kuzmenkov, A. A. (2020, July). **The influence of enclosing structures of walls on the energy efficiency of a wooden building (on the example of the international project KO 1089 “Green Arctic Building”)**. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 539, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
- Кузьменков А. А., Караченцева Я. М., Дербенев А. В. **Строительство экспериментального деревянного здания** // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии. – 2020. – С. 32-50.
- Кувшинов Д. А. **Тестирование системы мониторинга температуры и относительной влажности воздуха экспериментального деревянного дома** // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии. – 2020. – С. 51-58.

Публикации





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



- Буряченко С. Ю., Попова О. М. **История и перспективы развития деревянного домостроения в арктических городах (на примере Мурманской области)** // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии. – 2020. – С. 130-139.
- Кувшинов Д. А., Кузьменков А. А. **Система мониторинга температуры и влажности воздуха экспериментального каркасного деревянного дома** // European research: сборник статей XXVIII Междунар. научно-практич. конф. Пенза. – 2020. – Т. 7. – С. 36-40.
- Кузьменков А. А., Караченцева Я. М., Дербенёв А. В. **Обоснование конструктивных и технологических решений экспериментального деревянного малоэтажного здания с учетом принципов «зеленого строительства»** // Resources and Technology. – 2021. – Т. 18. – №. 1.
- Buryachenko, S., Voronin, Z., Karachentseva, I., Kuzmenkov, A., & Popova, O. (2021). **Monitoring of thermophysical properties of wooden buildings envelopes in climatic conditions of Murmansk and Petrozavodsk.** In E3S Web of Conferences (Vol. 244, p. 05025). EDP Sciences.
- Кузьменков А.А. **Humidity Regime of a Double Wooden Wall Made of Rounded Logs** / А.А. Кузьменков, С.Ю. Буряченко, Д.А. Кувшинов, Я.М. Караченцева, О.М. Попова, З.А. Воронин, А.Н. Niemi, F.. Fedorik // Lecture Notes in Networks and Systems / Springer Nature. - Switzerland, 2022. - N403. - P.1276-1284.

Публикации





Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации



- Кузьменков А.А. Green Technologies of Wooden Building for Arctic / А.А. Кузьменков, Г.Н. Колесников, З.А. Воронин // Lecture Notes in Civil Engineering / Springer Nature. - Switzerland, 2022. - N227. - P.385–398.
- Караченцева Я.М. Энергоэффективность, как группа критериев оценки зеленых зданий в Арктической зоне / Я.М. Караченцева, А.А. Кузьменков // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (02-08 декабря 2022 г.) / ПетрГУ. - Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2022. - С.23-27.

Публикации



**Доцент кафедры технологии и
организации строительства, ПетрГУ**

Кузьменков Александр Алексеевич,
akka1977@bk.ru.





Спасибо за
внимание!

