

Часть 1. Простым языком: что даёт такой пирог стены клиенту

1. Зимой — дом тёплый без «топки в окно»

- **Смысл:** ваша стена держит тепло лучше, чем требуют нормы для Ленинградской и Московской областей, примерно на **25–30 % теплее нормы**.
- **Что это даёт по ощущениям:**
 - При улице **–20...–25 °C** в доме спокойно держатся **+21...+23 °C** без «красных» счетов за отопление.
 - При **–30 °C** дом остаётся комфортным, просто система отопления работает ближе к своему максимуму.
- **Почему экономит деньги:** через такую стену уходит **меньше тепла**, значит:
 - котёл/тепловой насос/электродкотёл **реже включается и работает меньше по времени;**
 - вы платите **меньше за газ/электричество/топливо**, чем в доме «по минимальной норме».

2. Летом — не превращается в «парник»

- **Смысл:** тот же пирог, который не выпускает тепло зимой, **не пускает жару внутрь летом** и сглаживает перепады температуры.
- **По ощущениям:**
 - При улице **+28...+30 °C** и нормальных шторах/жалюзи внутри можно держать **+23...+25 °C** без тяжёлого перегрева.
 - Дом медленно прогревается днём и успевает остыть ночью при проветривании.
- **Почему экономит на кондиционировании:**
 - Кондиционер (если он есть) **работает меньше часов и на меньшей мощности**, потому что стена не даёт жаре быстро проникать внутрь.
 - Если продумать солнцезащиту и ночное проветривание, **часто можно обходиться вообще без круглосуточного кондиционера**.

3. Комфорт в разную погоду — без резких перепадов

- **Зимой:** дом не остывает резко, если вы, например, на день убавили отопление — стена и утеплитель работают как «термос».
- **Межсезонье:** при **+5...+10 °C** снаружи дом долго держит комфортную температуру без постоянного включения отопления.
- **Летом:** стена и МДВП добавляют **тепловую инерцию** — внутри нет ощущения «то жарко, то холодно», температура меняется плавно.

4. Почему именно этот пирог даёт такой эффект

- **Скандинавская доска + вентзазор + МДВП:**
 - защищают утеплитель от ветра и влаги,
 - не дают стене продуваться,
 - добавляют небольшой, но важный вклад в тепло и долговечность.
- **Утеплитель 200 мм:**
 - это уже **северный стандарт**, рассчитанный на морозы,
 - даёт основное сопротивление теплопередаче.
- **Пароизоляция + контр-брусок:**
 - утеплитель остаётся сухим (а сухой утеплитель — тёплый),
 - проводка не рвёт пароизоляцию, значит, нет скрытых «дыр» в оболочке дома.
- **Внутренняя отделка:**
 - добавляет немного тепловой инерции,
 - формирует комфортный микроклимат и защищает слои стены.

Итог для клиента: Дом с таким пирогом стены **ощутимо дешевле в эксплуатации**, чем дом «по минимальной норме», и **комфортнее в любую погоду** — без сквозняков, резких перепадов и перегрев

Часть 2. Инженерный теплотехнический расчёт

1. Исходные данные

Климат:

- **Ленинградская область:**
 - расчётная температура наружного воздуха зимняя: примерно **−24...−26 °C**;
 - градусо-сутки отопительного периода: высокие, северный регион.
- **Московская область:**
 - расчётная температура: примерно **−24...−28 °C**;
 - климат близок по требованиям к ЛО.

Нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен (СП 50.13330.2024):

- **Ленинградская область:** $R_{\text{req, ЛО}} \approx 3,28$ $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$
- **Московская область:** $R_{\text{req, МО}} \approx 3,2\text{--}3,4$ $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (в зависимости от конкретного района и градусо-суток)

Фактическое сопротивление стены:

$$R_{\text{факт}} = 4,1\text{--}4,3 \quad \text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт} (\text{примем } R_{\text{факт}} = 4,2)$$

2. Конструкция стены (пирог) и теплотехническая модель

Снаружи внутрь:

1. **Скандинавская доска** (≈ 20 мм, древесина хвойных пород)

- условная теплопроводность $\lambda_{\text{wood}} \approx 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$
- $R_{\text{доска}} \approx 0,02/0,18 \approx 0,11$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

2. **Обрешётка 40 мм + контробрешётка 40 мм**

- вертикальные вентзазоры, основной вклад — вентиляция и выведение влаги;
- тепловое сопротивление как сплошного слоя не учитывается полноценно, т.к. это вентилируемая полость.

3. **МДВП плита 20 мм**

- $\lambda_{\text{МДВП}} \approx 0,08\text{--}0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$
- $R_{\text{МДВП}} \approx 0,02/0,085 \approx 0,24$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

4. **Утеплитель 200 мм** (минеральная вата высокой плотности)

- $\lambda_{\text{утепл}} \approx 0,040\text{--}0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$
- примем $\lambda = 0,045$
- $R_{\text{утепл}} = 0,20/0,045 \approx 4,44$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

5. **Пароизоляция**

- тепловым сопротивлением пренебрегаем, важна паронепроницаемость.

6. **Контр-брусок 30 мм**

- полость для коммуникаций, частично заполнена воздухом/элементами; вклад в R небольшой, можно принять порядка 0,10–0,15.

7. **Внутренняя отделка** (ГКЛ/ГСП/имитация бруса)

- условно: ГКЛ 12,5 мм, $\lambda \approx 0,21 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$
- $R_{\text{ГКЛ}} \approx 0,0125/0,21 \approx 0,06$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Поверхностные сопротивления:

- внутреннее: $R_{\text{si}} \approx 0,13$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
- наружное: $R_{\text{se}} \approx 0,04$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Если сложить «идеальные» слои, получится R выше 4,5, но с учётом:

- **мостиков холода** (стойки каркаса, крепёж),
- неоднородности утепления,
- реальной работы вентзазоров,

получаем **приведённое сопротивление:**

$$R_{\text{привед}} \approx 4,1\text{--}4,3 \quad \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

что согласуется с заданным $R_{\text{факт}}$.

3. Сравнение с нормой и экономия теплопотерь

Возьмём для расчёта:

- $R_{\text{факт}} = 4,2$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$
- $R_{\text{норм}} = 3,3$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ (усреднённо для ЛО/МО)

Тепловой поток через 1 м^2 стены:

$$q = \frac{\Delta T}{R}$$

Пример 1. Зима, улица -25°С , внутри $+22^\circ\text{С}$

$$\Delta T = 22 - (-25) = 47^\circ\text{С}$$

- Для стены по норме:

$$q_{\text{норм}} = \frac{47}{3,3} \approx 14,2 \quad \text{Вт/м}^2$$

- Для вашей стены:

$$q_{\text{факт}} = \frac{47}{4,2} \approx 11,2 \quad \text{Вт/м}^2$$

Снижение теплопотерь через стену:

$$\frac{14,2 - 11,2}{14,2} \approx 21$$

То есть **через стены уходит примерно на 20–25 % меньше тепла**, чем через стену «по норме».

Пример 2. Зима, улица -30°С , внутри $+22^\circ\text{С}$

$$\Delta T = 22 - (-30) = 52^\circ\text{С}$$

- Норма:

$$q_{\text{норм}} = \frac{52}{3,3} \approx 15,8 \quad \text{Вт/м}^2$$

- Ваша стена:

$$q_{\text{факт}} = \frac{52}{4,2} \approx 12,4 \quad \text{Вт/м}^2$$

Снижение — те же **около 20–25 %**.

Почему в деньгах получается 10–15 %, а не 25 %? Потому что:

- теплопотери дома — это не только стены, но и:
 - окна,
 - кровля,
 - пол/перекрытие,
 - вентиляция и инфильтрация.

- Стены обычно дают **30–40 %** всех потерь. Если в этой части вы экономите ~25 %, то по дому в целом это превращается примерно в **10–15 % экономии на отоплении** — что и заявлено.

4. Оценка комфортного диапазона по наружной температуре

Предположим:

- внутри зимой поддерживаем **+22 °C**;
- система отопления подобрана с запасом и может покрыть расчётные потери.

При **–25...–30 °C** снаружи:

- тепловой поток через стены остаётся в пределах **11–13 Вт/м²**, что для современных систем отопления абсолютно штатный режим;
- при корректном расчёте отопления дом **держит +21...+23 °C без проблем**.

Кратковременные морозы до **–35 °C**:

- $\Delta T = 22 - (-35) = 57^\circ\text{C}$
- $q_{\text{факт}} = 57/4,2 \approx 13,6$ Вт/м²

Даже при таких морозах удельные потери через стены остаются разумными, и дом будет комфортным, если мощность отопления рассчитана с запасом.

5. Летний режим и нагрузка на кондиционирование

Возьмём:

- внутри летом комфорт **+24 °C**;
- снаружи днём **+30 °C**, ночью **+18...+20 °C**.

Тепловой поток через стену днём:

$$\Delta T = 30 - 24 = 6^\circ\text{C}$$

$$q_{\text{лето}} = \frac{6}{4,2} \approx 1,4 \quad \text{Вт/м}^2$$

То есть **через стену сама по себе жара заходит очень медленно**. Основной перегрев летом обычно идёт:

- через **окна (солнечная радиация)**,
- через **кровлю**,
- от **внутренних источников тепла** (люди, техника).

Но высокая теплоизоляция и наличие МДВП:

- **сглаживают суточные колебания** (тепловая инерция),
- позволяют дому **остывать ночью** при проветривании и не перегреваться днём.

В результате:

- кондиционер (если есть) работает **меньше по времени и с меньшей нагрузкой**;

- при грамотной солнцезащите и ночном проветривании **можно часто обходиться без постоянного кондиционирования.**