



ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

СП 50.13330.2012

"Тепловая защита зданий"

ВИРМАК

Исходные данные

Вид конструкции: Стена - Многослойная

Территория: Краснодар, Краснодарский край

t _{ext} Расчетная температура наружного воздуха: (обеспеченностью 0,92, СП 131.13330.2012 т.3.1)	-16 °С
t _{ht} Расчетная средняя температура отопительного периода: (со среднесуточной t ≤ 8 °С, СП 131.13330.2012 т.3.1)	2.5 °С
z _{ht} Продолжительность отопительного периода: (со среднесуточной t ≤ 8 °С, СП 131.13330.2012 т.3.1)	145 сут
Зона влажности:	сухая

Назначение здания и помещения

Здание: Жилые,

Помещение: Жилая комната

Коэффициент а: (СП 50.13330.2012, т.3)	0.00035
Коэффициент b: (СП 50.13330.2012, т.3)	1.4
α _{int} - Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности: (по СП 50.13330.2012, т.4)	8.7
Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции: (по СП 50.13330.2012, т.5)	4 °С
α _{ext} - Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности: (по СП 50.13330.2012, т.6)	12
t _{int} - Температура пребывания: (по ГОСТ 30494-2011)	20 °С
φ - Относительная влажность воздуха: (по ГОСТ 30494-2011, СП 131.13330.2012 т.3.1)	не более 60 %
Влажностный режим помещения: (СП 50.13330.2012 т.1)	нормальный
Условия эксплуатации ограждающих конструкций: (СП 50.13330.2012 т.2)	A
Коэффициент однородности конструкции g: (по ГОСТ Р 54851-2011)	0.8
Коэффициент зависимости положения ограждающей конструкции n: (СП 50.13330.2012 ф.5.3)	1

Структура конструкции

№	Слой	Толщина, мм	Примечание
1	ЦСП	12	$\lambda = 58 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$
2	ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ СЛОЙ ISOVER Сэндвич Лайф	110	$\lambda = 0.04 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$ $\mu = 0.3 \text{ мг} / \text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}$
3	ЦСП	12	$\lambda = 58 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$

Градусо-сутки отопительного периода:

(СП 50.13330.2012 ф.5.2)

$$ГСОП = (t_{int} - t_{ht}) \times z_{ht} = (20 - 2.5) \times 145 = 2537.5 \frac{^\circ\text{C} \times \text{сут}}{\text{год}}$$

Нормируемое сопротивление теплопередаче:

(СП 50.13330.2012)

$$R_{0 \text{ норм}} = (a \times ГСОП + b) \times n = (0.00035 \times 2537.5 + 1.4) \times 1 = 2.288 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Расчёт термических сопротивлений

ЦСП, однородный слой, $\delta=12 \text{ мм}$, $\lambda=58 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$

Термическое сопротивление:

$$R_1 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{12 \times 10^{-3}}{58} = 0 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

ЦСП, однородный слой, $\delta=12 \text{ мм}$, $\lambda=58 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$

Термическое сопротивление:

$$R_2 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{12 \times 10^{-3}}{58} = 0 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Расчёт ориентировочного термического сопротивления утеплителя

$$R_{ут} = \frac{R_{0 \text{ норм}}}{r} - R_1 - R_2 - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_{ext}} =$$

$$\frac{2.288}{0.8} - 0 - 0 - \frac{1}{8.7} - \frac{1}{12} = 2.662 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Расчёт ориентировочной толщины слоя утеплителя из условия:

$$R_{ут} = \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} = 2.662 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

где: $\lambda_{ут} = 0.04 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$

$$\delta_{ут} = R_{ут} \times \lambda_{ут} = 2.662 \times 0.04 = 106.48 \text{ мм}$$

С учётом кратности материалов, толщина теплоизоляционного слоя принимается равной $\delta_{утк} = 110$ мм. Тогда приведённое сопротивление теплопередачи:

$$R_{пр} = \gamma \times \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{1}{\alpha_{ext}} + \frac{\delta_{утк}}{\lambda_{ут}} + R_1 + R_2 \right) =$$

$$0.8 \times \left(\frac{1}{8.7} + \frac{1}{12} + \frac{110 \times 10^{-3}}{0.04} + 0 + 0 \right) = 2.359 \frac{M^2 \times ^\circ C}{BT}$$

Условие $R_{norm} \leq R_{пр}$ **выполняется** : $2.288 \leq 2.359$.

Санитарно-гигиеническое требование

Расчётный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$\Delta t_n = \frac{n \times (t_{int} - t_{ext})}{R_{утк} \times \alpha_{int}} = \frac{1 \times (20 + 16)}{2.359 \times 8.7} = 1.75^\circ C$$

Условие $\Delta t_n \geq \Delta t_n$ **выполняется** : $4 \geq 1.75$

Температуру внутренней поверхности - T_v , °C, ограждающей конструкции (без теплопроводного включения), следует определять по формуле:

$$T_v = t_{int} - \Delta t_n = 20 - 1.75 = 18.25^\circ C$$

Условие $T_v \geq t_p$ **выполняется** : $18.25 \geq 12$

где t_p - температура точки росы.

$$\gamma(t_{int}, \phi) = \frac{17.27 \times t_{int}}{237.7 + t_{int}} + \log(\phi \times 0.01) = \frac{17.27 \times 20}{237.7 + 20} + \log(60 \times 0.01) = 0.83$$

$$t_p = \frac{237.7 \times \gamma(t_{int}, \phi)}{17.27 - \gamma(t_{int}, \phi)} = 12^\circ C$$

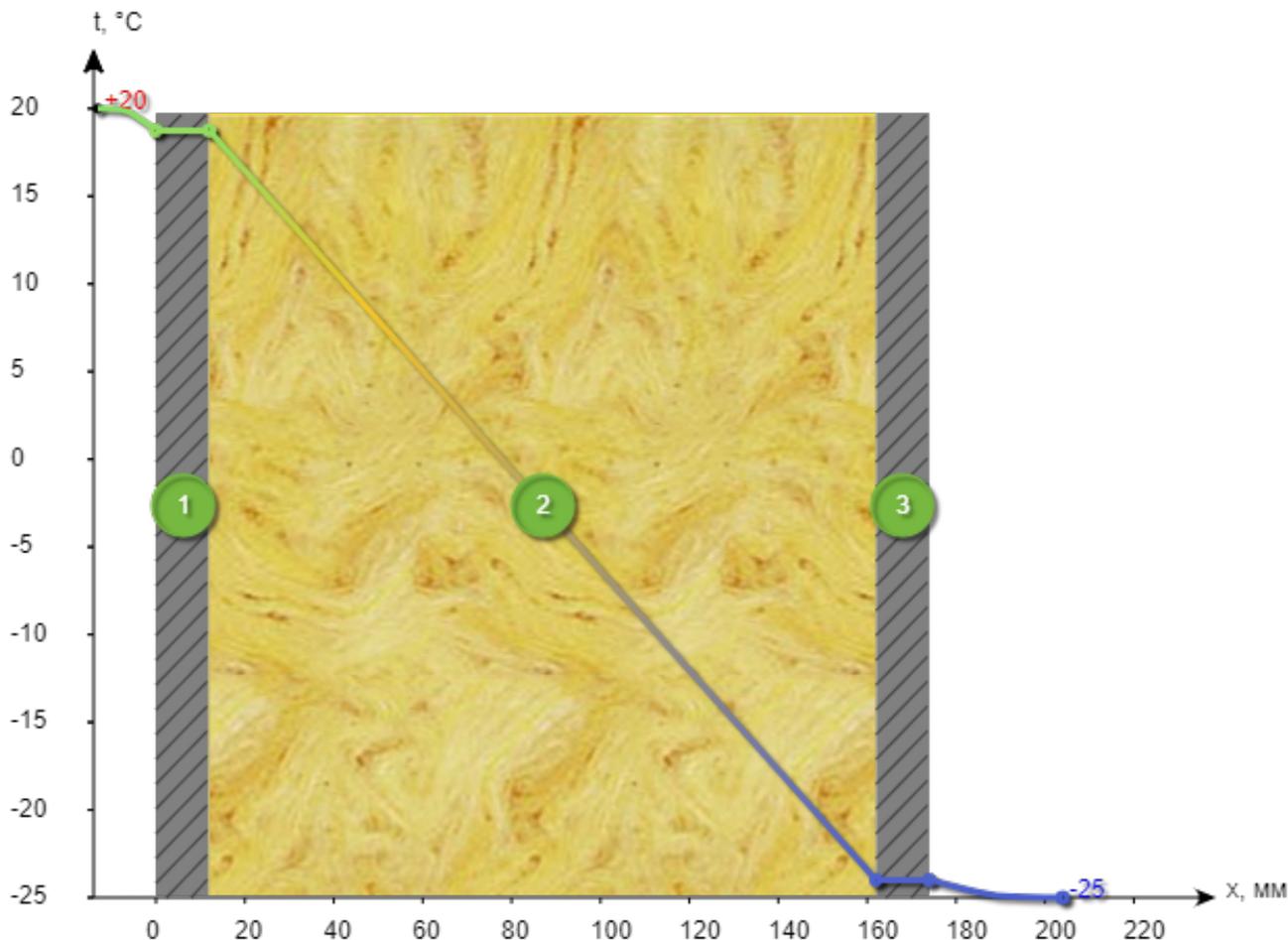
График распределения температур в сечении конструкции

Температуру t_x , °C, ограждающей конструкции в плоскости, соответствующей границе слоя x , следует определять по формуле:

$$t_x(x) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(x)}{R_{пр}}$$

$$R_x(x) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^x R_i$$

где: x - номер слоя, $x=0$ - это внутреннее пространство, R_i - сопротивление теплопередачи слоя с номером i , в направлении от внутреннего пространства.



Точка 1: $t_{int} = 20^\circ\text{C}$ - температура внутри помещения

Точка 2: $t_x(0) = 18.66^\circ\text{C}$ - температура на внутренней границе слоя №1 - "ЦСП"

$$R_x(0) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^0 R_i = \frac{1}{8.7} = 0.11 \frac{\text{M}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$t_x(0) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(0) \times \gamma}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 - (-25)) \times 0.11 \times 0.8}{2.359} = 18.66^\circ\text{C}$$

Точка 3: $t_x(1) = 18.66^\circ\text{C}$ - температура на границе слоёв №1 - "ЦСП" и №2 - "ISOVER Сэндвич Лайф"

$$R_x(1) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^1 R_i = \frac{1}{8.7} + 0 = 0.11 \frac{\text{M}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$t_x(1) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(1) \times \gamma}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 + 16) \times 0.11 \times 0.8}{2.359} = 18.66^\circ\text{C}$$

Точка 4: $t_x(2) = -14.92^\circ\text{C}$ - температура на границе слоёв №2 - "ISOVER Сэндвич Лайф" и №3 - "ЦСП"

$$R_x(2) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^2 R_i = \frac{1}{8.7} + 0 + 2.75 = 2.86 \frac{\text{M}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$t_x(2) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(2) \times \gamma}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 + 16) \times 2.86 \times 0.8}{2.359} = -14.92^\circ\text{C}$$

Точка 5: $t_x(3) = -14.92^\circ\text{C}$ - температура на внешней границе слоя №3 - "ЦСП"

$$R_x(3) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^3 R_i = \frac{1}{8.7} = 2.86 \frac{\text{M}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$t_x(3) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(3) \times \gamma}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 + 16) \times 2.86 \times 0.8}{2.359} = -14.92^\circ\text{C}$$

Точка 6: $t_{ext} = -16^\circ\text{C}$ - температура окружающей среды

Определение плоскости максимального увлажнения (конденсации)

Методика, базирующаяся на использовании метода безразмерных характеристик.

Для каждого слоя многослойной конструкции вычисляется значение комплекса $f_i(t_{м.у.})$, характеризующего температуру в плоскости максимального увлажнения.

№ слоя	Слой конструкции	$R_{ni} = \delta_i / \mu_i$	μ_i / λ_i
	Внутренняя поверхность ограждения	$R_{int, vp} = 0.0266$	0
1	ЦСП	0	0
2	ISOVER Сэндвич Лайф	$0.11 / 0.3 = 0.367$	$0.3 / 0.04 = 7.5$
3	ЦСП	0	0
	Наружная поверхность ограждения	$R_{ext, vp} = 0.0133$	0

$R_{int, vp}$ и $R_{ext, vp}$ - сопротивления влагообмену соответственно внутренней и наружной поверхности ограждения, ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$).

Примечание:

- Сопротивление паропрооницанию замкнутых воздушных прослоек в ограждающих конструкциях следует принимать равным нулю независимо от расположения и толщины этих прослоек.
- Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой

№ слоя	Слой конструкции	$R_{ni} = \delta_i / \mu_i$	μ_i / λ_i
наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются в расчете.			

$$f_i(t_{m.y.}) = \frac{5330 \times R_{0,n} \times (t_{в} - t_{н,отр}) \times \mu_i}{R_{0,вент} \times (e_{в} - e_{н,отр}) \times \lambda_i}$$

$$R_{0,n} = \sum_i \frac{\delta_i}{\mu_i} = 0.0266 + 0 + 0.367 + 0 + 0.0133 = 0.4069 \frac{M^2 \times ч \times Па}{Mг}$$

$E_{в}$ - парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре воздуха от -40 до +45 °C определяется по формуле:

$$E(t) = 1.84 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-5330}{273 + t}\right)$$

Для температуры $t_{в} = 20$ °C:

$$E_{в} = E(20) = 1.84 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-5330}{273 + 20}\right) = 2314.79 \text{ Па}$$

$e_{в}$ - парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчётных температуре и относительной влажности воздуха в помещении, определяемое по формуле:

$$e_{в} = \left(\frac{\phi_{в}}{100}\right) \times E_{в} = \left(\frac{60}{100}\right) \times 2314.79 = 1388.87 \text{ Па}$$

$e_{н,отр}$ - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, определяемое по СП 131.13330:

$$e_{н,отр} = 100 \times 4.9 = 490 \text{ Па}$$

$t_{н,отр}$ - среднее значение температуры наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, определяемое по СП 131.13330:

$$t_{н,отр} = -0.2 = -0.2 \text{ °C}$$

μ_i / λ_i - отношение расчетных коэффициентов теплопроводности, Вт/(м² × °C), и паропроницаемости, мг/(м × ч × Па), материала соответствующего слоя, либо 0, если коэффициенты не заданы.

$$f_i(t_{m.y.}) = \frac{5330 \times R_{0,n} \times (t_{в} - t_{н,отр}) \times \mu_i}{R_{0,вент} \times (e_{в} - e_{н,отр}) \times \lambda_i} = \frac{5330 \times 0.4069 \times (20 + 0.2) \times \mu_i}{2.949 \times (1388.87 - 490) \times \lambda_i} = 16.53 \times \left(\frac{\mu_i}{\lambda_i}\right)$$

$$f_1(t_{m.y.}) = 16.53 \times 0 = 0$$

$$f_2(t_{m.y.}) = 16.53 \times 7.5 = 123.98$$

$$f_3(t_{m.y.}) = 16.53 \times 0 = 0$$

Согласно СП 50.13330 табл. 11, при неотрицательном $f_i(t_{m.y.})$ найдём $t_{m.y.}$ по формуле:

$$t_{m.y.} = \frac{\left(a \times b + c \times f(t_{m.y.})^d \right)}{\left(b + f(t_{m.y.})^d \right)}$$

$$a = 96.6680675349$$

$$b = 4.89349504771$$

$$c = -66.4983819958$$

$$d = 0.406903783624$$

$$t_{m.y.1} = \frac{\left(a \times b + c \times 0^d \right)}{\left(b + 0^d \right)} = 96.668$$

$$t_{m.y.2} = \frac{\left(a \times b + c \times 123.98^d \right)}{\left(b + 123.98^d \right)} = 0.027$$

$$t_{m.y.3} = \frac{\left(a \times b + c \times 0^d \right)}{\left(b + 0^d \right)} = 96.668$$

Расчёт температур на границах слоёв

$$T_{срk} = t_{в} - \left(\frac{t_{в} - t_{н,отр}}{R_{д,учл}} \right) \times \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^k R_i \right)$$

где R_i - сопротивление теплопередачи слоя i (либо 0, если слой не входит в теплотехнический расчёт), k - номер слоя, для которого вычисляется температура.

$$T_{ср0} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.949} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} \right) = 19.21^\circ\text{C}$$

$$T_{cp1} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.949} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} + 0 \right) = 19.21^{\circ}\text{C}$$

$$T_{cp2} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.949} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} + 0 + 2.75 \right) = 0.38^{\circ}\text{C}$$

$$T_{cp3} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.949} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} + 0 + 2.75 + 0 \right) = 0.38^{\circ}\text{C}$$

Сводная таблица $t_{м.у.}$ и $T_{cp k}$

Составляется таблица, содержащая для каждого слоя $t_{м.у.}$ и вычисленные выше температуры на границах слоя (при средней температуре наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами):

№ слоя	Слой конструкции	$T_{cp k}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{м.у.}, ^{\circ}\text{C}$
0	ЦСП	19.21	96.668
1		19.21	
1	ISOVER Сэндвич Лайф	19.21	0.027
2		0.38	
2	ЦСП	0.38	96.668
3		0.38	

Определение плоскости максимального увлажнения

Как видно из таблицы, нет ни одного слоя с температурой $t_{м.у.}$ в пределах T_{cp} . Также не нашлось ни одной пары соседних слоёв, где для более холодного слоя выполнялось бы условие $t_{м.у.} > \max(T_{cp})$ и для более тёплого $t_{м.у.} < \min(T_{cp})$.

В этом случае плоскость максимального увлажнения принимается на наружной поверхности конструкции. **Защиты от переувлажнения не требуется.**

Конструкция не требует дополнительных мер по защите от переувлажнения.

Вывод

Конструкция рассчитана с учётом требований СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий" и СП 131.13330.2012 "Строительная климатология".

Толщина теплоизоляционного слоя ISOVER Сэндвич Лайф равна 110 мм.

В соответствии с расчётом:

- Конструкция удовлетворяет требованию по тепловой защите.
- Конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническому требованию.
- Конструкция не требует дополнительных мер по защите от переувлажнения.

Где купить

АО "Сатурн-Краснодар" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Уральская, д.128	Телефон: +7 (861) 212-66-00 Вебсайт: http://krd.saturn.net
ГК "Сибирский Бизнес" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Ипподромная 1/1	Телефон: +7 (861) 210-04-10 Вебсайт: http://www.sbiznes.ru
ГК Сибирский Бизнес Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Ипподромная, д.1/1	Телефон: +7 (861) 210-08-87 Вебсайт: http://sbiznes.ru
ООО "АЛЕА" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Новороссийская, 236	Телефон: 8-800-200-26-59 Вебсайт: https://krd.aleacompany.ru/
ООО "ГрандЛайн-Центр" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Дзержинского, д.112	Телефон: +7 (861) 258-33-87 Вебсайт: http://yugmontag.ru
ООО "Компания МЕТАЛЛ ПРОФИЛЬ" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул.Гаражная, д.91	Телефон: +7 (861) 253-53-70 Вебсайт: http://metallprofil.ru
ООО "Контраст" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Димитрова, д.11/3	Телефон: +7 (861) 212-30-25 Вебсайт: http://krdregion.ru
ООО "МИА Констракшн" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Коммунаров, д.268, литер А, офис 80	Телефон: +7 (918) 368-82-18
ООО "Опт для оптовиков" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Дальняя, д.43, оф. 404	Телефон: +7 (861) 225-28-08 Вебсайт: http://barta.su
ООО "ПОРТ" Адрес: Краснодар, Краснодар, пр. Аэропортовский, д.8	Телефон: +7 (928) 257-28-98 Вебсайт: http://opt-port.ru
ООО "СпецТорг-Краснодар" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Уральская, д.144, 3-й этаж, оф. 313, 303	Телефон: +7 (861) 203-00-23 Вебсайт: http://idalgo.su
ООО "ТПК Эдельвейс" Адрес: Краснодар, Краснодар, Северский р-н, пгт Афицкий, Смоленское шоссе, д.8	Телефон: +7 (861) 279-01-00 Вебсайт: http://eweiss.ru
ООО ПКФ "Эверест" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Стасова, 178-180/1	Телефон: +7 (861) 299 62-71 Вебсайт: http://everest-grupp.ru
ООО "Компания МЕТАЛЛ ПРОФИЛЬ" Адрес: Краснодар, Краснодар, станция Динская, ул. Крайняя, д.14	Телефон: +7 (861) 625-51-51 Вебсайт: http://metallprofil.ru
ООО "АЛЕА" Адрес: Краснодар, Сочи, ул. Мира, д.25	Телефон: +7 (862) 240-48-13 Вебсайт: http://aleacompany.ru
ООО "СтавропольСтройИндустрия" Адрес: Краснодар, Сочи, Олимпийский просп., 1, Сочи	Телефон: +7 (862) 260 82-39 Вебсайт: http://td-stroybaza.ru
ООО "Кровельный пирог" Адрес: Краснодар, Новороссийск, ул. Ленина, 6В, село Цемдолина	Телефон: 8 800 707 86-17 Вебсайт: http://roofpirog.ru



АО "Сатурн-Краснодар" Адрес: Краснодар, Краснодар, ул. Уральская, д.128	Телефон: +7 (861) 212-66-00 Вебсайт: http://krd.saturn.net
ООО «Теплострой» Адрес: Краснодар, Красноярс, ул. Калинина, 73А	Телефон: +7 (391) 268-30-82 Вебсайт: https://vsemktostroy.ru/catalog/uteplitel-na-osnove-kvartsa/
ООО "ПОРТ" Адрес: Краснодар, Ейск, ул. Мичурина, д.12/12	Телефон: +7 (928) 846-58-48 Вебсайт: http://opt-port.ru
ИП Верхотуров А.Ю. Адрес: Краснодар, Анапа, Анапское шоссе, д.1	Телефон: +7 (861) 334-55-55 Вебсайт: http://td-piramida.ru

По вопросам приобретения материалов обращайтесь



Волощук Алексей Николаевич
менеджер по продажам

ООО "Сен-Гобен Строительная Продукция Рус"
Моб.: 89181887676
E-mail: Alexey.Voloshuk@saint-gobain.com
www.saint-gobain.ru