



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	ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ СЛОЙ ISOVER Штукатурный Фасад	10	$\lambda = 0.041 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ $\mu = 0.4 \text{ мг / м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$
2	ЦСП	12	$\lambda = 58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$
3	ISOVER Сэндвич Лайф	100	$\lambda = 0.04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ $\mu = 0.3 \text{ мг / м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$
4	ЦСП	12	$\lambda = 58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$

Градусо-сутки отопительного периода:

(СП 50.13330.2012 ф.5.2)

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

Нормируемое сопротивление теплопередаче:

(СП 50.13330.2012)

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

Расчёт термических сопротивлений

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

Термическое сопротивление:

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

ISOVER Сэндвич Лайф, однородный слой, $\delta=100 \text{ мм}$, $\lambda=0.04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$

Термическое сопротивление:

$$R_2 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{100 \times 10^{-3}}{0.04} = 2.5 \frac{\text{м}^2 \times \text{°C}}{\text{Вт}}$$

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

Термическое сопротивление:

$$R_3 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{12 \times 10^{-3}}{58} = 0 \frac{\text{м}^2 \times \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Расчёт ориентировочного термического сопротивления утеплителя

$$R_{ут} = \frac{R_{0 \text{ норм}}}{r} - R_1 - R_2 - R_3 - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_{ext}} =$$

$$\frac{2.288}{0.8} - 0 - 2.5 - 0 - \frac{1}{8.7} - \frac{1}{12} = 0.162 \frac{\text{м}^2 \times \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Расчёт ориентировочной толщины слоя утеплителя из условия:

$$R_{ут} = \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} = 0.162 \frac{\text{м}^2 \times \text{°C}}{\text{Вт}}$$

где: $\lambda_{ут} = 0.041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$

$$\delta_{ут} = R_{ут} \times \lambda_{ут} = 0.162 \times 0.041 = 6.64 \text{ мм}$$

С учётом кратности материалов, толщина теплоизоляционного слоя принимается равной $\delta_{утк} = 10 \text{ мм}$. Тогда приведённое сопротивление теплопередачи:

$$R_{пр} = r \times \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{1}{\alpha_{ext}} + \frac{\delta_{утк}}{\lambda_{ут}} + R_1 + R_2 + R_3 \right) =$$

$$0.8 \times \left(\frac{1}{8.7} + \frac{1}{12} + \frac{10 \times 10^{-3}}{0.041} + 0 + 2.5 + 0 \right) = 2.354 \frac{\text{м}^2 \times \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Условие $R_{norm} \leq R_{пр}$ **выполняется** : $2.288 \leq 2.354$.

Санитарно-гигиеническое требование

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

$$\Delta t_{п} = \frac{n \times (t_{int} - t_{ext})}{R_{утк} \times \alpha_{int}} = \frac{1 \times (20 + 16)}{2.354 \times 8.7} = 1.76 \text{ °C}$$

Условие $\Delta t_{н} \geq \Delta t_{п}$ **выполняется** : $4 \geq 1.76$

Температуру внутренней поверхности - $T_{в}$, °C, ограждающей конструкции (без теплопроводного включения), следует определять по формуле:

$$T_{в} = t_{int} - \Delta t_{п} = 20 - 1.76 = 18.24 \text{ °C}$$

Условие $T_{в} \geq t_{р}$ **выполняется** : $18.24 \geq 12$

где $t_{р}$ - температура точки росы.

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

$$t_{р} = \frac{237.7 \times \gamma(t_{int}, \phi)}{17.27 - \gamma(t_{int}, \phi)} = 12 \text{ °C}$$

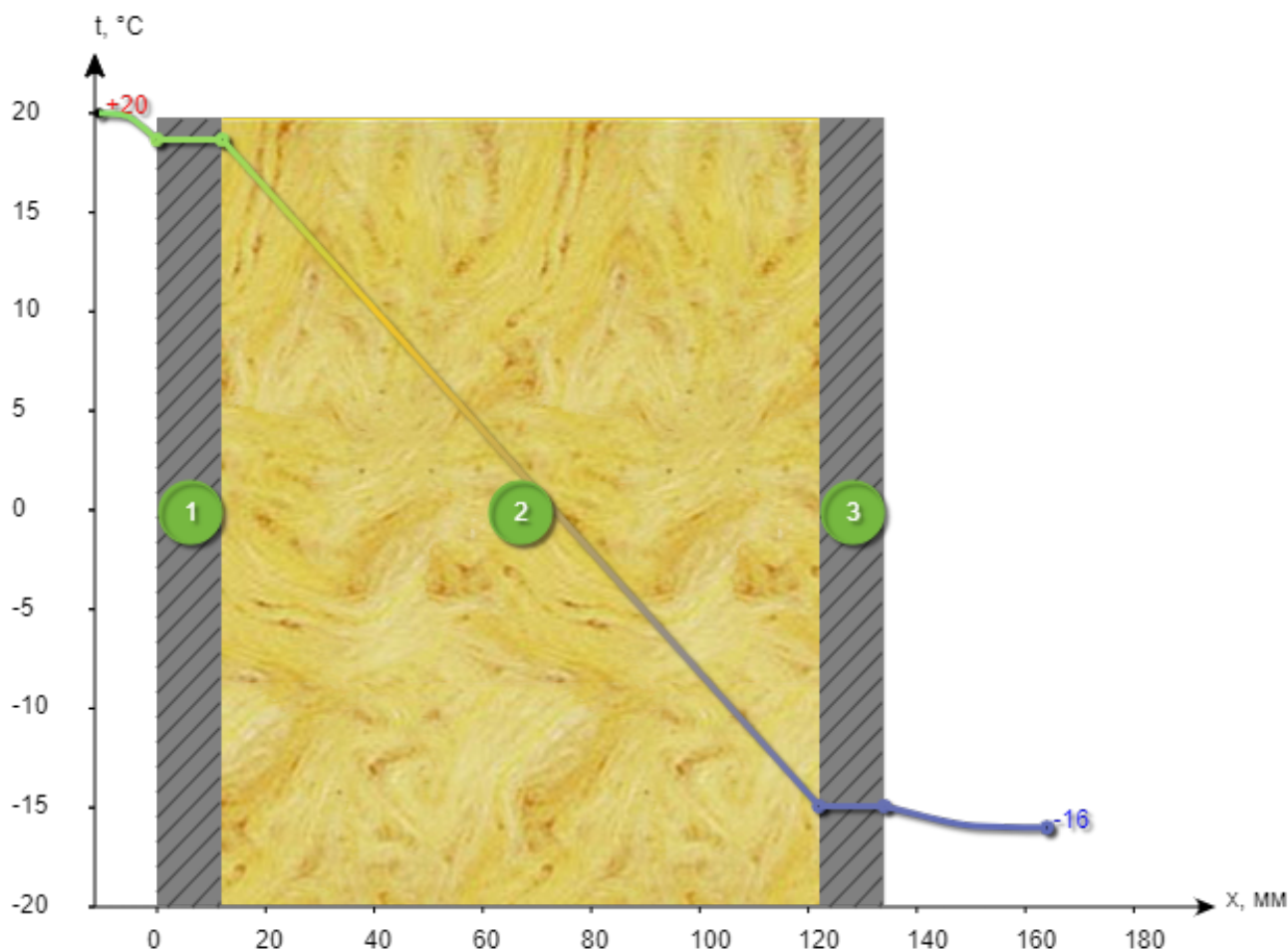
График распределения температур в сечении конструкции

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

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

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

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: $t_x(0) = 18.65^\circ\text{C}$ - температура на внутренней границе слоя №1 - "ISOVER Штукатурный Фасад"

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

$$t_x(0) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(0) \times r}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 + 16) \times 0.11 \times 0.8}{2.354} = 18.65^\circ\text{C}$$

Точка 3: $t_x(1) = 15.67^\circ\text{C}$ - температура на границе слоёв №1 - "ISOVER Штукатурный Фасад" и №2 - "ЦСП"

$$R_x(1) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^1 R_i = \frac{1}{8.7} + 0.244 = 0.354 \frac{\text{M}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$t_x(1) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(1) \times r}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 + 16) \times 0.354 \times 0.8}{2.354} = 15.67^\circ\text{C}$$

Точка 4: $t_x(2) = 15.67^\circ\text{C}$ - температура на границе слоёв №2 - "ЦСП" и №3 - "ISOVER Сэндвич Лайф"

$$R_x(2) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^2 R_i = \frac{1}{8.7} + 0.244 + 0 = 0.354 \frac{\text{M}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$t_x(2) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(2) \times r}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 + 16) \times 0.354 \times 0.8}{2.354} = 15.67^\circ\text{C}$$

Точка 5: $t_x(3) = -14.92^\circ\text{C}$ - температура на границе слоёв №3 - "ISOVER Сэндвич Лайф" и №4 - "ЦСП"

$$R_x(3) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^3 R_i = \frac{1}{8.7} + 0.244 + 0 + 2.5 = 2.854 \frac{\text{M}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$t_x(3) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(3) \times r}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 + 16) \times 2.854 \times 0.8}{2.354} = -14.92^\circ\text{C}$$

Точка 6: $t_x(4) = -14.92^\circ\text{C}$ - температура на внешней границе слоя №4 - "ЦСП"

$$R_x(4) = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^4 R_i = \frac{1}{8.7} = 2.854 \frac{\text{M}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$t_x(4) = t_{int} - \frac{(t_{int} - t_{ext}) \times R_x(4) \times r}{R_{np}} = 20 - \frac{(20 + 16) \times 2.854 \times 0.8}{2.354} = -14.92^\circ\text{C}$$

Точка 7: $t_{ext} = -16^\circ\text{C}$ - 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	ISOVER Штукатурный Фасад	$0.01 / 0.4 = 0.025$	$0.4 / 0.041 = 9.756098$
2	ЦСП	0	0
3	ISOVER Сэндвич Лайф	$0.1 / 0.3 = 0.333$	$0.3 / 0.04 = 7.5$
4	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, ($м^2 \cdot ч \cdot Па / мг$).

Примечание:

1. Сопротивление паропрооницанию замкнутых воздушных прослоек в ограждающих конструкциях следует принимать равным нулю независимо от расположения и толщины этих прослоек.
2. Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются в расчете.

$$f_i(t_{м.у.}) = \frac{5330 \times R_{0,п} \times (t_{в} - t_{н,отр}) \times \mu_i}{R_{0,увл} \times (e_{в} - e_{н,отр}) \times \lambda_i}$$

$$R_{0,п} = \sum_i \frac{\delta_i}{\mu_i} = 0.0266 + 0.025 + 0 + 0.333 + 0 + 0.0133 = 0.3979 \frac{м^2 \cdot ч \cdot Па}{мг}$$

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

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

Для температуры $t_{в} = 20$ °С:

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

$e_{в}$ - 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:

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

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.

$$f_i(t_{м.у.}) = \frac{5330 \times R_{0,п} \times (t_{в} - t_{н,отр}) \times \mu_i}{R_{0,уел} \times (e_{в} - e_{н,отр}) \times \lambda_i} = \frac{5330 \times 0.3979 \times (20 + 0.2) \times \mu_i}{2.943 \times (1388.87 - 490) \times \lambda_i} = 16.19 \times \left(\frac{\mu_i}{\lambda_i} \right)$$

$$f_1(t_{м.у.}) = 16.19 \times 9.756098 = 157.95$$

$$f_2(t_{м.у.}) = 16.19 \times 0 = 0$$

$$f_3(t_{м.у.}) = 16.19 \times 7.5 = 121.43$$

$$f_4(t_{м.у.}) = 16.19 \times 0 = 0$$

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

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

$$a = 96.6680675349$$

$$b = 4.89349504771$$

$$c = -66.4983819958$$

$$d = 0.406903783624$$

$$t_{м.у.1} = \frac{\left(a \times b + c \times 157.95^d \right)}{\left(b + 157.95^d \right)} = -3.817$$

$$t_{m.y.2} = \frac{(a \times b + c \times 0^d)}{(b + 0^d)} = 96.668$$

$$t_{m.y.3} = \frac{(a \times b + c \times 121.43^d)}{(b + 121.43^d)} = 0.361$$

$$t_{m.y.4} = \frac{(a \times b + c \times 0^d)}{(b + 0^d)} = 96.668$$

Расчёт температур на границах слоёв

$$T_{cpk} = t_{в} - \left(\frac{t_{в} - t_{н,отр}}{R_{0,уел}} \right) \times \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^k R_i \right)$$

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

$$T_{cp0} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.943} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} \right) = 19.21^{\circ}\text{C}$$

$$T_{cp1} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.943} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} + 0.2439 \right) = 17.54^{\circ}\text{C}$$

$$T_{cp2} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.943} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} + 0.2439 + 0 \right) = 17.54^{\circ}\text{C}$$

$$T_{cp3} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.943} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} + 0.2439 + 0 + 2.5 \right) = 0.38^{\circ}\text{C}$$

$$T_{cp4} = 20 - \left(\frac{20 + 0.2}{2.943} \right) \times \left(\frac{1}{8.7} + 0.2439 + 0 + 2.5 + 0 \right) = 0.38^{\circ}\text{C}$$

Сводная таблица $t_{m.y.}$ и T_{cpk}

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

№ слоя	Слой конструкции	$T_{cpk}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{m.y.}, ^{\circ}\text{C}$
0	ISOVER Штукатурный Фасад	19.21	-3.817
1		17.54	
1	ЦСП	17.54	96.668
2		17.54	

№ слоя	Слой конструкции	$T_{cp}, ^\circ\text{C}$	$t_{м.у.}, ^\circ\text{C}$
2	ISOVER Сэндвич Лайф	17.54	0.361
3		0.38	
3	ЦСП	0.38	96.668
4		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 Штукатурный Фасад равна 10 мм.

Толщина теплоизоляционного слоя ISOVER Сэндвич Лайф равна 100 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