

УДК 697.112

Борисевич Р. В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Матчан В. А.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛСТК

Строительство – одна из самых бурно развивающихся отраслей в современном мире. Практически в любом государстве вопросам строительства и архитектуры уделяется значительное внимание. Одной из проблем, всегда привлекающих внимание специалистов, является сокращение сроков строительства и стоимости эксплуатации здания. Одно из направлений решения этой проблемы – внедрение в процесс проектирования и возведения зданий результатов современных научных исследований, использование более совершенных строительных материалов, имеющих улучшенные характеристики по надёжности и долговечности. Важнейшими факторами, влияющими на стоимость эксплуатации здания, являются его утепление и затраты на отопление готового объекта. Утепление производится по всему периметру здания, поэтому даже в небольшом здании площадь утепления может составлять сотни квадратных метров, что приводит к значительным затратам. В связи с этим задача оптимизации архитектурно-планировочных решений зданий представляется достаточно актуальной.

В последнее время становится всё более востребованной технология строительства зданий с применением лёгких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) (рисунок 1). Стальные конструкции успешно применяются как для возведения промышленных объектов, так и в жилых и общественных зданиях. Между тем у данного материала имеются как преимущества, так и недостатки.



Рисунок 1 – Несущий каркас жилого здания из ЛСТК

ЛСТК – замечательное и перспективное направление в архитектуре. Ведь металл – это один из самых пригодных материалов для воплощения самых невероятных идей. Современная технология быстровозводимого строитель-

ства ЛСТК, широко распространенная в мире, дает возможность существенно экономить ресурсы и уменьшать строительные сроки.



Рисунок 2 – Стальной тонкостенный профиль (СТК)

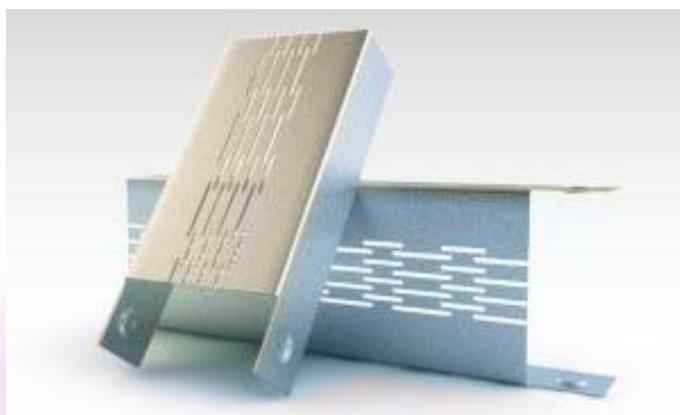


Рисунок 3 – Термопрофиль

Благодаря тому, что монтаж металлических каркасов по технологии ЛСТК выполняется из предварительно собранных линейных деталей, сроки сборки и установки конструкций существенно ниже, чем из сборных ж/б конструкций заводского изготовления. В качестве лицевого слоя для ЛСТК в отделке фасадов зданий используются самые разнообразные материалы. Это могут быть конструкции из металлопластика, алюминия, сайдинг и профнастил, специальные фасадные вентилируемые панели (кассеты) или наружные плиты «Аквапанель». Цементно-минеральные плиты «АКВАПАНЕЛЬ» Наружная стена представляют собой листовые изделия, состоящие из сердечника на основе мелкозернистого легкого бетона, все плоскости которого (лицевая, тыльная сторона, продольные кромки), кроме торцевых кромок, армированы стеклосеткой. Однако низкие теплотехнические характеристики стального профиля (рисунок 2) ($\lambda = 58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$), несмотря на все достоинства ЛСТК, ограничили область их массового применения возведением нежилых зданий и сооружений.

Следует отметить, что при строительстве дома из ЛСТК не избежать возникновения большого количества так называемых «мостиков холода».

Благодаря им в здании увеличиваются теплопотери, что приводит не только к отсутствию комфорта внутри помещения в холодное время года, но и значительно сокращает срок эксплуатации. На самом деле «мостики» имеются в каждом здании, независимо от строительных материалов. У домов из газосиликатных блоков они находятся в зоне швов. Кирпич сам по себе относится к «холодным» материалам, и его, как правило, утепляют с помощью пенополистирола или минеральной ваты. В случае с ЛСТК уменьшить влияние «мостиков холода» можно с помощью специальных термопрофилей (рисунок 3).

Разработка перфорированных стальных профилей (термопрофилей) позволила решить проблему уменьшения теплопроводности металла. По данным исследований, проведенных в Финляндии и Швеции, наиболее эффективны с точки зрения энергосбережения стальные профили с перфорацией по всей длине от четырех до восьми рядов. Их применение в ограждающих конструк-

циях позволяет снизить теплопроводность по профилю на 70–80 % по сравнению с СТК без перфорации.

Рассчитаем конструкцию ЛСТК, представленную на рисунке 4, как однородную конструкцию. Расчет проведен в соответствии с [2] по (1).

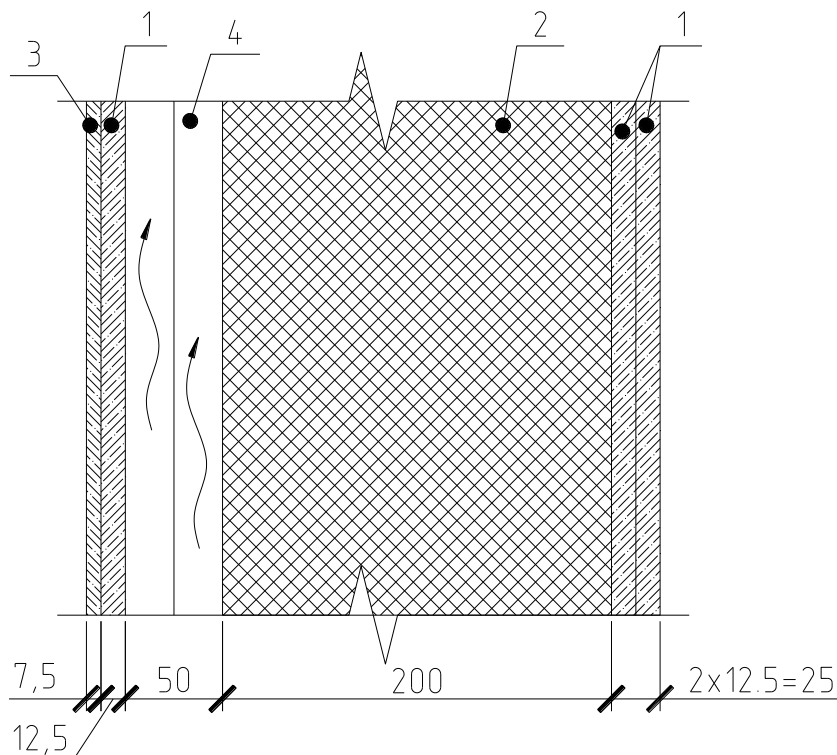


Рисунок 4 – Техническое решение каркасно-обшивной наружной стены включает стальной каркас, наружную облицовку из плит «АКВАПАНЕЛЬ® наружная» (1 – армированная цементно-минеральная плита «Аквапанель»; 2– минераловатная плита ROCKWOOL; 3– отделочный слой; 4– воздушная прослойка)

Таблица 1 – Характеристики используемых материалов

Наименование материала	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м·°С	Удельная теплоемкость, Дж/кг·°С
Армированная цементно-минеральная плита «Аквапанель»	1100	0,32	950
Минераловатная плита ROCKWOOL	40	0,042	1050
Профиль металлический	7900	58	434

$$R = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.025}{0.32} + \frac{0.2}{0.042} + \frac{1}{12} = 5.038 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}, \quad (1)$$

Так как два варианта стены, в одном из которых применен СТК, а в другом термопрофиль, рассчитываются без учета профиля проходящего по толщине теплоизоляционного слоя, мы получим одинаковые значения термического сопротивления в обоих случаях.

Чтобы учесть снижение термического сопротивления при наличии профилей, определим требуемое сопротивление теплопередаче на внутренней поверхности стены с помощью программного комплекса COMSOL [3]. Условно

примем фрагмент стены 1.2x1м, так как каркас стен ЛСТК состоит из стоечных профилей, установленных с шагом 600 мм [4]. Зададимся одинаковыми для двух вариантов граничными значениями температур и коэффициентами теплоотдачи для внутренней и внешней поверхности (таблица 2), а также толщинами (рисунок 4) и характеристиками материалов (таблица 1).

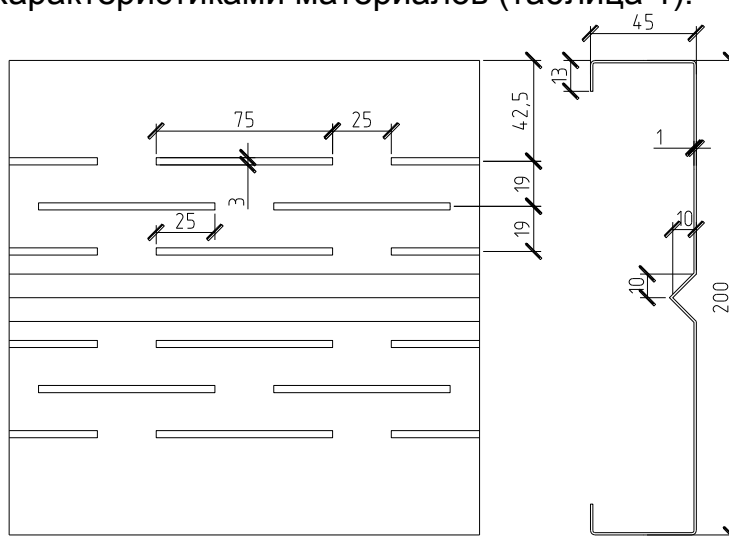


Рисунок 5 – Геометрические характеристики термопрофиля

Требуемое сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, определяем по формуле:

$$R_{\text{т.тр}} = \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \Delta t_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °C , принимаемая в соответствии с нормами технологического проектирования;

$t_{\text{н}}$ – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °C , принимаемая по таблице 4.3[2], с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций D (за исключением заполнений проемов) по таблице 5.2[2];

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимаемый по таблице 5.4[2];

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по таблице 5.5[2];

$\Delta t_{\text{в}}$ – расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °C , принимаемый по таблице 5.5[2].

Таблица 2 – Результаты расчетов

Образец профиля	n	$\alpha_{\text{в}}$	$t_{\text{в}}/t_{\text{н}}, \text{°C}$	$t_{\text{в}}-t_{\text{н}}, \text{°C}$	$\Delta t_{\text{вн.п}}$	$\Delta t_{\text{в}}$	$q, \text{Вт}/\text{м}^2$	$R, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
СТК	1	8,7	+18/-21	39	15,96	2.04	17,79	2.19
Термопрофиль			+18/-21	39	16,69	1.31	11,44	3.41

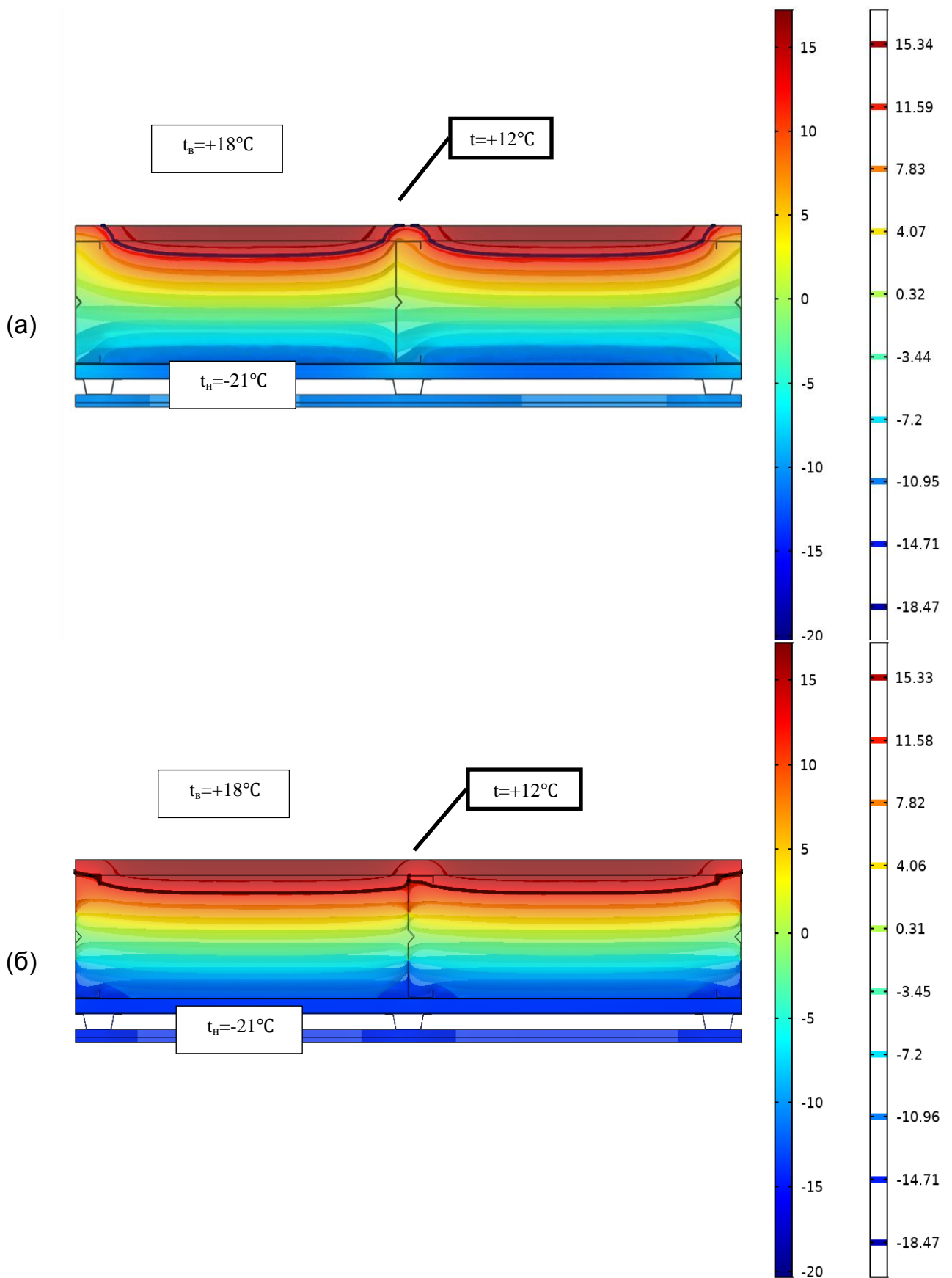


Рисунок 6 – Распределение температуры по утеплителю
(а)СТК, (б) – термопрофиль

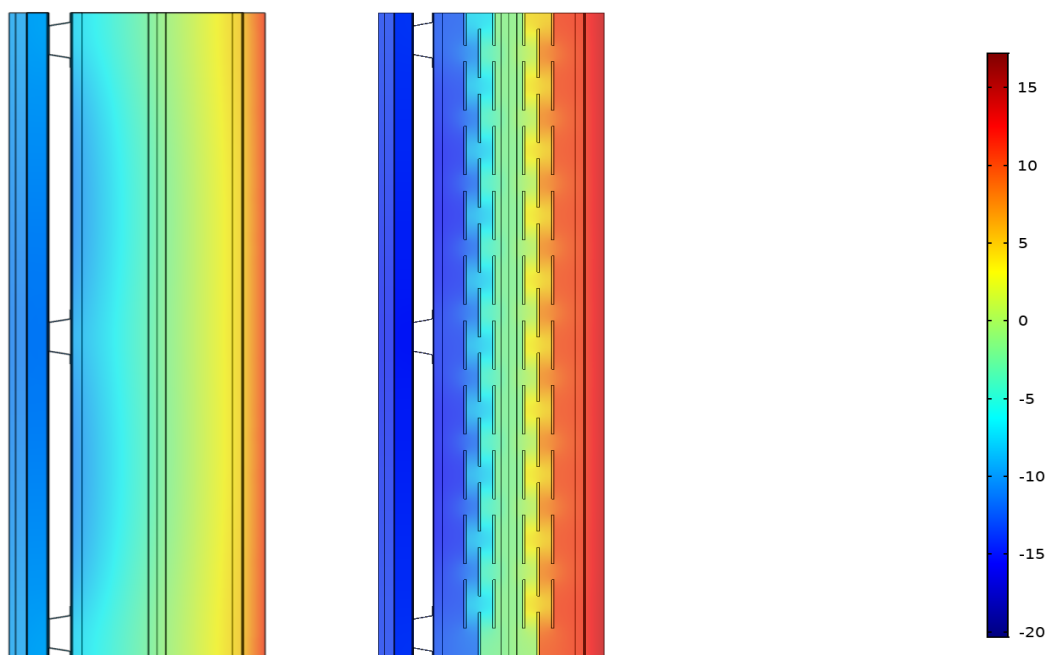


Рисунок 7 – Распределение температуры по профилю (слева–СТК, справа – термопрофиль)

Полученные данные позволяют сделать вывод, что перфорация в термопрофиле помогает более плавно распределить потери тепла по утеплителю (рисунок 6б) и задерживает тепловые потери в самом профиле (рисунок 7). В то же время на рисунке 6а видно, что у стены с использованием СТК расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности больше 6°C , из-за чего внутренняя поверхность стены подвержена промерзанию. Также по полученным результатам СТК профиля при принятой толщине стены не целесообразно, так как термическое сопротивление меньше нормативного, которое составляет $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Список цитированных источников

1. Альбом технических решений «КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ® Наружная стена. Наружные ненесущие каркасно-обшивные стены с каркасом из стальных тонкостенных холодногнутох оцинкованных профилей с применением материалов КНАУФ»
2. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2007. – 32 с.
3. Рекомендации по расчету приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и расчету потерь теплоты через ограждение: Р 1.04.115.13. – Введ. 14.10.13. – Минск: Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С., 2013. – 61 с.
4. СТБ EN ISO 10211 Тепловые мостики в зданиях. Тепловые потоки и температура поверхности. Подробные расчеты. Первая редакция проекта государственного стандарта. – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2014.
5. Альбом рабочих чертежей серия КС 11.04/2009 «Комплектные системы КНАУФ Каркасно-обшивные наружные стены с каркасом из термопрофилей с применением различных листовых материалов КНАУФ для многоэтажных зданий различного назначения с несущим каркасом»
6. ГОСТ Р 58774— 2019. Стены Наружные Каркасно-Обшивные Самонесущие И Ненесущие С Каркасом Из Стальных Холодногнутох Оцинкованных Профилей Общие технические условия – Москва.Стандартинформ,2020 – 31с.