

## ФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ИЗ ТЕРМОПРОФИЛЯ ЛСТК

Дмитриева Н.В., к.т.н., доцент,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры  
dmitrieva.nv76@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-4828-1644

Агафонова И.П., старший преподаватель,

Бендерский филиал ПГУ им. Т.Г.Шевченко  
barkaririna@bk.ru ORCID ID: 0000-0003-4330-2642

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности и преимущества, инновационных конструктивно-технологических решений в строительстве и реконструкции с использованием легких металлических конструкций. Приведены исследования основных энергетических проблем городов Украины, на примере г. Одесса. Охарактеризованы объемно-планировочные и конструктивные особенности проекта коттеджного поселка в с. Лески Одесской области. Представлена методика оптимизации конструктивно-технологических решений, основанная на факторной оценке вариантов решения возведения каркаса коттеджей поселка с учетом энергоэффективности. В исследовании были выделены основные факторы, влияющие на выбор строительных материалов.

**Ключевые слова:** металлические конструкции, ЛСТК, энергоэффективность, факторная оценка, модульное строительство.

**Введение.** Проблема энергосбережения на рубеже тысячелетий превратилась в одну из важнейших общечеловеческих проблем. Рациональное и экономное использование природных ресурсов, сокращение вредных выбросов в атмосферу и эффективное использование электрической и тепловой энергии приобретают исключительно важное значение в современном обществе.

Необходимость повышения уровня энергетической безопасности является одной из главных задач нашего государства на современном этапе ее социально-экономического развития.

Украина удовлетворяет свои потребности в природных энергоресурсах за счет собственной их добычи приблизительно на 45%. В большинстве стран мира уровень энергетической самообеспеченности такой же или даже более низкий. Проблема заключается в другом – недопустимо низкой эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Появление новых инновационных технологий в строительстве совместно с развитием металлургии делают металл одним из наиболее перспективных материалов будущего.

В настоящее время в мировой практике особое внимание уделено использованию легких строительных конструкций из тонкостенных холодногнутох оцинкованных профилей (ЛСТК).

Широкое распространение конструкций из тонкостенного профиля в Украине затруднено в значительной мере из-за несовершенства отечественных нормативных и методических баз по расчету ЛСТК, отсутствия надлежащих инструкций по монтажу и эксплуатации, достаточного опыта проектирования подобных конструкций. На территории Украины, основным действующий документ, регламентирующий использование, проектирование конструкций из стальных тонкостенных профилей является ДСТУ-Н Б В.2.6-87:2009 «Проектирование конструкций с применением стальных тонкостенных профилей». Приложение А ДСТУ-Н Б В.2.6-87:2009 содержит номенклатуру сечений для тонкостенных профилей и укороченный сортамент профилей из холодногнутой оцинкованной стали. В то же время существуют зарубежные нормы и стандарты для

проектирования подобных конструкций, такие как Еврокод-3 и AJSJ[1], на которые целесообразно полагаться.

Несмотря на очевидные преимущества использования профилей ЛСТК [2], существует также ряд эксплуатационных недостатков. Основным недостатком является нарушение комфортного режима микроклимата в помещениях, которое возникает из-за наличия многочисленных теплопроводящих включений в наружных оболочках, так называемых «мостиков холода». Образование влаги наблюдается в местах расположения профилей, приводящих к появлению плесневых грибов. В значительной степени теплопроводные включения в течение отопительного периода приводят к потере тепла в окружающую среду, что напрямую влияет на оплату коммунальных услуг в отопительный сезон [3].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Политика энергосбережения в Европе практически реализуется в принятой Европарламентом и Советом ЕС в 2002г. директиве 2002/91/ЕС «Energy Performance of Building» (EPBD). В соответствии с Директивой, существенно ужесточаются требования к экономии энергии в зданиях.

Директива EPBD предусматривает принятие странами-членами ЕС общих решений, включающих: единую методику расчета эффективности здания с точки зрения энергопотребления; минимальные нормы потребления энергии для всех новых и реконструируемых старых крупных зданий; систему сертификации зданий, регламентирующую количество потребляемой энергии и, соответственно, энергоэффективность здания [4].

Согласно разработанной концепции энергоэффективного здания компанией Сен-Гобен ISOVER при проектировании соблюдаются несколько основополагающих архитектурных и строительных принципов [5].

Принципы повышения энергоэффективности:

- оптимизация архитектурных форм здания с учетом возможного воздействия ветра;
- оптимальное расположение здания относительно солнца, обеспечивающее возможность максимального использования солнечной радиации;
- увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций здания (наружных стен, покрытий, перекрытий над неотапливаемыми подвалами) до технически возможного максимального уровня;
- сведение к минимуму количества и тепловой проводимости, имеющихся в конструкции тепловых мостов;
- обеспечение необходимой воздухоплотности конструкции здания относительно притока наружного воздуха;
- повышение до максимального технически возможного уровня термического сопротивления светопрозрачных ограждающих конструкций;
- создание системы вентиляции для подачи свежего воздуха, удаления отработанного воздуха, распределения тепла в помещении и организация регенерации тепла вентиляционного воздуха.

Сочетание указанных выше факторов обеспечивает минимальное энергопотребление здания, при этом определяющими факторами повышения энергоэффективности оболочек в зданиях и сооружениях являются увеличение термического сопротивления его конструктивных элементов и сокращение количества тепловых мостов. Решение этих задач в настоящее время как никогда актуальна и требует разработки мер для ее решения.

Решению теоретических, технических и практических проблем при проектировании и строительстве зданий из ЛСТК профиля посвящены работы такие ученые, как: Ватин Н.И., Синельников А.С., Зинкевич О.Г., в которых освещены вопросы комплексного сравнения стен «каркасных» и «бескаркасных» конструкций и методики рационального проектирования каркасов из ЛСТК.

**Постановка проблемы.** Оценивая возможность применения предложенной концепции в Украине, необходимо отметить следующее. Основными потребителями ЛСТК традиционно являются представители промышленного и коммерческого сегментов.

Активное использование ЛСТК в жилом, и особенно - в коттеджном строительстве сдерживается неготовностью потребителей к широкому использованию металла. Заказчикам индивидуального жилья вообще присущ некоторый консерватизм и даже косность в выборе технологий и материалов. Преимущества ЛСТК для этого сегмента неочевидны и требуют дополнительной аргументации. Для этого на примере проектировании коттеджного поселка из термопрофиля ЛСТК разработана методика факторной оценки выбора рационального конструктивно-технологического решения.

Срок окупаемости такого здания в Украине будет очень большим, что и будет определять возможность его реализации в нынешних экономических условиях. Таким образом, для Украины эта концепция на сегодняшний день не является экономически оптимальной. Это – дома будущего. Вместе с тем, уже сегодня в отечественной практике может быть использована значительная доля из предлагаемых в этом проекте технических решений, направленных на повышение энергоэффективности зданий, например, путем использования легких стальных тонкостенных конструкций (термопрофилей).

**Целью** данной статьи является рассмотрение выбора конструктивно-технологического решения энергоэффективности коттеджных поселков путем аргументации на основании факторной оценки.

**Материалы и методика исследования.** Учитывая актуальность развития производство гнутых профилей из оцинкованной стали на протяжении последнего десятилетия, в Украине создан Украинский центр стального строительства (УЦСС), объединяющий более 10 компаний, работающих на рынке металлоконструкций.

ЛСТК стал альтернативой применения таких конструкций, как железобетон, кирпич, дерево или стальной прокат на основании значительного экономического эффект в вышеприведенной области строительства благодаря снижению нагрузок от собственного веса и сейсмических нагрузок, уменьшению транспортных расходов и затрат на монтаже, сокращению сроков строительства без применения строительных машин.

Критерии выбора имеют многоуровневый подход, который предполагает решение многочисленных задач: технических, технологических, эксплуатационных, экономических и экологических.

В исследованиях были выбраны следующие критерии определяющие технологичность работы – трудоемкость и скорость монтажа материала с наименьшим количеством отходов, удобство резки материала, транспортабельность, устройство без специального оборудования и высококвалифицированных рабочих и т.д. Также при выборе учитывалась совокупность таких критериев, как влагостойкость, звукоизоляция, биологическая и химическая инертность, огнестойкость, ремонтпригодность, долговечность, экологичность и стоимость.

Методика факторной оценки включала в себя выбор наиболее подходящего материала конструкции стен с использованием качественных и количественных критериев.

К качественным критериям относятся: возможность всесезонного монтажа; экологичность; пожаробезопасность.

К количественным критериям относятся: стоимость строительства; минимальная толщина стены (без учета утеплителя); морозоустойчивость; шумоизоляция; продолжительность строительства; долговечность; коэффициент теплопроводности.

При отборе альтернатив и определения оценки критериев использовался коммуникативный индивидуальный метод – когда варианты решений генерирует единственный эксперт. После специалистом экспертом определялись степень весомости того или иного фактора путем количественной оценки каждого критерия.

Мониторинг рынка строительных технологий, которые наиболее востребованы на территории Украины и СНГ для строительства каркасных конструкций коттеджного поселка, было отдано предпочтение следующим основным материалам: бетон, керамзитобетон, силикатный кирпич, пенобетон, газобетон, брус, деревянный каркас, ЛСТК.

Строительство планируется к северо-востоку от г. Одессы, с. Лески, на берегу Черного моря, на отведенном участке размерами в плане 450 x 300 м. Концепция проекта

предусматривает строительство коттеджного поселка из 56 индивидуальных коттеджей, объемно-планировочным решением двух типов коттеджей: Тип 1 – размерами в осях: 1–5 (11.3 м) и А–Г (10.3 м) и высотой помещения в максимальной точке – 3.7 м (рис. 1); Тип 2 – размерами в осях: 1–5 (12,0 м) и А–Д (17.2 м) и высотой помещения в максимальной точке – 3.8 м.

В основе концепции поселка – сочетание особенностей природного ландшафта и нестандартных для загородного проекта архитектурных решений. Современную архитектуру дополняет панорамное остекление, взятое из практики высокотехнологичного высотного строительства. Это позволит создать просторные, глубокие внутренние зоны без ущерба для комфорта жителей (коэффициент соотношения ширины и глубины помещений 2,00–1,63).

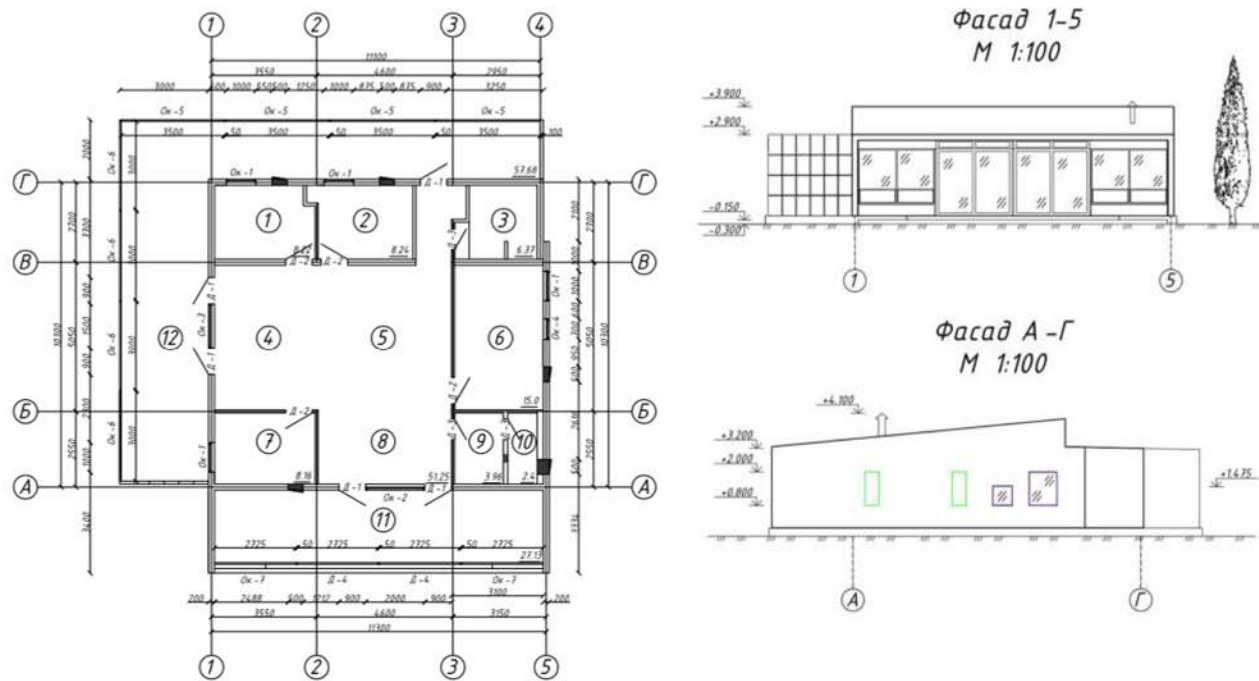


Рис. 1. Объемно-планировочное решение коттеджа Тип 1: План на отметке 0.000и и фасады 1-5 и А-Г

Конструктивные решения несущих наружных и внутренних стен приняты следующие: стеновые панели из термопрофиля, толщиной 200 мм с плитным утеплителем Superrock, с обшивкой снаружи виниловым сайдингом, а изнутри листами ОСП и листами гипсокартона и внутренние – стеновые панели из термопрофиля, толщиной 200 мм со звукоизоляцией из плитного утеплителя Rockton, с обшивкой с двух сторон листами ОСП и листами гипсокартона.

Перегородки – каркас собирается из термопрофиля, толщиной 100 мм со звукоизоляцией из плитного утеплителя Rockton, с обшивкой листами ОСП и листами гипсокартона.

Несущим элементом крыши принята согласно расчетам металлическая ферма. Каркас фермы (рис.2) выполняется из термопрофиля, с плитным утеплителем Rockmin Plus. Решетчатая ферма изготавливается из С-образных профилей с отгибами полок, изготовленных из стали марки S350 с цинковым покрытием Z275 в соответствии со стандартом EN 10346. Для верхнего и нижнего поясов, а также раскосов принято одинаковое сечение.

Покрытие кровли выполнено из профнастила Ruukki RAN-20B. Угол наклона крыши 10°.

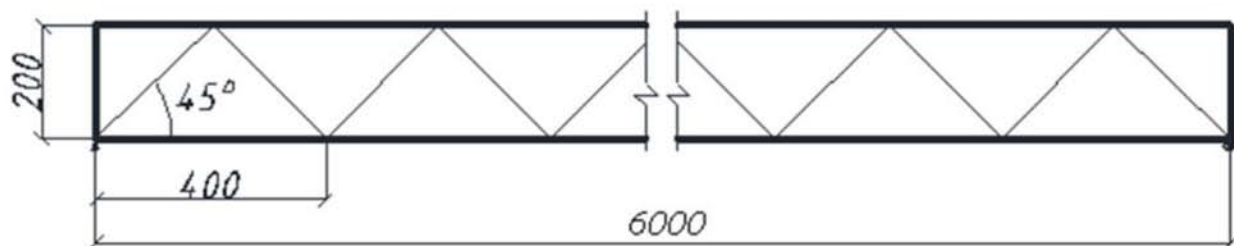


Рис. 2. Геометрическая схема фермы

Для предварительного анализа на основании экспертной оценки имеющейся технической информации была составлена таблица сравнения материалов для возведения каркаса коттеджа по выбранным критериям (таблица 1.).

Таблица 1 – Технологические характеристики строительных материалов

| Наименование факторов                            | Бетон   | Керамзитобетон | Кирпич  | Пенобетон | Газобетон | Брус   | Деревянный каркас | ЛСТК    |
|--|---------|----------------|---------|-----------|-----------|--------|-------------------|---------|
| Возможность всесезонного монтажа                 | Да      | Да             | Да      | Да        | Да        | Да     | Да                | Да      |
| Экологичность                                    | Да      | Нет            | Да      | Нет       | Да        | Да     | Нет               | Да      |
| Пожаробезопасность                               | Высокая | Средняя        | Высокая | Средняя   | Средняя   | Низкая | Низкая            | Высокая |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*С)           | 1,51    | 0,66           | 0,87    | 0,21      | 0,14      | 0,18   | 0,05              | 0,045   |
| Долговечность, лет                               | 100     | 80             | 80      | 50        | 50        | 20     | 20                | 50      |
| Стоимость строительства коттеджа Тип I тыс. грн. | 216,3   | 136,5          | 327,5   | 91,2      | 100       | 175    | 120               | 25      |
| Продолжительность строительства, мес             | 7       | 6              | 12      | 6         | 6         | 6      | 4                 | 3       |
| Морозостойкость, кол-во циклов                   | 60      | 50             | 30      | 35        | 25        | 25     | 40                | 50      |
| Шумоизоляция, дБА                                | 70      | 70             | 40      | 40        | 40        | 60     | 40                | 60      |
| Толщина стены без утеплителя, м                  | 1,44    | 1              | 2,5     | 0,63      | 0,8       | 0,56   | 0,2               | 0,15    |

Источник: разработка автором по источнику [6].

Первый этап анализа – ранжирование по степени значимости материалов конструкции стен, на основании сведений представленных в таблице 1. Критерии 1 и 2 не являются значимыми при выборе материалов, потому что, 1-ый критерий при использовании дополнительных приспособлений становится одинаков для всех материалов, а 2-ой не влияет на качество используемых материалов, поэтому могут не учитываться при построении аналитических диаграмм. Третий критерий был переведен из качественных показателей в количественные, путем присвоения ему баллов за пожаробезопасность по шкале от 1 до 10.

Количественная оценка показателей 4 – 10 производилась экспертным методом на основании анализа имеющихся технических документов.

Сведем все критерии к единой балльной системе, расположив их в порядке важности каждого из них. Оценка технологий по количественным критериям производится по пятибалльной шкале, где минимальным и максимальным значениям присвоены баллы 1 и 5

соответственно. Остальные баллы посчитаны с помощью интерполяции и представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Факторная оценка конструктивно-технологических решений

|  | Силикатный кирпич | Пено бетон | Газобетон | Монолит   | Керамзитобетон | Брус      | Деревянный каркас | ЛСТК      |
|--|-------------------|------------|-----------|-----------|----------------|-----------|-------------------|-----------|
| Звукоизоляция                              | 5                 | 5          | 5         | 5         | 4              | 5         | 3                 | 4         |
| Надежность                                 | 5                 | 3          | 3         | 4         | 3              | 4         | 4                 | 5         |
| Теплоизоляционные свойства                 | 1                 | 4          | 4         | 4         | 3              | 5         | 5                 | 5         |
| Влагопоглощение                            | 2                 | 3          | 2         | 3         | 3              | 5         | 5                 | 3         |
| Морозостойкость                            | 1                 | 2          | 3         | 4         | 5              | 3         | 3                 | 5         |
| Стоимость строительства                    | 1                 | 4          | 4         | 2         | 4              | 3         | 3                 | 5         |
| Удобство транспортировки                   | 1                 | 3          | 3         | 1         | 4              | 2         | 3                 | 3         |
| Необходимая толщина стены (без утеплителя) | 1                 | 3          | 3         | 4         | 3              | 4         | 4                 | 5         |
| Простота строительных работ                | 1                 | 5          | 5         | 2         | 3              | 2         | 3                 | 4         |
| Глубина фундамента                         | 1                 | 2          | 2         | 4         | 1              | 3         | 4                 | 5         |
| Срок службы здания                         | 5                 | 4          | 4         | 5         | 4              | 4         | 4                 | 4         |
| Экологичность                              | 5                 | 5          | 2         | 2         | 4              | 5         | 3                 | 4         |
| Пожаробезопасность                         | 5                 | 4          | 4         | 5         | 4              | 2         | 2                 | 5         |
| Усадка                                     | 2                 | 2          | 4         | 4         | 4              | 3         | 4                 | 5         |
| Длительность строительства                 | 1                 | 4          | 4         | 2         | 3              | 3         | 4                 | 5         |
| <b>Итого баллов</b>                        | <b>37</b>         | <b>53</b>  | <b>52</b> | <b>51</b> | <b>52</b>      | <b>53</b> | <b>54</b>         | <b>67</b> |

Источник: [6].

Таким образом, исходя из данных оценки факторов, наибольшее количество баллов набрала технология ЛСТК – 67 баллов, наименьшее – силикатный кирпич – 37 баллов.

Анализ факторов позволил выделить конструктивно-технологические решения из бетона и силикатного кирпича. Оба материала имеют наибольшую стоимость и наибольшую продолжительность выполнения полного комплекса работ. При этом эти два решения имеют наименьший показатель сопротивления теплопотери среди всех, что является ключевым критерием энергоэффективности.

Также стоит отметить, что конструктивно-технологическое решение из бруса является наиболее дорогостоящим вариантом, и обладает наименьшей пожаробезопасностью и долговечностью. Так же и керамзитобетон хоть и обладает наибольшей долговечностью, имеет наименьшее сопротивление теплопотери и наибольшую продолжительность строительства.

Пенобетон и газобетон имеют неплохой коэффициент теплопроводности, но их продолжительность и стоимость строительства больше чем у деревянного каркаса или ЛСТК.

Как видно из таблицы 1 решение из деревянного каркаса уступает решению из ЛСТК по долговечности (меньше на 30 лет), пожаробезопасности и стоимости, которая превышает в 1,6 раз стоимость возведения каркаса из ЛСТК.

Кроме этого хотелось бы отметить еще ряд критериев, которые играют не маловажную роль при выборе конструктивного решения. Применение термопрофиля ЛСТК оправдано малым весом металлоконструкций и их хорошей несущей способностью, легкой обработкой, минимальными значениями нагрузок на фундамент, а так же технологичностью и отсутствием потребности в грузоподъемной технике.

А недостатки ЛСТК возможно решить дополнительными мероприятиями. Например, влияние тепловых мостов возможно уменьшить двумя способами: использование двойных каркасов или использование наружных систем утепления, что учтено при проектировании данного проекта. Повышения предела огнестойкости ЛСТК, обеспечивается одним из способом: напыление и окраска различными огнестойкими материалами; облицовка гипсокартоном; оштукатуривание. Необходимость обязательной установки ветрозащиты и паронепроницаемого барьера обеспечит герметичности здания по отношению к ветру, к воздуху и к миграции пара через конструкцию, которое существенно влияет на энергопотребление, функционирование вентиляции и внутренний комфорт помещений[7].

**Выводы и предложения.** Благодаря факторной оценке конструктивно-технологических решений по основным параметрам определено, что значительный экономический эффект, достигаемый снижением нагрузок от собственного веса конструкций, уменьшением расходов на транспорт и монтаж, сокращением сроков строительства без использования тяжелой техники, позволяет во первых аргументировать проектное решение строительства коттеджного поселка, во вторых дальнейшее перспективное развитие данной отрасли. Технология ЛСТК открывает возможности решения вопросов, касающихся строительства комфортабельного энергоэффективного жилья. Несмотря на то, что большинство в настоящий момент отдают предпочтение домам из кирпича, дерева или панелей, мировая практика и факторная оценка данного исследования свидетельствует, что инновационные технологии, к которым относится и ЛСТК, приносят неоспоримую пользу в сегменте бюджетного строительства.

## Литература

1. Ватин, Н. И. Термопрофиль в легких стальных строительных конструкциях / Н. И. Ватин, Е. Н. Попова // – Санкт-Петербург: Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т., 2006. – 63 с.
2. Wei-Wen Yu La Boube Cold-Formed Steel Design. / Wei-Wen Yu, Roger A. //– 4th Edition изд. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 528 p.
3. Решетников А.А. Сравнительный анализ методик расчета тонкостенных стальных балок С-образного профиля по отечественным и зарубежным нормам/ А.А. Решетников, В.Ю.Корнет, Д.А. Леонова // Инженерный вестник Дона, 2018, №1.
4. Воронин А. В. Опыт стран Евросоюза в области технического нормирования тепловой защиты зданий и сооружений // Технологии строительства, 2007. № 4. – С. 24-26.
5. Jean-Baptiste Rieunier. «Low energy houses in Europe multi-comfort house concept»: Сб. докл. Международной научно-практической конференции «Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ»// М.: МГСУ, 2006. – С.22-35.
6. Сравнительный анализ технологий строительства [Электронный ресурс] / Н. И.Ватин, А. С. Синельников, А. В. Малышева, Д. В. Немова – Режим доступа до ресурсу: [https://imeks-lstk.ru/services/privatePerson/stati/compare\\_technology](https://imeks-lstk.ru/services/privatePerson/stati/compare_technology).
7. К.В. Голубев, К.А. Федотов Проблемы использования новых технологий малоэтажного домостроения / К.В. Голубев, К.А. Федотов //Вестник ПНИПУ. Урбанистика, 2013. № 3 – С.23-30.

## References

- [1]. Vatin, N. I. Termoprofil' v legkih stal'nyh stroitel'nyh konstrukciyah / N. I. Vatin, E. N. Popova // – Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburg. gos. politekh. un-t., 2006. – 63 p.
- [2]. Wei-Wen Yu La Boube Cold-Formed Steel Design. / Wei-Wen Yu, Roger A. //– 4th Edition изд. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 528 p.
- [3] Reshetnikov A.A. Sravnitel'nyj analiz metodik rascheta tonkostennyh stal'nyh balok S-obraznogo profilya po otechestvennym i zarubezhnym normam/ A.A. Reshetnikov, V.YU.Kornet, D.A. Leonova // Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №1.
- [4] Voronin A. V. Opyt stran Evrosoyuza v oblasti tekhnicheskogo normirovaniya teplovoj zashchity zdanij i sooruzhenij // Tekhnologii stroitel'stva, 2007. № 4. – P. 24-26.
- [5] Jean-Baptiste Rieunier. «Low energy houses in Europe multi-comfort house concept»: Sb. dokl. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Effektivnye teplo- i zvukoizolyacionnye materialy v sovremennom stroitel'stve i ZHKKH»// M.: MGSU, 2006. – P.22-35.
- [6] Sravnitel'nyj analiz tekhnologij stroitel'stva [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://imeks-lstk.ru/services/privatePerson/stati/compare\\_technology](https://imeks-lstk.ru/services/privatePerson/stati/compare_technology)
- [7] K.V. Golubev, K.A. Fedotov Problemy ispol'zovaniya novyh tekhnologij maloetazhnogo domostroeniya / K.V. Golubev, K.A. Fedotov //Vestnik PNIPU. Urbanistika, 2013. № 3 – S.23-30.

## FACTORAL ASSESSMENT OF ENERGY-EFFECTIVE CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL SOLUTION OF THE THERMOPROFILE FROM THE LSTK

**Dmitrieva N.V.**, PhD, Assistant Professor,

*Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture*  
dmitrieva.nv76@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-4828-1644

**Agafonova I.P.**, Senior Lecturer

*Bendery Polytechnic Branch of the TSU named after. T.G. Shevchenko*  
barkaririna@bk.ru ORCID ID: 0000-0003-4330-2642

**Abstract.** The features and advantages of innovative structural and technological solutions in construction based on lightweight metal structures are discussed there in the article. The problems of energy- and resource-saving in Ukraine are revealed.

Investigations of the main energy problems of Ukrainian cities are presented through the example of Odessa. The spacial layout and structural features of the cottage estate project in Leski village are also described here. The necessity of applying the methodology of factor evaluation in the optimization of structural and technological solutions of cottage building frame assembly is substantiated taking into consideration the energy efficiency. There are also presented the results of optimization of structural and technological solutions. They are specified two main factors affecting the choice of architectural, structural and technological solutions for the frame assembly: quantitative and qualitative. Qualitative criteria include: the possibility of year-round installation; ecological compatibility; fire safety.

Quantitative criteria include: cost of construction; minimum wall thickness (excluding insulation); frost resistance; sound insulation; duration of construction; operational life; coefficient of thermal conductivity.

In the process of selecting alternatives and determining criteria, the communicative individual method is used - when decision options are generated by a single expert.

Based on the data of factors evaluation, on a 5-point scale, the Light steel thin-walled structures technology scored the highest number of points - 67 points, the smallest - silicate brick -



37 points; it is evidence that solution of the Light steel thin-walled structures shows the best performance.

There are proposed some ways for solving the downsides of the Light steel thin-walled structures, such as the formation of thermal bridges, which can be reduced in two ways: by using of double frames or external heat insulation systems; ensuring the building tightness in relation to the wind, to the air and to the steam migration through the structure by the obligatory installation of wind protection and a vapor barrier; increasing the fire resistance limit of the Light steel thin-walled structures is provided in one of the ways: spraying and painting with various fire-resistant materials; plasterboard cladding; plastering.

**Keywords:** metal structures, the Light steel thin-walled structures, energy efficiency, factor evaluation, modular construction.

## **ФАКТОРНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ З ТЕРМОПРОФІЛЮ ЛСТК**

**Дмитрієва Н.В.**, к.т. н., доцент,

*Одеська державна академія будівництва і архітектури*  
dmitrieva.nv76@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4828-1644

**Агафонова І.П.**, старший викладач

*Бендерського філії ПГУ ім. Т.Г.Шевченка*  
barkaririna@bk.ru ,ORCID ID: 0000-0003-4330-2642

**Анотація.** У статті розглянуті особливості та переваги інноваційних конструктивно-технологічних рішень в будівництві з використанням легких металевих конструкцій. Розкриваються проблеми енерго- та ресурсозбереження в Україні.

Наведені дослідження основних енергетичних проблем міст України, на прикладі м. Одеса. Охарактеризовані об'ємно-планувальні та конструктивні особливості проекту котеджного селища в с. Ліски Одеської області. Обґрунтовано необхідність застосування методики факторної оцінки при оптимізації конструктивно-технологічних рішень зведення каркаса котеджних будівель з урахуванням енергоефективності. Представлені результати оптимізації конструктивно-технологічних рішень. У дослідженні були виділені основні фактори, що впливають на вибір архітектурних і конструктивно-технологічних рішень зведення каркаса: кількісні та якісні. До якісних критеріїв відносяться: можливість всесезонного монтажу; екологічність; пожежна безпека.

До кількісних критеріїв належать: вартість будівництва; мінімальна товщина стіни (без урахування утеплювача); морозостійкість; шумоізоляція; тривалість будівництва; довговічність; коефіцієнт теплопровідності.

При відборі альтернатив і визначення оцінки критеріїв використовувався комунікативний індивідуальний метод - коли варіанти рішень генерує єдиний експерт.

На підставі даних оцінки факторів, за 5-ти бальною шкалою, найбільшу кількість балів набрала технологія ЛСТК - 67 балів, найменше - силікатна цегла - 37 балів, це свідчить про те, що найкращі показники показує рішення з ЛСТК.

Запропоновано способи вирішення недоліків ЛСТК, таких як утворення теплових мостів можливо зменшити двома способами: використання подвійних каркасів або використання зовнішніх систем утеплення; забезпечення герметичності будівлі по відношенню до вітру, до повітря і до міграції пара через конструкцію обов'язковим монтажем вітрозахисту і паронепроникного бар'єру; підвищення межі вогнестійкості ЛСТК, забезпечується одним із способів: напилення і забарвлення різними вогнетривкими матеріалами; облицювання гіпсокартоном; оштукатурювання.

**Ключові слова:** металеві конструкції, ЛСТК, енергоефективність, факторна оцінка, модульне будівництво.