

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.63.358-371>

УДК 692.23:624.014

Хохрякова Дар'я Олександрівна,

к.т.н., доцент кафедри будівельних технологій

Київського національного університету будівництва і архітектури

khokhriakova.do@knuba.edu.ua

<http://orcid.org/0000-0002-9257-5703>

ФАКТОРИ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ PREFAB-КОНСТРУКЦІЙ ІЗ СТАЛЕВИХ ТОНКОСТІННИХ ХОЛОДНОФОРМОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Анотація: у статті систематизовано фактори і їх вплив на технологічність prefab-конструкцій із сталевих тонкостінних холодноформованих елементів. Відомо, що ЛСТК є сучасними ефективними з витрат матеріалу будівельними конструкціями. Незважаючи на це багато з них через трудовитрати при виготовленні і монтажі відрізняються підвищеною вартістю, і не завжди можуть вважатися технологічними. На основі виконаного порівняльного аналізу виділено два типи обладнання для виробництва ЛСТК: тип I – для малоповерхового каркасно-щитового будівництва; тип II – для багатоповерхового і комерційного будівництва. Видається перспективним проектування ЛСТК тільки із С – профілів одного перерізу та товщини, завдяки підвищенню їх технологічності за рахунок виключення таких чинників, як переналагодження обладнання на профіль іншого типу, сортування елементів при комплектації зв'язки панелі, транспортування конструкцій з заводу при застосуванні компактних ліній безпосередньо на будмайданчику. Обґрунтовано, що для реалізації цього підходу ефективним є застосування ліній першого типу.

Ключові слова: ЛСТК; сталеві тонкостінні холодноформовані елементи; обладнання; фактори технологічності; С – профіль.

Постановка проблеми. Незважаючи на широке застосування легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) [1], їх технічні рішення в даний час не досить технологічні через відсутність в Україні достатньої кількості відповідних норм, стандартів і матеріалів для їх проектування. Пророблення технічних рішень на технологічність особливо важливе при проектуванні конструкцій, що мають малу масу.

Аналіз досліджень і публікацій. Розробці методів комплексної оцінки будівельної технологічності проектів будівель присвячені дослідження Р.І. Фокова [2]. Методологічні основи системотехніки, сукупність методів та

засобів формування ефективних будівельних систем та міжсистемних зв'язків розглядалися у роботах О.А. Гусакова [3].

Основні положення технологічності сталевих конструкцій було закладено у 30-х роках М.С. Стрілецьким. Запровадження конструктивно-технологічного проектування позначилось врахуванням технологічних можливостей устаткування, зручності виконання робіт під час виготовлення, можливості застосування нових матеріалів тощо.

У даний час комплексне проектування визначає вимоги технологічності, як сукупність мінімальних витрат праці, засобів, матеріалів та часу при виготовленні, транспортуванні, монтажі та експлуатації конструкцій. Існує ціла низка параметрів, які дають якісну та кількісну оцінку рівня технологічності конструкцій. Основну методологію таких оцінок викладено у роботах Я.М. Ліхтарнікова, М.М. Сахновського, В.В. Волкова, С.В. Саричева.

На основі аналізу технологічності сучасних конструктивних рішень будівельних металоконструкцій в роботі [4] розроблено нові ефективні об'ємно-формовані конструкції на основі тонколистового прокату. Встановлено, що зниження матеріаломісткості цих конструкцій на 12.15% можливе за рахунок більш вдалого розташування матеріалу по перерізу, зменшення відходів металу (аж до безвідходного виробництва), застосування тонколистового прокату, що має велику градацію по товщині і високі властивості міцності.

В основі вирішення різних завдань при проектуванні сталевих конструкцій лежить узагальнені показники технологічності та якості, які утворюють систему оцінки технологічності сталевих конструкцій [5, 6].

В роботі [5] автором запропоновано систему оцінки технологічності сталевих стрижневих конструкцій, яка може бути записана у двох формах: 1 - для вибору конструкції при варіантному проектуванні; 2 - якщо значення рівня технологічності виявляються близькими один до одного, для більш точного визначення рівня технологічності, опосередковано вираженого в собівартості.

На основі системотехнічного підходу автором [7] розглянуто систему комплексних показників оцінки технологічності будівельних конструкцій, в результаті чого розроблено методику визначення комплексного показника технологічності для біонічних конструкцій, що дало підставу для розробки організаційно-технічних заходів, прогнозування вартості будівельно-монтажних робіт та трудомісткості на основі дослідження динаміки формуючих факторів.

На думку автора питання технологічності легких сталевих тонкостінних конструкцій в роботах [8 - 10] не достатньо розкриті.

Метою публікації є аналіз факторів, що можуть підвищити технологічність prefab-конструкцій із сталевих тонкостінних холодноформованих елементів.

Основна частина. Відомо, що ЛСТК є сучасними ефективними з витрат матеріалу будівельними конструкціями, які широко застосовуються в різних галузях народного господарства. Незважаючи на низьку матеріаломісткість таких конструкцій, багато з них через трудовитрати при виготовленні і монтажі відрізняються підвищеною вартістю, і не завжди можуть вважатися технологічними.

Вивчення факторів технологічності відкриває нові можливості для їх ефективного використання при проектуванні об'єктів із ЛСТК, у т.ч. конструкцій із сталевих тонкостінних холодноформованих елементів.

Класифікуючи фактори технологічності, їх можна розділити на дві групи:

- фактори, що визначаються рівнем розвитку засобів виробництва. Наприклад, засоби праці, за допомогою яких працівники впливають на предмет праці (інструменти та пристосування, машини та механізми, оснащення та обладнання, засоби переміщення вантажів тощо.);

- фактори технологічності, що визначаються властивостями предметів праці.

У роботах з технологічності у будівництві [8, 9] немає достатньо чіткого розмежування між факторами, що визначають технологічність об'єктів та конструкцій та показниками технологічності. Між тим, це принципово різні поняття. Фактори технологічності є причинами появи властивостей технологічності в конструктивному рішенні об'єкта або конструкції, а показники технологічності свідчать про наявність таких властивостей в об'єкті або конструкції та дають їхнє кількісне відношення.

Більшість дослідників [4, 5, 7] вважають за необхідне оцінювати технологічність проектних рішень за комплексними показниками. Комплексна технологічність є узагальнюючою характеристикою технологічності чотирьох підсистем: виготовлення, транспортування, зведення (монтажу) конструкцій та експлуатації будівлі.

Підсумовуючи проведений короткий огляд розвитку ідей технологічності у будівництві, можна виділити ряд положень:

- технологічність є результатом певної відповідності між предметом праці (деталь, вузол, об'єкт, споруда) та засобами праці (інструмент, технологічне обладнання, машини та механізми);

- для досягнення цієї відповідності можуть бути застосовані певні універсальні прийоми (уніфікація, скорочення кількості складових частин), що

надають предметам праці при їх проектуванні властивості технологічності. Ці прийоми можна визначити як фактори технологічності;

- наявність властивостей технологічності в предметах праці проявляється у зменшенні трудомісткості, вартості, матеріаломісткості та часу їх виготовлення. Ці показники використовуються як показники технологічності предметів праці.

Конструктивним показникам технологічності завжди приділялося багато уваги і вони зазвичай проробляються при архітектурному проектуванні об'єктів дуже ретельно [10, 11]. Тому у даній статті докладніше розглянуті питання, зумовлені технологічними параметрами – трудомісткістю виготовлення.

В результаті досліджень [4] встановлено, що підвищення технологічності металоконструкцій можливе за рахунок зміни вартості основних матеріалів та трудомісткості операцій обробки, сортування, складання та транспортування, у т.ч. внутрішньозаводського.

На вартість матеріалу впливають: форма поперечного перерізу елемента, хімічний склад сталі, вид антикорозійного покриття та ін.

Технологічність виготовлення залежить від наступних чинників: кількості основних та допоміжних деталей, достатньої кількості обладнання, ступеня механізації процесів, можливості працювати з декількома деталями одночасно, маси та розмірів окремих елементів, ступеня типізації та обсягу партії.

Разом з тим досвід показує, що у практичних розрахунках зазвичай визначають технологічну собівартість конструкції «у справі» і навіть просто трудомісткість виготовлення конструкції.

Вибір типу обладнання з виробництва сталевих тонкостінних холодноформованих профілів, що можуть бути холоднокатаними або холодногнутими, відіграє вагому роль у технологічності ЛСТК і визначається напрямами із застосування продукції, що буде вироблятися.

Холоднокатані профілі виготовляються методом холодної прокатки на потокових профілепрокатних лініях. Застосування таких ліній для серійного виробництва ЛСТК дозволяє добитися високого ступеня автоматизації і продуктивності. Профілепрокатні лінії обмежені закладеними в них типами, розмірами і товщиною профілів, інструментами для пробивки тощо.

Холодногнуті профілі виготовляються методами гнуття або штампування на пресовому обладнанні (пресах і листогинах). Універсальність пресового обладнання дозволяє виготовляти найрізноманітніші типи профілів і робити це в товщині більше тих, якими обмежені потокові лінії (5, 6 мм і більше). Масове застосування технологій гнуття і штампування обмежується низькою продуктивністю, обумовленою ручною подачею матеріалу в обладнання. Проте для типових елементів, особливо з товщиною більше 4 мм, є ряд рішень, що

дозволяють виключити ручну роботу – це роботизовані системи і пресове обладнання у складі поточкових ліній.

Порівняльний аналіз типу обладнання для виробництва ЛСТК наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Обладнання для виробництва ЛСТК [12]

| Основні характеристики | Виробники | |
|------------------------|---|--|
| | Тип I | Тип II |
| | Howick, Royal TP, FrameCad, Pinnacle, KeyMark | Samesor, Stam, Bradbury, Samco, ZemanBauelemente |
| Товщина сталі | від 0,6 до 2 мм | від 1 до 4 мм |
| Висота профілів | від 60 до 250 мм | від 100 до 420 мм |
| Основні типи профілів | C, U | C, U, Z, Σ |
| Компактність ліній | Компактні | Значні за розмірами |
| Сфера застосування | Каркаси малоповерхового житла до 3-х поверхів, стінові панелі для багатоповерхового будівництва, надбудови, малі архітектурні форми | Всі варіанти застосування ЛСТК в будівництві |

Сучасний підхід до виробництва ЛСТК нерозривно зв'язує обладнання, програмне забезпечення (ПЗ) верстатів і проектне ПЗ (рис. 1).

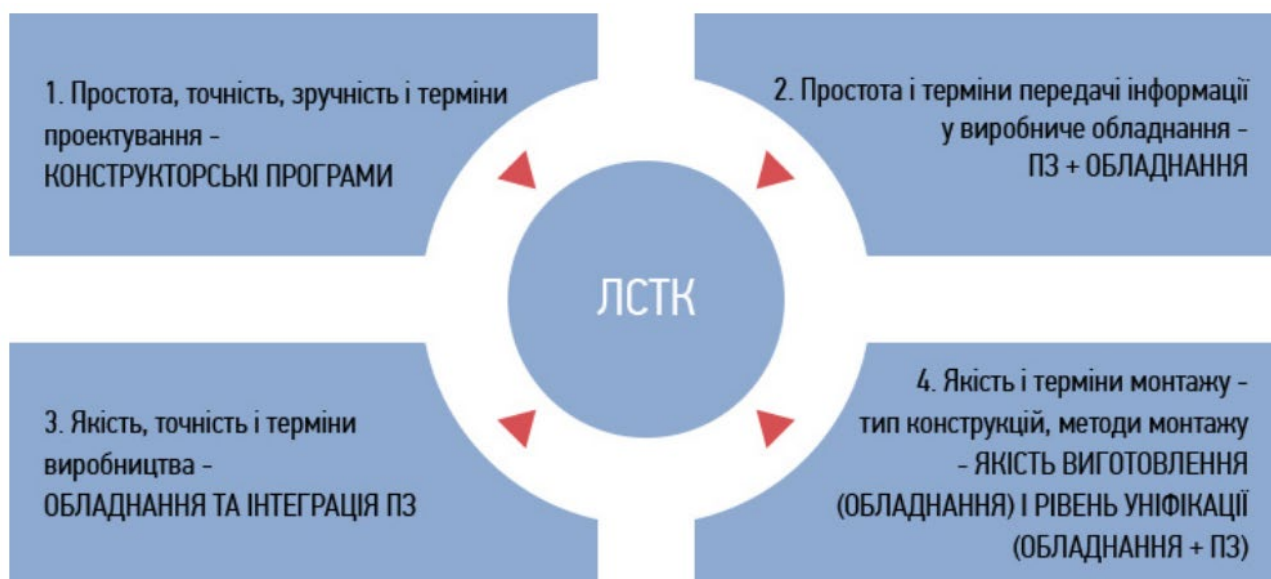


Рис. 1 - Ключові аспекти, що впливають на створення будівлі з ЛСТК [12]

Інтеграція ПЗ і обладнання особливо важлива для ліній, де багатоелементність конструкції вимагає високого ступеня автоматизації процесу проектування і передачі даних у виробниче обладнання. Верстати другого типу (табл. 1) з широким діапазоном профілів ряд постачальників «прошиває» виключно на роботу з власним конструкторським ПЗ для ідеальної сумісності та інтеграції з власним обладнанням. Тому у своїй більшості такі лінії мають нижчий ступінь взаємозв'язку наявних конструкторських програм з інтерфейсом обладнання і націлені на індивідуальне і трудомістке проектування більш крупних об'єктів.

Наявність всього декількох типорозмірів профілів у виробничій лінійці верстатів першого типу дає наступні переваги:

- гнучкість вибору ПЗ під конкретні проектні потреби виробництва, оскільки більшість виробників цього обладнання сьогодні випускають верстати з відкритим кодом;

- можливість впровадження кращих світових програмних розробок в області ЛСТК;

- забезпечення бібліотеки типових вузлів.

Ефективність сучасного виробництва ЛСТК також залежить від наступних параметрів:

- час, який займає проектування;
- час передачі деталювання в обладнання;
- швидкість виробничого процесу;
- час переналагодження виробництва;
- якість продукції.

Слід зазначити, що швидкість профілізації не є ключовим параметром виробничого процесу ЛСТК.

В процесі профілізації важливішими є питання переналагодження обладнання, а також якість форми профілю і елемента. Переналагодження на інші типорозміри профілю може викликати значно більші витрати часу, ніж сам процес прокатки, а відповідно знижує технологічність ЛСТК.

Переналагодження обладнання може бути автоматичним, ручним і зміною оснащення.

Автоматичне переналагодження профілезгинальної секції не виключає вивід і подачу іншого матеріалу, зміну частини інструменту тощо, тому не знімає всі питання переналагодження хоча і значно економить час.

Варто відзначити, що ступінь автоматизації ліній може бути різним. Виробництво ЛСТК може бути:

- закінченого циклу (отримуємо практично готовий продукт, відрізаний у заданий розмір, з усіма технологічними отворами, необхідними відгинами та підрізами у місцях з'єднання профілю);

- відкритого циклу (отримуємо профіль-заготовку).

Найважливішою характеристикою сучасної лінії, що забезпечує технологічність виробництва ЛСТК є наявність мінімально набору пресів, для виконання необхідних операцій над профілем, що випускається. Ці операції виконуються автоматично за програмою під час профілювання та допомагають зафіксувати стик двох профілів без попередньої розмітки, що зменшує трудомісткість і прискорює подальше складання конструкцій із сталевих тонкостінних холодно формованих елементів (табл. 2).

У посібнику з проектування будівельних конструкцій малоповерхових будівель із сталевих холодногнутих оцинкованих профілів [13] автори класифікують будівлі з ЛСТК за вузлами з'єднання профілів між собою (рис. 2), як каркаси із з'єднанням:

- типу С+С (всі елементи каркасу із С – профілів);
- типу С+U (елементи каркасу із напрямних U - профілів і стоякових С – профілів).

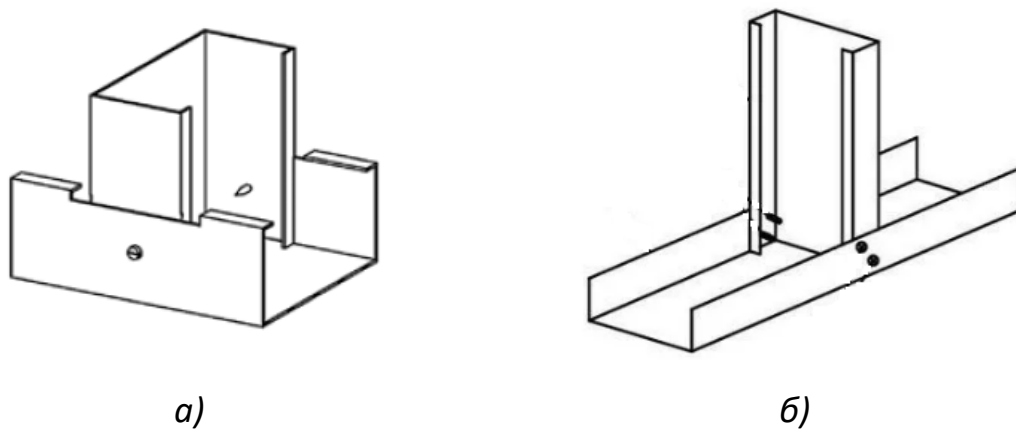


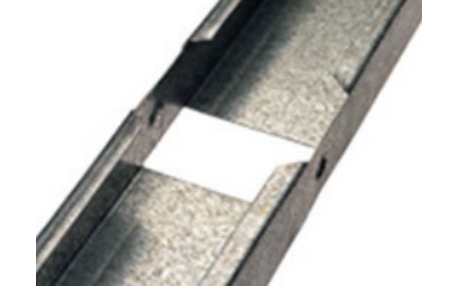


Рис. 2. Типи з'єднань профілів між собою: а) тип С + С; б) тип С + U

У з'єднаннях типу С + С стояковий С - профіль заводиться обтиснутим кінцем у С-подібний напрямний профіль, в якому попередньо виконані вирізи відгину профілю (рис. 2а).

У вузлах типу С + U стояковий елемент із С - профілю вставляється торцем у напрямний U - профіль, внутрішній габарит якого дорівнює зовнішньому габариту С – профілю (рис. 2б).

Зазвичай елементи будівель з С+С з'єднаннями виготовляються на лініях першого типу (Howick, FrameCad), а С + U – другого типу (Samesor, Lindab) [13].

Таблиця 2 – Операції на профілі

| Назва, зображення | Операції | Функції |
|--|--|--|
|  <p>Пуклівка</p> | <p>Випресовування заглиблення на поверхні профілю</p> | <p>Для позиціонування з'єднувальних елементів, приховування головки самонарізувального гвинта, підвищення опору з'єднань профілів на зминання і зріз</p> |
|  <p>Виріз відгину профілю</p> | <p>Відрізання відгину («губок») С - профілю</p> | <p>Для забезпечення можливості вставки одного (стоякового) С-профілю в інший (напрямний) С-профіль</p> |
|  <p>Виріз в полотні</p> | <p>Відрізання частини стінки профілю</p> | <p>Для створення Т- і Х-подібних перехресних з'єднань</p> |
|  <p>Отвір під гвинт</p> | <p>Виштамповування отворів</p> | <p>Для кріплення профілів самонарізними гвинтами при їх з'єднанні в готову конструкцію</p> |
|  <p>Обтискання кінця профілю</p> | <p>Зменшення ширини профілю за рахунок обтискання його стінки на профілезгинальному обладнанні</p> | <p>Для створення з'єднання С - профілів між собою з необхідним приляганням</p> |

Автор вважає помилковим уявлення, що недоліком обладнання першого типу є обмежений сортамент профілів (тільки U - і С - профілі).

Досвід зведення будівель із ЛСТК в країнах ближнього зарубіжжя показує, що при проектуванні будівель тільки із С – профілів, їх ефективно виготовляти одного перерізу та товщини (заготовка у вигляді сталевोї оцинкованої смуги має завжди одну ширину та товщину), оскільки виключаються процеси:

- переналагодження обладнання на профіль іншого типу;
- сортування елементів при комплектації зв'язки панелі, так як всі елементи панелі виробляються одномоментно, маркування профілів співвіднесене з номером панелі на монтажних кресленнях;
- транспортування конструкцій з заводу при застосуванні компактних ліній першого типу безпосередньо на будмайданчику (рис. 3).



Рис. 3 - Розміщення верстата у пересувному контейнері

В таблиці 3 наведені фактори прямого впливу на показники технологічності конструкцій із сталевих тонкостінних холодноформованих елементів.

Таблиця 3 – Вплив факторів на показники технологічності ЛСТК

| Фактори технологічності | Показники технологічності ЛСТК | | |
|--|--|--|---------------------|
| | Трудомісткість виготовлення елементів | Трудомісткість складання конструкцій | Вартість |
| 1. Властивості предмету праці (характеристики профілю) | | | |
| Всі елементи конструкції із С – профілів одного перерізу та товщини (з'єднання типу С+С) | Без переналагодження обладнання | Без сортування | |
| 2. Рівень розвитку засобів виробництва (характеристики ліній) | | | |
| Гнучкість вибору ПЗ (рівень уніфікації обладнання і ПЗ) | Терміни передачі інформації у обладнання | | |
| Бібліотеки типових вузлів | Трудомісткість проектування | | |
| Набор пресів для операцій над профілем | | Без розмічування і додаткових фіксуючих пристосувань | |
| Компактність | | | Без транспортування |

Висновки. Отже для підвищення технологічності виготовлення конструкцій із сталевих тонкостінних холодноформованих елементів необхідне виконання низки умов:

- наявність досить великої номенклатури однотипних виробів;
- однотипна технологія виготовлення;
- єдина сировинна база.

Видається перспективним впровадження та розвиток компактних мобільних виробництв ЛСТК на об'єктах будівництва на базі обладнання першого типу, які дозволяють зменшити витрати на доставку конструкцій.

Обмеженість ліній першого типу сортаментом вироблюваних профілів не знижує їх ефективність для серійного і індивідуального каркасно-щитового малоповерхового будівництва, а також для надбудов існуючих будівель.

Застосування виробничих ліній першого типу надає переваги майже у всіх аспектах в порівнянні з лініями для багатоповерхового будівництва, за рахунок поєднання високого рівня опрацювання і інтеграції ПЗ, наявності готових типових рішень панельних конструкцій, компактності і відносно простого виробництва, методів автоматизації складання і легкості монтажу.

В подальших дослідженнях доцільно розробити області раціонального застосування ЛСТК із С- профілів, що мають низьку матеріаломісткість при високій технологічності у виготовленні.

Список джерел

1. Хохрякова Д.О. Prefab – технологія з використанням ЛСТК і перспективи її розвитку в Україні. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2021. № 48(1). С. 62-74.

2. Фоков Р. И. Выбор оптимальной организации и технологии возведения зданий / Р. И. Фоков. – К.: Будівельник, 1969. – 192 с.

3. Выбор проектных решений в строительстве: Совместное издание СССР-ЧССР/ А.А. Гусаков, Э.П. Григорьев, О.С. Ткаченко и др.; Под. ред. А.А. Гусакова. – М.: Стройиздат, 1982. – 268 с.

4. Зверев В.В. Эффективные строительные металлоконструкции на основе объемно-формованного тонколистового проката (исследование, проектирование, изготовление) [Текст]: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.23.01 / Зверев Виталий Валентинович; Воронежская государственная архитектурно-строительная академия. - В., 2000. - 43 с.

5. Ульшин А.Н. Система оценки технологичности стальных стержневых конструкций на стадии проектирования/А.Н. Ульшин// Жилищное строительство. - 2011. - №11. - С. 43-44.

6. Ульшин А.Н. Исследование количественных показателей технологичности изготовления и монтажа стальных конструкций // Материалы 64-й международной научно-технической конференции молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства». СПб.: СПбГАСУ, 2011. С. 41–42.

7. Каплуновская М. А. Разработка методики оценки строительной технологичности при выборе эффективных вариантов конструкций на основе системотехники и бионики/ М. А. Каплуновская // Вісник ПДАБА. - 2011. - № 8 (161). – С. 43 - 47.

8. Тилинин Ю.И. Повышение технологичности монтажа каркасно-панельных быстровозводимых зданий/ Ю.И. Тилинин, Д.А. Животов, В.Ю. Тилинин// Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ». - 2021. - № 1 (35). - С. 34–37.

9. Дьячкова О. Н. Рациональное применение домостроительных технологий / О. Н. Дьячкова, Ю. И. Тилинин, В. А. Ратушин // Жилищное строительство. – 2020. – № 1–2. – С. 11–15.

10. Дмитриева Н. В. Факторная оценка энергоэффективного конструктивно-технологического решения из термопрофиля ЛСТК / Н. В. Дмитриева, И. П. Агафонова // Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини. - 2019. - № 23. - С. 33-41.

11. Прохожев Н.О. Влияние геометрических характеристик тонкостенных холодногнутых профилей на архитектуру быстровозводимых зданий/ Н.О. Прохожев // МНИЖ.- 2016. - № 8-4 (50). – С. 15 – 18.

12. ЛСТК: вибір обладнання для успішного бізнесу. [Електронний ресурс] – Асоціація Український центр сталевих будівництва, 2015 – Режим доступу: <https://uscc.ua/news/lstk-vybor-oborudovania-dla-uspesnogo-biznesa>.

13. Пособие по проектированию строительных конструкций малоэтажных зданий из стальных холодногнутых оцинкованных профилей (ЛСТК) / [АРСС, Ассоциация развития стального строительства]; под редакцией Назмеевой Т. В. – Санкт-Петербург: Первый ИПХ, 2021. – 238, [1] с.

References

1. Khokhriakova, D.O. (2021). Prefab – technology using light steel thin-walled structures and prospects for its development in Ukraine. [Prefab – tekhnolohiya z vykorystannyam LSTK i perspektyvy yiyi rozvytku v Ukrayini] Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn, 48 (1), P-p. 62-74. (in Ukrainian).

2. Fokov R. I. (1969) Selection of the optimal organization and technology of building construction. [Vybor optimal'noy organizatsii i tekhnologii vozvedeniya zdaniy] Budivel'nik, S. 192. (in Russian).

3. Gusakov A.A. (1982) The choice of design solutions in construction: Joint publication of the USSR-Czechoslovakia. [Vybor proyektnykh resheniy v stroitel'stve: Sovmestnoye izdaniye SSSR-CHSSR] Stroyizdat, S. 268. (in Russian).

4. Zverev V.V. (2000) Efficient building metal structures based on volumetrically molded sheet metal (research, design, manufacturing). [Effektivnyye stroitel'nyye metallokonstruktsii na osnove ob'yemno-formovannogo tonkolistovogo prokata (issledovaniye, proyektirovaniye, izgotovleniye)] Voronezhskaya gosudarstvennaya arkhitekturno-stroitel'naya akademiya, S. 43. (in Russian).

5. Ul'shin A.N. (2011) The system for assessing the manufacturability of steel bar structures at the design stage. [Sistema otsenki tekhnologichnosti stal'nykh sterzhnevnykh konstruktsiy na stadii proyektirovaniya] Zhilishchnoye stroitel'stvo, P-p. 43-44. (in Russian).

6. Ul'shin A.N. (2011) Research of quantitative indicators of manufacturability of manufacturing and installation of steel structures. [Issledovaniye kolichestvennykh pokazateley tekhnologichnosti izgotovleniya i montazha stal'nykh konstruktsiy]

Materialy 64-y mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh «Aktual'nyye problemy sovremennogo stroitel'stva», P-p. 41–42. (in Russian).

7. Kaplunovskaya M. A. (2011) Development of a methodology for assessing construction manufacturability when choosing effective design options based on systems engineering and bionics. [Razrabotka metodiki otsenki stroitel'noy tekhnologichnosti pri vybore effektivnykh variantov konstruktsiy na osnove sistemotekhniki i bioniki] *Vísnik PDABA*, № 8 (161), P-p. 43 - 47. (in Russian).

8. Tilinin YU.I. (2021) Improving the manufacturability of mounting frame-panel prefabricated buildings. [Povysheniye tekhnologichnosti montazha karkasno-panel'nykh bystrovozvodimykh zdaniy] *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya: nauchno-tekhnicheskyy zhurnal*, № 1 (35), P-p. 34–37. (in Russian).

9. D'yachkova O. N. (2020) Rational application of house-building technologies. [Ratsional'noye primeneniye domostroitel'nykh tekhnologiy] *Zhilishchnoye stroitel'stvo*, № 1–2, P-p. 11–15. (in Russian).

10. Dmitriyeva N. V. (2019) Factor assessment of energy-efficient structural and technological solution from the LSTK thermal profile. [Faktornaya otsenka energoeffektivnogo konstruktivno-tekhnologicheskogo resheniya iz termoprofilya LSTK] *Suchasni budivel'ni konstruktsiyi z metalu ta derevyny*, № 23, P-p. 33-41. DOI:10.31650/2707-3068-2019-23-33-41 (in Russian).

11. Prokhozhev N.O. (2016) Influence of geometric characteristics of thin-walled cold-formed profiles on the architecture of prefabricated buildings. [Vliyaniye geometricheskikh kharakteristik tonkostennykh kholodnogutykh profiley na arkhitekturu bystrovozvodimykh zdaniy] *MNIZH*, №8-4 (50), P-p. 15 – 18. (in Russian).

12. LSTS: choosing equipment for a successful business (2015) [LSTK: vybir obladnannya dlya uspishnoho biznesu] Ukrainian Steel Construction Center Association- URL: <https://uscc.ua/news/lstk-vybor-oborudovania-dla-uspesnogo-biznesa>. (in Ukrainian).

13. Handbook for the design of building structures of low-rise buildings from cold-formed galvanized steel profiles (LSTC) (2021) [Posobiye po proyektirovaniyu stroitel'nykh konstruktsiy maloetazhnykh zdaniy iz stal'nykh kholodnogutykh otsinkovannykh profiley (LSTK)] *Assotsiatsiya razvitiya stal'nogo stroitel'stva, Pervyy IPKH*, S. 238. (in Russian).

Annotation

Daria Khokhriakova, Associate professor of the Department of Construction Technologies, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Manufacturability factors of prefab - construction from steel thin-walled cold-formed elements.

The article systematizes the factors and their influence on the manufacturability of prefab structures from steel thin-walled cold-formed elements. It is known that LSTS are modern building structures that are efficient in terms of material consumption. Despite this, many of them, due to labor costs during manufacture and installation, are characterized by increased cost, and cannot always be considered technologically advanced. Since the study of manufacturability factors opens up new opportunities for their effective use in the design of objects from LSTS, the author classifies them into two groups: factors determined by the level of development of means of production; factors determined by the properties of objects of labor. As a result of a brief review of the development of manufacturability ideas, a number of provisions have been formulated regarding a clear distinction between factors and indicators of the manufacturability of objects and structures. Based on the performed comparative analysis, two types of equipment for the production of LSTS were identified: type I - for low-rise frame-panel construction; type II - for all options for the use of LSTS in construction, incl. for multi-storey and commercial construction. The efficiency of modern LSTS production depends on the following parameters: design time, time for transferring details to equipment, speed of the production process, production changeover time. It is noted that the speed of profiling is not a key parameter for the production of LSTS. More important is the issue of equipment readjustment to other profile sizes, which can cause significantly more time than the rolling process itself, and, accordingly, reduces the manufacturability of LSTS. A significant characteristic of a modern line, which ensures the manufacturability of the production of LSTS, is the presence of a minimum set of presses to perform the necessary operations on the produced profile (bulging, profile bending, cutout in the fabric, holes for screws, crimping of the ends of the profile), which reduce labor intensity and speed up the subsequent assembly of structures from steel thin-walled cold-formed elements. It seems promising to design LSTS only from C-profiles of the same section and thickness due to an increase in their manufacturability by eliminating such factors as changing equipment to a profile of a different type, sorting elements when assembling a bundle of panels, transporting structures from the factory when using compact lines directly on the construction site. It is substantiated that the use of lines of the first type is effective for the implementation of this approach.

Key words: LSTS; steel thin-walled cold-formed elements; equipment; manufacturability factors; C – profile.