

Довідка
про відсутність плагиату у випускній кваліфікаційній роботі

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія»

ДОВІДКА

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувана вищої освіти

Кириченка Микити Володимировича

на тему: Співставлення конструктивних варіантів прибудови до хірургічного комплексу в місті Маріуполь

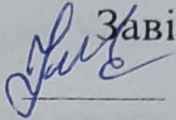
в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР, д.т.н., професор  _____ Дмитро БАННІКОВ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра Будівельне виробництво та геодезія

«ДО ЗАХИСТУ»

 Завідувач кафедри
Наталія НІКІФОРОВА

« 21 » листопада 2021

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво

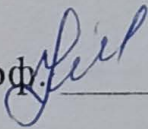
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма Промислове і цивільне будівництво

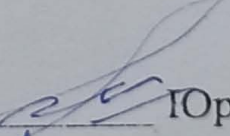
Тема Співставлення конструктивних варіантів прибудови до хірургічного комплексу в місті Маріуполь

Theme Comparison of constructive variants of an extension to a surgical complex in the city of Mariupol

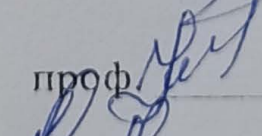
Керівник дипломної роботи

проф.  Дмитро БАННИКОВ

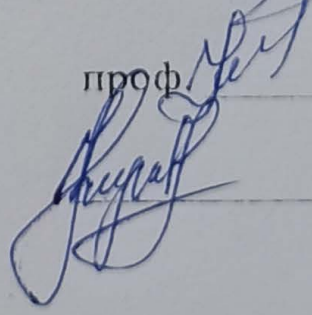
Керівник розділу охорони праці
та безпеки надзвичайних ситуацій

доцент  Юрій ЗАЯЦЬ

Нормоконтролер

проф.  Дмитро БАННИКОВ

Студент групи ПБ2021

 Микита КИРИЧЕНКО

Student

Kyrychenko Mykyta

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Факультет «Промислове та цивільне будівництво»

Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія», спеціалізація ОПП
«Промислове та цивільне будівництво»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

(підпис)

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття ОКР «магістр»
студента групи ПБ 2021 Кириченка Микити Володимировича
(номер групи) (ПІБ)

1. Тема магістерської дипломної роботи «Співставлення конструктивних варіантів прибудови до хірургічного комплексу в місті Маріуполь»

затверджена наказом по університету від «12» січня 2021р. № 04ст.

2. Термін подання студентом закінченої магістерської дипломної роботи

3. Вихідні дані до магістерської дипломної роботи 03.09.2021

(погоджені або надані керівником магістерської дипломної роботи та керівниками розділів)

Сортамент тонкостінних профілів .

4. Зміст магістерської дипломної роботи (перелік питань до розробки)

Передбачити порівняння матеріаломісткості конструкції (складської будівлі), яка запроєктована з тонкостінних оцинкованих профілів та гарячека-таного металу.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу)

Креслення складської будівлі, плакати

6. Розділи та керівники

Розділ	Керівник	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
РОЗДІЛ 1. Види сучасних громадських будівель	Банніков Д.О.		
РОЗДІЛ 2. РОБОТА АРКОВИХ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПОКРИВЛІ	Банніков Д.О.		
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	Заяць Ю.Л.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу магістерської дипломної роботи	Термін виконання	Обсяг розділу, %
РОЗДІЛ 1. ВИДИ СУЧАСНИХ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ	11.10.2021- 17.10.2021	30
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИБУДОВИ	08.11.2021- 14.11.2021	60
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	29.11.2021- 05.12.2021	100

Дата видачі завдання: «__» _____ 20__ р.

Керівник магістерської дипломної роботи

Завдання прийняв до виконання

Завідувачу кафедри «Будівельне виробництво та геодезія

РЕФЕРАТ

Дослідження проводилось Кириченком Микитою Володимировичем, дипломний керівник Банніков Дмитро Олегович. Магістерська робота на тему «Співставлення конструктивних варіантів прибудови до хірургічного комплексу в місті Маріуполь». Обсяг роботи складає 92 с. Робота складається з 3-х розділів та 5-ти додатків.

Предметом дослідження є колони та ферми з гарячекатаного прокату та тонкостінних профілів. Метою дослідження є порівняння колони та ферми у однакових умовах та визначення їх раціональності. У дослідженні розраховуються колони та ферми з ЛСТК та ГК. На основі отриманих металоємностей складаються таблиці ваги, за якими проводять порівняння досліджуваних варіантів. У заключній частині дослідження ми отримаємо результат порівняльного аналізу між ЛСТК та ГК, а також виявимо усі плюси та мінуси цих матеріалів приймаючи до уваги наші розрахунки.

Ключові слова: Балки, ферми, легкі сталеві тонкостінні профілі, , безшовні труби, зварні труби, колони, металоємкість.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. Види сучасних громадських будівель	5
1.1. Види та призначення громадських будівель	5
1.2. Особливості сучасних хірургічних комплексів	19
1.2.1. Об'ємно – планувальні рішення	19
1.3. Класичний сортамент сталевих гарячекатаних профілів.....	22
1.4. Сучасний сортамент легких сталевих тонкостінних профілів	25
1.5. Проблематика вибору конструктивних рішень.....	26
РОЗДІЛ 2. Розрахунки основних конструктивних елементів прибудови.	29
2.1. Вибір методу досліджень	29
2.1.2 Вихідні дані.....	29
2.1.3 Послідовність проведення досліджень	32
2.2 Вибір програмного забезпечення	32
2.2.1 Метод скінчених елементів.....	32
2.2.2 Використане програмне забезпечення	34
2.3 Збір навантажень	34
2.3.1 Власна вага.....	35
2.3.2 Вага покриття.....	35
2.3.3 Снігове навантаження.....	36
2.3.4 Вітрові навантаження.....	38
2.3.6 Результати розрахунків ефективних перерізів.....	40
2.4 Розрахункові моделі.....	42
2.6 Висновки	53
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	54
3.1 Вимоги безпеки праці під час монтажу легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) прибудови в місті Маріуполь.....	54
3.1.1 Небезпечні та шкідливі фактори під час монтажу ЛСТК конструкцій	55
3.1.2 Вимоги безпеки праці під час монтажу	56
3.1.3 Організація робочих місць	57

3.1.4 Вимоги до персоналу, що допускається до участі у виробничих процесах.....	59
3.1.5 Порядок виконання робіт	60
3.1.6 небезпечні зони машин і механізмів.	62
3.2 Дія працівників у аварійних ситуаціях	63
ВИСНОВОК.....	64
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТОК А	67
ДОДАТОК Б.....	70
ДОДАТОК В	77
ДОДАТОК Г	81
ДОДАТОК Д	92

ВСТУП

У сучасних умовах до будівництва висувають ряд вимог. Однією з головних вимог є його економічність, що потребує постійного зменшення кількості матеріалів та загальної ваги будівлі. Сталеві конструкції задовольняють цим вимогам, що стало однією з причин їх популярності. Сталеві конструкції можуть виконуватись за каркасною технологією. Наступним кроком до зменшення ваги конструкцій стало використання більш ефективного профілю.

Легкі Сталеві Тонкостінні Конструкції (ЛСТК) – це особливий клас будівельних металевих конструкцій, який виконується зі сталевих, переважно холодно формованих профілів товщиною до 4 мм включно, що широко застосовуються у різноманітних типах споруд.

У теперішній час між ЛСТК та гарячекатаними (далі ГК) профілями існує суттєва конкуренція. Оскільки профілі ЛСТК мають схильність до місцевої втрати стійкості, то область їх використання досить обмежена. Це пов'язано у першу чергу з їх товщиною і використанням концепції ефективного перерізу.

Метою роботи є порівняння металомісткості конструкції з ГК та з ЛСТК. Слід зауважити, що у дослідженні будуть використовуватись попередньо оцинковані профілі. Прикладом виступає неопалюваний склад, виконаний за допомогою арок.

В роботі сформульовано та вирішено наступні задачі:

- виконати розрахунок конструкцій з ЛСТК для прибудови до хірургічного комплексу в м. Маріуполь за ДБН В.2.6-198:2014;
- виконати розрахунок конструкцій з гарячекатаної труби у аналогічних умовах;
- порівняти металоємкість конструкцій з ГК та ЛСТК та визначити область ефективного використання кожної з технологій.

РОЗДІЛ 1. Види сучасних громадських будівель

1.1. Види та призначення громадських будівель

Усе, що побудовано для задоволення матеріальних, культурних і побутових потреб людини, має загальну назву – споруди. З числа різноманітних по призначенню і виду споруд виділяють велику їхню групу – будівлі, тобто наземні споруди, у яких передбачені приміщення, призначені для якої-небудь діяльності людей. Наприклад, будівлями є житлові будинки, школи, театри, гаражі, цехи заводів [1].

Згідно з [1] усі будівлі і споруди (далі будівлі, якщо не буде необхідності) мусять відповідати наступним вимогам: доцільності, архітектурним, функціональним, технічним, експлуатаційним, економічним, екологічним, спеціальним.

Вимога доцільності стосується будівель і споруд у цілому, їхніх структурних частин і окремих елементів, композиційних, об'ємно-планувальних і конструктивних рішень тощо. Під час проектування керуються нормами і правилами, у яких зосереджені історичний досвід, сучасні науково-технічні досягнення і настанови технічної політики, що забезпечують раціональні, безпечні й економічні рішення. Доцільність – найбільш загальна вимога, їй підлеглі усі інші. Архітектурні вимоги стосуються будівель і споруд в аспекті відповідності їх певному призначенню, що задовольняють естетичні потреби людей. Вимоги ці вельми різноманітні і містять такі сторони, як історичний, соціальний, національний, етнічний, ландшафтний, побутовий і інші, що вивчають у дисциплінах з архітектурного проектування, історії архітектури, ландшафтної архітектури, соціології тощо. Під функціональними (або технологічними) вимогами мають на увазі відповідність процесам, що протікають у будівлях чи спорудах, тобто відповідність їхнім призначенням. Будівля, зокрема, має забезпечувати комфортне середовище для людини при здійсненні їм функцій, для яких ця будівля призначена по усіх своїх параме-

трах. Такими параметрами є: габарити приміщень, їхній склад, взаємне розташування і зв'язок; стан повітряного середовища (температура, вологість, кратність повітрообміну і ін.); характеристики природного освітлення; звукового режиму, захисту від шуму; інженерно-технічне (тепло-, водо-, електро-, газопостачання, кондиціонування повітря тощо) і санітарно-технічне устаткування (холодне і гаряче водопостачання, водовідведення) і ін. Функціональним вимогам мають відповідати, у першу чергу, технічні. Технічні вимоги містять, зокрема, інженерні: забезпечення розрахункової міцності, жорсткості та стійкості будівель і споруд. Міцність – збереження працездатності будівельних конструкцій без їхнього руйнування під дією навантажень; жорсткість – опір конструкцій у вигляді деформацій (малих переміщень) під дією навантажень; стійкість – здатність будівлі зберігати під дією навантажень первісну (проектну) геометричну форму. Будівлі повинні мати також витривалість, тобто збереження працездатності під дією гармонічних (з перемінним знаком) навантажень, та забезпечувати надійність, тобто здатність безвідмовно виконувати інженерні і інші функції протягом заданого терміну їхньої служби. Окрім того, до технічних відносять також вимоги щодо капітальності, тобто довговічності та вогнестійкості (протипожежні) будівель і споруд. Довговічність – передбачений проектом термін працездатності будівлі за умови їх нормальної експлуатації. Протипожежні – регламентують певні об'ємно-планувальні, конструктивні рішення і інші заходи у відношенні їхньої пожежної безпеки. Важливе місце в технічних вимогах займають санітарно-технічні, що пред'являють до фізичних якостей середовища перебування людини: температури і вологості повітря в приміщеннях, їх чистоти, задоволенню звукового і зорового комфорту, забезпеченню достатньої інсоляції та природного освітлення приміщень [1].



Рис.1.1. Класифікація будівель за функціональними призначеннями



Рис.1.2. Класифікація громадських будівель [2]

1. Будинки, споруди та приміщення закладів дошкільної освіти

- заклади дошкільної освіти загальнорозвивіючі і комплексуючого типу (спеціальні та санаторні);
- заклади дошкільної освіти, об'єднані із закладом загальної середньої освіти I, I-II, I-III ступенів [2].

В Обухівці Дніпровської області збудували надсучасний дитячий садочок. Для України заклад унікальний – він енергоефективний, має оригінальну архітектуру, сучасний дизайн, меблі та все необхідне для гармонійного розвитку дітей.



Рис. 1.3. Садочок в Обухівці Дніпровської області

2. Будинки, споруди та приміщення закладів освіти:

- заклади загальної середньої освіти та спеціалізовані школи I, I-II, I-III ступенів;
- загальноосвітні спеціальні та санаторні школи-інтернати;
- міжшкільні навчально-виробничі комбінати (міжшкільні ресурсні центри);
- заклади позашкільної освіти;
- професійні (професійно-технічні) заклади освіти;
- заклади вищої освіти;
- заклади післядипломної освіти;

- заклади загальної середньої освіти та спеціалізовані школи I, I-II, I-III ступенів [2].

Загальна висота навчальних корпусів, кількість поверхів приймаються в залежності від функціональних вимог і містобудівних умов. Більшість будівель вищих навчальних закладів запроектовані до 9-ти поверхів.

Глибина навчальних приміщень як правило приймається не менше 6,0 м. За умов гнучкої планувальної структури бажано використовувати великопрогонні приміщення 7,2 – 9,0 м. Архітектурно-планувальні рішення навчального корпусу значною мірою залежить від типу об'ємно-просторової структури лекційних аудиторій. Аудиторні блоки часто проектуються у формі трапеції, сектору або овального контуру. Нестандартне покриття великопрогонних аудиторій також може збагатити архітектурну виразність навчального комплексу [2].

У місті Дніпро зазнав змін проект головного корпусу університету Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара. У 2007-му році його фасад реконструювали, виконавши фасад в стійково-ригельній системі.



Рис.1.4. Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара



Рис.1.5 Інноваційний парк UNIT.City в м. Київ [2]



Рис.1.6 Центр митрополита Андрія Шептицького в м. Львів

Новітній інформаційно-ресурсний центр, що включає в себе бібліотеку, суспільний простір, навчальні приміщення та адміністративні приміщення університету [2].

3. Будинки, споруди і приміщення охорони здоров'я та відпочинку:

- лікувально-профілактичні заклади;
- медико-профілактичні заклади;
- установи судово-медичної експертизи;
- аптечні заклади;
- санаторії та санаторії-профілакторії;
- заклади відпочинку та туризму;
- готелі, мотелі, кемпінги та інші засоби тимчасового розміщення (проживання) [2].

4. Будинки, споруди і приміщення фізкультурно-оздоровчі та спортивні:

- відкриті фізкультурно-спортивні споруди;
- криті споруди та будинки;
- фізкультурно-спортивні та фізкультурно-оздоровчі комплекси [2].

Як приклад є у Києві реконструкція фізкультурно-оздоровчого комплексу на вулиці Райдужній, 33-А у Дніпровському районі [3].



Реконструкція фізкультурно-оздоровчого комплексу на вул. Райдужній, 33-а у Дніпровському районі міста Києва.



Рис. 1.7. Фізкультурно-оздоровчий комплекс

5. Будинки, споруди та приміщення культурно-видовищних, дозвіллевих та культових закладів:

- бібліотеки;
- музеї та виставки;
- заклади дозвілля (клуби, центри культури і дозвілля тощо);
- видовищні заклади (театри, концертні зали, кінотеатри, цирки, тощо);

- культові будинки, споруди та комплекси [2].



Рис.1.8.Концертна зала Награ розташована у портовій частині Рейк'явіка

За задумом архітектора Оляфура Еліассона, на сталевий каркас базальтового відтінку нанизані скляні стільники різної форми. Вмонтовані у них світлодіоди заломлюють зовнішнє світло — так скляний фасад відображає небо й води заливу. Водночас завдяки легким сталевим конструкціям, скляним стінам та асиметричному декору інтер'єр Харпи наповнений небувалою легкістю та світлом [4].

6. Будинки, споруди та приміщення підприємств торгівлі та харчування:

- підприємства роздрібно́ї торгівлі;
- торговельні та торговельно-розважальні центри;
- культові будинки, споруди та комплекси [2].

У 2021 році в Україні планують відкрити нові торгово-розважальні центри Retroville, Ocean Mall, бізнес центр в м. Київ «Magnet» та інші.



Рис.1.9. Бізнес центр «Magnet»

7. Будинки, споруди та приміщення підприємств побутового обслуговування:

- комплексні підприємства побутового обслуговування;
- лазні, лазнево-оздоровчі комплекси;
- хімчистки та пральні [2].

8. Будинки, споруди та приміщення закладів соціального захисту населення:

- територіальні центри соціального обслуговування, будинки нічного перебування, центри реінтеграції, соціальної адаптації, соціальні готелі;
- будинки-інтернати загального та спеціального типу;
- центри зайнятості населення [2].

Об'ємно-планувальні рішення будинків і споруд закладів соціального захисту населення повинні формуватися згідно з вимогами державних норм «ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення»,

відповідати санітарно-гігієнічним і протипожежним нормам. При розробленні конструктивних рішень будинків, що зводяться в особливих умовах будівництва, слід керуватися «ДБН В.1.1-5-2000 Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах» і «ДБН В.1.1-12-2014 Будівництво у сейсмічних районах України». Огороджувальні конструкції слід проектувати згідно з «ДБН В.2.6-31-2016 Теплова ізоляція будівель». [2]

Планувальне рішення будинків повинно забезпечувати безперешкодний та зручний доступ маломобільних мешканців чи відвідувачів до приміщень, зон і місць, які призначені для них, відповідно до вимог «ДБН 363-92. Житлові будинки для осіб похилого віку сільської місцевості України» і «ДБН В.2.2-17:2006 «Будинки і споруди. Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення».

Приміщення в будинках закладів соціального захисту населення поділяються на дві основні групи: житлові приміщення; обслуговуючі приміщення [5].

У Раївці на Дніпропетровщині повним ходом триває будівництво малого групового (МГБ) для дітей-сиріт, що стане абсолютно протилежною альтернативою інтернату [6].





Рис. 1.10. Інтернат на Дніпропетровщині

9. Будинки, споруди та приміщення науково-дослідних установ, проектних і громадських організацій та управління:

- науково-дослідні інститути (за винятком значних спеціальних споруд);
- проектні та конструкторські організації;
- інформаційні центри;
- установи органів управління;
- суди і прокуратура, нотаріально-юридичні заклади;
- правоохоронні організації (податкові служби, митниця);
- установи громадських організацій;
- установи кредитування, страхування та комерційного призначення;
- банки і банківські сховища;
- архіви та депозитарії [2].

Як прикладом є Держпром або Будинок Державної промисловості в м. Харків — пам'ятка архітектури в стилі конструктивізму, одна з трьох харківських висоток, збудована впродовж 1926—1928 років. Для будівництва вперше у світі були розроблені і застосовані точні розрахунки складних просторових рамних залізобетонних конструкцій. Автори нового способу (графоаналітичний метод постійних точок) — харківські інженери-конструктори А. В. Прейсфрейнд і М. М. Пайков [7].



Рис. 1.11. Будинок державної промисловості

10. Будинки, споруди та приміщення транспорту, призначені для безпосереднього обслуговування населення:

- вокзали усіх видів транспорту;
- контори обслуговування пасажирів та транспортні агенства, касові павільйони [2].

Класифікація сучасних вокзалів базується на ряді однорідних ознак: за видами використовуваного транспорту, пропускної здатності, категоріям пасажирів, положенню на транспортній магістралі. За цими ознаками можна

виділити: залізничні, річкові й морські вокзали, авто і аеровокзали; малі, середні, великі і великі вокзали, одночасно обслуговуючі відповідно від 25 до 300, 300-700, 700-1500 і більше 1500 пасажирів; призначені для різних категорій пасажирів - місцевих, приміських, транзитних, далеких, міжнародних; розміщені в кінцевих пунктах (тупикові), між великими станціями і портами (вузлові і проміжні). Відрізняються вокзали головним чином рішеннями перонів, які обумовлюються видами використовуваних транспортних засобів (поїзд, літак, автобус, морські і річкові судна та ін.) [2].

11. Будинки, споруди та приміщення комунального господарства (окрім виробничих, складських та транспортних будинків і споруд):

- крематорії;
- житлово-експлуатаційні заклади;
- громадські туалети [2].

12. Багатофункціональні будинки та комплекси, що включають приміщення різного призначення [2].

Офісний комплекс «Технопарк» у м. Львів складається з модульного вікна і стіни, яка визначає параметричну структуру фасаду. Дизайн фасаду розроблений з використанням вентильованого фасаду і оздоблювального матеріалу - фіброцементу. Мотив фасаду - модульний ритм, глибина фасаду - 300 мм. Головний акцент буде зроблений на скляному панорамному ліфті, який виходить за межі будівлі і розділяє його на дві частини. Провідні архітектори: Володимир Есипчук, Олександр Беценко [8].



Рис. 1.12.

Особливості сучасних хірургічних комплексів

Об'ємно – планувальні рішення

ПОВЕРХОВІСТЬ БУДИНКІВ, ВИСОТА ПОВЕРХІВ

Кількість поверхів будинків у сейсмічних районах слід визначати згідно з ДБН Б.2.2-12, у решті закладів охорони здоров'я – відповідно до ДБН В.2.2-9 [9].

Висота приміщень має бути не менше: - для палат – 3,0 м; - для приміщень, де відбувається приготування їжі – 3,0 м; - для ізоляторів – 2,75 м; - для приміщень, в яких не перебувають пацієнти та працівники закладів охорони здоров'я – 2,3 м; - для приміщень медичного призначення – 3,0 м;

- для приміщень медичного призначення в амбулаторіях – 2,4 м; - для приміщень з нестандартним технологічним обладнанням (рентгеноопераційні, кабінети променевої терапії) — за технологічними вимогами згідно медичного завдання; - для приміщень зони постачання, утилізації і зони розміщення транспорту — за технологічними вимогами на обладнання та транспортну техніку згідно медичного завдання [9].

Опорядження приміщень закладів охорони здоров'я необхідно проектувати відповідно до ДБН В.1.1-7, ДБН В.2.2-9, ДБН В.2.6-31, пр ДБН В.2.2-10 :2019 15 ДБН В.2.6-33 та санітарних норм і регламентів. У операційних, маніпуляційних, ендоскопічних кабінетах, палатах для ізоляції хворих на інфекції, що передаються повітряним шляхом, та шлюзах, спеціалізованих чистих приміщеннях, у палатах "безпечного середовища" та шлюзах, а також у стерилізаційних має застосовуватися гігієнічне не пористе, антистатичне покриття для підлоги, яке забезпечує можливість вологого прибирання, дезінфекції, та є стійким до впливу ультрафіолету, транзитного та стаціонарного навантаження. Стики покриття для підлоги повинні бути герметичними. При використанні рулонних покриттів, краї рулону біля стін повинен бути заведений на стіни на висоту 10-15см. Шви між примикаючими один до одного листами лінолеуму повинні бути герметичними. Дозволяється застосовувати підвісні, підшивні і інші види стель в приміщеннях класу чистоти А і Б, а також приміщеннях з вологим режимом, окрім натяжних стель, за умови, що матеріал стелі згідно технічних характеристик є корозійностійким з можливістю проведення вологого прибирання, очистки, дезінфекції. Підвісна стеля в операційних, наркозних, реанімаційних залах та палатах інтенсивної терапії, післяопераційних палатах, фармацевтичних лабораторіях, що виготовляють ліки з небезпечними складовими, лабораторій біотехнології та інших спеціалізованих чистих приміщень повина бути герметичною.

Конструкція повинна при необхідності забезпечити доступ в простір між підвісною стелею і перекриттям для обслуговування інженерних систем. Вбудовані світильники повинні монтуватися врівень із стелею [9].

Підлога в операційних, наркозних, реанімаційних залах, палатах інтенсивної терапії, післяопераційних палатах, пологових залах та інших приміщеннях, визначених в медичному завданні, повинна бути безіскровою, антистатичною, герметичною, з можливістю проведення вологопрДБН В.2.2-15:2019 16 го вбирання, очистки, дезінфекції агресивними миючими та дезінфікуючими засобами.

В опорядженні будинків необхідно використовувати біоматеріали згідно з ДБН В.1.1-7, ДБН В.2.6-31, ДБН В.2.6-33 [9].

Опорядження приміщень, пов'язаних з роботою із радіоактивними речовинами і іншими джерелами іонізуючих випромінювань, рентгенівських кабінетів, кабінетів електросвітлолікування, стоматологічних, офтальмологічних кабінетів, клінічних і біохімічних лабораторій та інших функціональних приміщень, специфіка роботи яких вимагає спеціальних умов, має бути виконана згідно з ДГН 6.6.1-6.5.001. Опорядження стін, перегородок і підлоги рентгенівських кабінетів і кабінетів електросвітлового лікування керамічними плитками не допускається. У разі забезпечення вимог щодо чистих приміщень з вимогами щодо радіаційної безпеки та захисту, необхідно дотримуватись вимог гігієнічного опорядження огорожуючих конструкцій та радіаційного захисту [9].

В закладах стаціонарного лікування влаштовуються гладкі монолітні стелі для спрощення прокладання інженерних мереж.

ДОСТУПНІСТЬ ДЛЯ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ

Заклади охорони здоров'я мають бути спроектовані, зведені та обладнані таким чином, щоб попередити ризик отримання пацієнтами та персоналом травм при пересуванні всередині і біля закладу охорони здоров'я.

В умовах нового будівництва рівень підлоги входів в будівлі закладів охорони здоров'я приймається на рівні позначки тротуару біля входу в будівлю. В умовах реконструкції допускається обладнувати входи пандусом (при висоті перепаду до 40 см) або іншим пристроєм для маломобільних груп населення згідно з ДБН В.2.2-40, що забезпечує можливість підйому людей з інвалідністю на рівень входу до будівлі, його 1-го поверху або пр ДБН В.2.2-10 :2019 17 ліфтового холу. Такий вхід повинен бути захищений від атмосферних опадів; перед ним слід влаштовувати майданчик розміром не менше 1 м x 2,5 м з дренажем. В місцях, де змінюється спосіб переміщення пацієнта (пішки, візок, каталка) згідно медичного завдання передбачаються зони або приміщення для зберігання інвентаря, що мають на меті покращення та підтримку мобільності пацієнта, його незалежної діяльності [9].

Класичний сортамент сталевих гарячекатаних профілів

Сортамент (сортимент, асортимент) - це перелік продукції, розділений по видах (сортам), марках, профілях, розмірах. Сортамент прокату металів - список усіх видів прокатних профілів з технічними характеристиками, зібраний в одній книзі, підручнику, посібнику, збірці ГОСТів, ДСТУ. Довідник може бути представлений в електронному вигляді, як інтернет програма "Металургійний калькулятор", що виконує швидкий розрахунок ваги (кг, тони) по довжині (метри). Такими таблицями металів зручно користуватися усім, можна безкоштовно скачати потрібну інформацію прямо з сайту. Онлайн довідник сталі у формі таблиці потрібний як фахівцям, так і простому обивателю, перед якими встає завдання розрахунку ваги металу, розрахунку вартості перевезення металу і труб, вибору транспорту для перевезення будівельних конструкцій, розрахунку маси металу по елементах конструкцій, розрахунку маси металоконструкцій, визначення ваги по площі, об'єму, розмірам по довжині прокатних виробів [10].

Сортамент металопрокату дозволяє знайти необхідний розмір і вагу металопрокату по ГОСТу. Число, вказане в таблиці сортаменту металу навпроти розміру, і є вага одного погонного метра прокатного виробу. Довідкові таблиці перевodu металопрокату дуже зручні як для виробників прокату із сталі, виробників металоконструкцій, так і для покупців металевих виробів, яким важливо знати скільки коштує 1 метр прокату по вартості 1 тонни металу. Сортний прокат металу у формі таблиці показує скільки важить 1 м арматури, скільки маса кутника, швелеру, круга сталевих, вага погонного метра труби, квадрата, шостигранника, а також переводить теоретичну вагу в кілограмах металопрокату в метри. Ці дані дозволяють робити розрахунки маси прокатного виробу по його розмірах, і навпаки, по вазі погонного метра можна легко визнати розміри металопрокату. Прокатні профілі для металевих конструкцій використовуються при виготовленні металоконструкцій. Виробники металопрокату пропонують різноманітні види сортаменту прокатного металу і цін металовиробів. Сортним прокатом може бути і куточок, листи, металеві труби, швелер, сталевий квадрат, і багато інших профілів. Уся ця продукція металургійних заводів робиться, враховуючи усі вимоги сучасної технології. В довіднику сталі існує багато різних видів металопрокату. Сортаменти профілів для металевих конструкцій можуть відрізнятися один від одного не лише своєю якістю, але і маркою сталі конструкції. Також бувають і різні види сталевих прокатів, відмінність яких полягає в технології виготовлення профілів. Наприклад, в довіднику металопрокату існують наступні види металу: холоднокатаний лист, гарячекатаний лист, сталеві труби профільні або круглі, швелер, балка двотаврова, гнутий кутник, гарячекатаний круг, сталевий квадрат, та інші профілі. Листовий прокат може бути представлений як в листах, так і в рулонах, які використовують при виготовленні металевих опор освітлення, смугах, стрічках. Але усі різновиди металопрокату зазвичай об'єд-

нують в групи. Наприклад, сортовий, фасонний і листовий метал. Теоретична маса металопрокату використовується при виготовленні металоконструкцій для розрахунку ваги металевого виробу по розмірах, для чого використовуються довідникові дані ваги металопрокату, ГОСТ, сортамент сталевих прокату. У довіднику представлені дані теоретичної ваги металу: куточок рівнобокий і нерівнобічний, питомої ваги сталі листової, труби, швелера, квадрата, двотаврової балки, прутка, арматури, гнутих профілів і питома маса багатьох інших металевих виробів. Сортамент усього сталевих прокату представлений в онлайн довіднику металопрокату у формі таблиці питомої ваги металів по ГОСТ. В таблицях сортаменту прокатного металу, за способом виготовлення сталевий прокат розділяють на гарячекатаний, холоднокатаний метал і гнутий профіль з листового прокату. Гарячекатаний прокат виготовляється шляхом проходження металевих заготовок під тиском через прокатний стан. Гнуті профілі робляться методом вигину листів металу на спеціальних прокатних верстатах. Гарячекатаний сталевий прокат є міцнішим, ніж холоднокатаний. До того ж він стійкіший до дії різних навантажень. Весь прокат металу в довіднику постачальника складається з багатьох різних видів сталевих прокату. Усі сортаменти профілів з металу можуть відрізнятися один від одного не лише своєю якістю, кількістю (повний, скорочений, малий сортамент) але і маркою сталі. Також бувають різні види прокату металу, уся відмінність яких полягає в технології виготовлення. Наприклад, існують наступні види прокату металу: сортамент холоднокатаного листа, гарячекатаний лист, сталеві смуги. Листовий метал може бути представлений в сталевих листах 1,5х6 метрів, які використовують при виготовленні металевих ємностей. Різновиди листового прокату, в основному, виготовляються з сталі марок 08КП і ЗСП/ПС - чорний металопрокат. Увесь сортамент сталевих труб, арматури, двотавров робиться з чорного металу: сталі ЗСП/ПС, 65Г, сталь 45, а також з нержаві-

ючої сталі: 10ХСНД, 15ХСНД та ін. Усі різновиди металопрокату в довіднику металіста зазвичай розділені на групи. Наприклад, тут ви можете скачати сортамент усіх типів прокатних сталевих профілів в таблиці: круглого прокату, сортамент арматури, шостигранника, квадрата, сталевих кутників рівнополочного, нерівнополочного куточка, гнутих профілів. Розрахувати масу швелерів, двутаврів гарячекатаних, розрахувати вагу кутників гнутих, профільних труб квадратних, прямокутних, безшовних труб гарячедеформованих, електрозварюваних, фасонної і листової сталі, смуги чорного, кольорового, нержавіючого прокату металу. Довідник допоможе знайти яку вагу має метал в метрі (маса 1 п. м.) по розмірах лінійних, по площі перерізу, по сумарній довжині визначити вагу. Погонна вага металу дуже потрібна в будівельному світі. Сьогодні існує досить велика кількість виробників металу, які використовують вже готовий металопрокат, яким важливо знати скільки важить 1 метр металу по ГОСТ. А для цього виробники металоконструкцій потребують в таблицях ваги металопрокату, довідниках які допоможуть швидко розрахувати масу металевої продукції. Але щоб в усій різноманітності зберігався порядок і чесна конкуренція, то увесь сталевий прокат, що поступає на ринок повинен відповідати ГОСТам і стандартам України ДСТУ: сортамент труб, сортамент двутаврів, сортамент швелера, сортамент куточків, сортамент арматури та ін. Це звичайно ГОСТ металопрокату, ДСТУ, який визначає параметри прокату. Прокатні вироби залежно від свого призначення мають різні форми поперечного перерізу - профілю. Прокатні профілі розрізняються за формою і розмірам. Таблиця сортаменту прокатних виробів дуже різноманітна [10].

Сучасний сортамент легких сталевих тонкостінних профілів

Легкі сталеві тонкостінні конструкції – це конструкції виконані з тонкостінних профілів товщиною до 3 мм. Профілі виконують П, С, Z, та Ω подібною формою. На рисунку 1.20 наведено деякі види тонкостінних профілів.

Сам профіль виготовляють за допомогою гнуття сталевого попередньо оцинкованого листа. Профіль може бути перфорованим для покращення його теплоізоляційних характеристик. З'єднання виконують за допомогою самонарізуючих гвинтів (саморізів) чи болтів. Приклад з'єднання наведений на рисунку 1.21, а приклад будівлі на рисунках 1.22 – 1.25 [11].

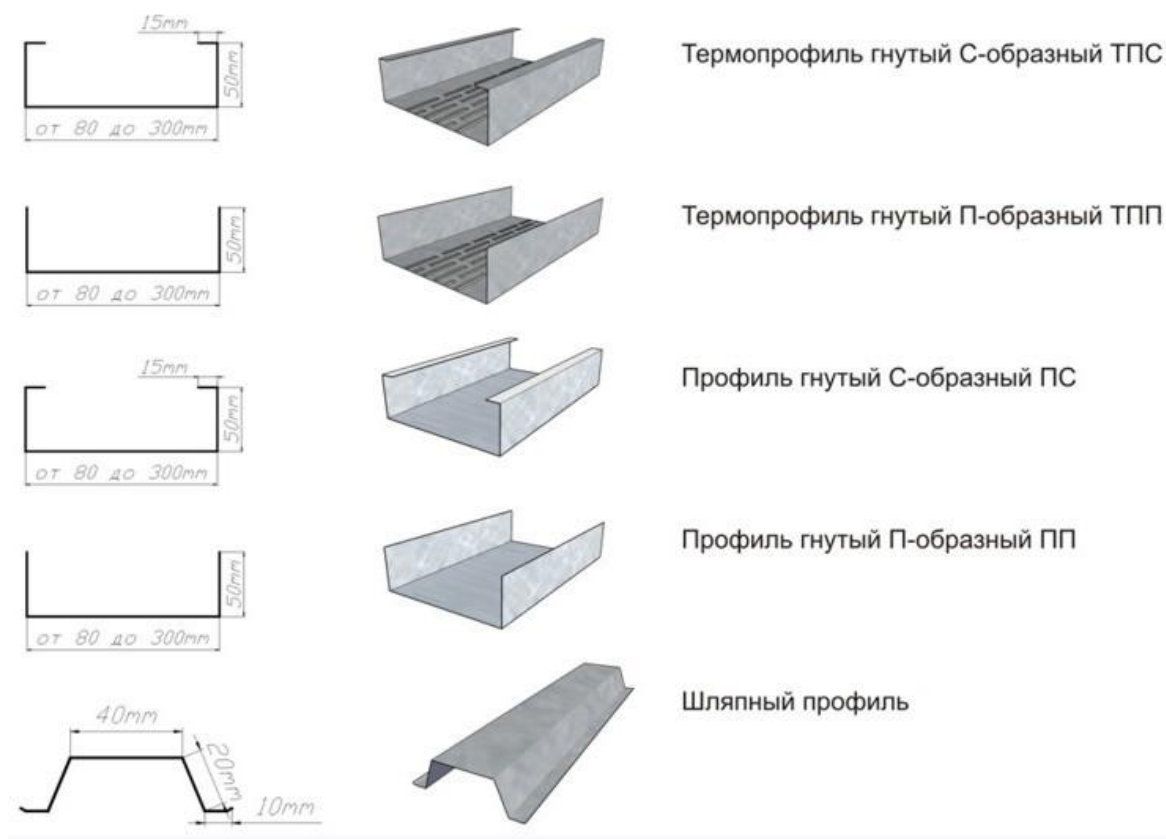


Рисунок 1.13 - Приклади профілів ЛСТК

Для розрахунку профілів ЛСТК використовувався сортамент ТУ У В.2.6 – 24.3 -37452010-002:2015[13], витяг з якого наведений у додатку В. У розрахунках характеристичний опір прийнятий рівним 210 МПа [11].

Проблематика вибору конструктивних рішень

Економічні, комерційні, виробничі та інші будівлі та споруди тепер все частіше споруджуються не з цегли чи залізобетону, а з оцинкованого металу або заліза. Такі будівлі:

Вони будуються швидше, ніж традиційні, тому їх називають швидко-зними;

- на 30% дешевше за ціною;

- не потребує масивного фундаменту, тому їх можна будувати де завгодно.

Крім того, каркасні технології дозволяють реалізацію найбільш складних проектів і мають безліч інших переваг, які можна знайти тут.

Однак виникає питання: Що краще — технології ЛСТК (легкі сталеві тонкостінні конструкції) або використання чорних металевих конструкцій?

ЛСТК являє собою металеву конструкцію з холодного оцинкованого оцинкованого профілю товщиною 1.5-3 мм. Використання кондуїту з оцинкованого металу має багато переваг як над традиційними будівельними технологіями, так і над чорними металоконструкціями:

Мала вага несучої рами робить можливим зменшення транспортного об'єму. Це означає, що елементи структури будуть доставлятися більш швидко замовнику;

Це також означає, що установка буде простою і швидкою, що призведе до економії праці;

Болтові з'єднання використовуються в зборі. Демонтувати або пере-модельовати частини будівлі набагато легше, ніж в інших випадках;

Перевагою цієї технології є також зменшення металу з 25% до 50% у порівнянні з чорними металоконструкціями.

Отже, технологія ЛСТК є швидкою і недорогою. Він міцний, довговічний, стійкий. Це можливість використовувати модельні проекти (дешевше) або індивідуальні, стільки, скільки вам подобається.

Це ідеальний вибір для побудови:

- Сільськогосподарські будівлі (птахофабрики, комплекси КРС);
- Склади, овочеві прилади;
- СТО, торговий центр і багато іншого.

ЛМК (легкі металеві конструкції) — чорний металевий профіль товщиною 8-40 мм. Швидкобудівні будівлі також можуть бути виготовлені з ЛМС. Будівельні технології відрізняються, але не стільки в порівнянні з

традиційними методами. Основна відмінність полягає в матеріалах, що використовуються.

Основними перевагами ЛМК над ЛСТК є:

- Менше ніж структурний крок, що також економить метал і робить будівництво дешевшим;
- Менше з'єднувальних елементів;

Зварку можна використовувати під час операції для додавання (видалення) елементів. Для деяких це частіше, ніж болтові суглоби; Деякі джерела стверджують, що основні вантажонесучі елементи більш міцні, коли є серйозні пошкодження (наприклад, навантажувач на складі заградив опору).

Можливо, ще існує роль споживчої психології. Зварний двоствольний 20-40 мм просто виглядає «потужнішим» і надійнішим, ніж тонкий оцинкований профіль. Фактично все залежить від дотримання технології ЛСТК, від виготовлення елементів до монтажу будівлі. Якщо його зустріти, то несучі конструкції ЛСТК не менш міцні, ніж у ЛПК.

Проблема вибору? Без проблем!

Як це? Це дуже просто. Елементи з оцинкованого металевого кондуктора можуть поєднуватися з елементами з чорного металу. Переваги обох були перераховані вище. Зібрати їх усіх разом і отримати всі переваги! Але, найголовніше, все залежить від індивідуальних запитів клієнта. Можливо, ці запити більше відповідають технології ЛСТК. Може, ЛМК. Або поєднання їх. Головне – зробити саме те, що задумав замовник, сприятиме зростанню його бізнесу, збільшенню прибутку.

РОЗДІЛ 2. Розрахунки основних конструктивних елементів прибудови.

Вибір методу досліджень

2.1.2 Вихідні дані

У дослідженні розраховуються колони та ферми у прибудови розмірами 15х6 (м) (Рис. 2.1).

У дослідженні застосовуються різні профілі і відповідні сортаменти. Для безшовних гарячекатаних труб використовується «Труби сталеві безшовні горячедеформовані, ГОСТ 8732-78», витяг наведений у додатку А. Для зварних труб використовується «Труби електрозварні прямошовні за ГОСТ 10704-91», витяг наведений у додатку Б. Для профілів ЛСТК використовується «Профілі та деталі сталеві гнуті для будівництва. Технічні умови. ТУ У В.2.6 – 24.3 -37452010-002:2015», витяг наведений у додатку В. На основі об'ємно – планувального рішення була сформована блочна модель будівлі для подальших розрахунків методом скінченних елементів (рис. 2.3).

Документ А3

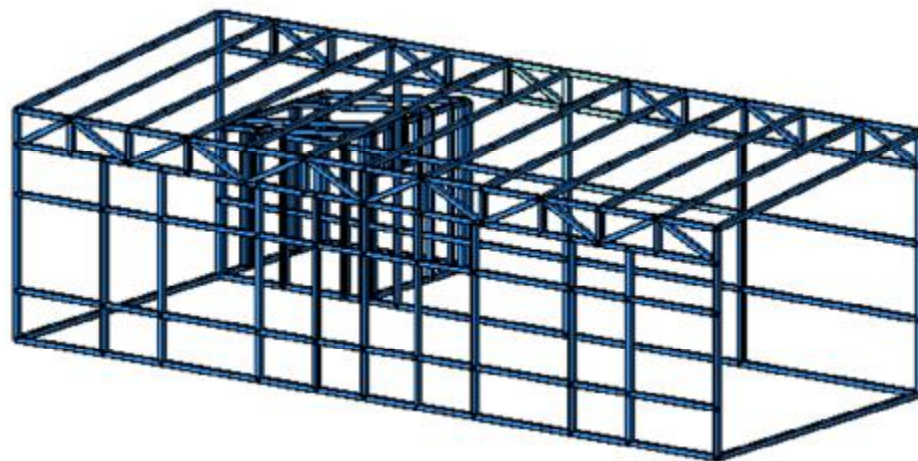


Рис.2.2 Модель ЛІРА САПР

.1.3 Послідовність проведення досліджень

1. Розробка схеми у програмному комплексі ЛІРА.
2. Збір природньо-кліматичних навантажень та власної ваги згідно ДБН В.1.2-2:2006.
3. Складання відповідних комбінацій навантажень для схем.
4. Виконання розрахунку.
5. Підбір перерізу профілю.
6. Складання таблиць металоємкості.
7. Аналіз отриманих результатів.
8. Висновок.

2.2 Вибір програмного забезпечення

На сучасному ринку програмного забезпечення багатий вибір інженерних комплексів для інженерних розрахунків та розрахунків конструкцій. Прикладом іноземних комплексів є NASTRAN, ANSYS, CATIA, Advance steel, Tekla та інших. На вітчизняному ринку найбільш популярними є системи SCAD та ЛІРА [12].

2.2.1 Метод скінчених елементів

Останнім часом для розрахунку будівельних конструкцій за допомогою комп'ютерів широкого поширення набув метод скінчених елементів (МСЕ). Суть цього методу закладена в його назві: розрахункову систему розбивають на певне число окремих частин скінчених розмірів (скінчених елементів), що мають ті ж фізико-механічні характеристики, що й задана конструкція. Після цього точно або наближено вивчають напружено-деформований стан кожного скінченого елемента методами, відомими в будівельній механіці і теорії пружності: сил, переміщень або змішаним, з метою визначення в залежності від прийнятого методу аналізу зусиль, або переміщень, або і того і іншого в точках з'єднання скінчених елементів між собою

(вузлах). Ці фактори приймають в якості основних невідомих методу скінченних елементів. Для знаходження невідомих складають і вирішують систему алгебраїчних рівнянь, як правило, дуже високого порядку (десятки, сотні тисяч і мільйони рівнянь) [13].

У практичних розрахунках будівельних конструкцій та об'єктів машинобудування найбільш поширений варіант МСЕ, заснований на ідеї методу переміщень, тому обмежимося розглядом цієї форми методу. Метод скінчених елементів в переміщеннях виявився дуже пристосованим до використання в комп'ютерах, так як при аналізі окремих скінчених елементів доводиться мати справу з простими геометрично подібними об'єктами, стандартно закріпленими по контуру. Матриця системи алгебраїчних рівнянь в даному випадку є симетричною, стрічковою і позитивно визначеною. Таку систему відносно легко вирішувати. Застосування ж, наприклад, варіанту МСЕ в формі змішаного методу або методу сил не завжди призводить до систем рівнянь з симетричними позитивно певними матрицями. Їх рішення проводиться, як правило, за допомогою спеціальних більш складних алгоритмів [13].

При реалізації методу скінченних елементів в переміщеннях в якості основних невідомих приймають обов'язково поступальні переміщення, а в деяких скінченоелементних моделях - додатково і кути повороту в вузлах [13].

Підхід до розрахунку міцності, заснований на МСЕ в переміщеннях, є єдиним як для дискретних (стрижневих) систем, так і для континуальних: пластин, оболонок, масивних тіл. Різниця полягає лише в застосовуваних основних типах скінчених елементів: стрижневих, плоских трикутних і чотирикутних, аналогічних оболонкових, криволінійних оболонкових і об'ємних [13].

Стрижневі елементи можуть бути з шарнірами на кінцях, що працюють тільки на розтяг і стиск, згинаються, плоскі і просторові та загального

вигляду, які сприймають всі види деформацій: розтяг, стиск, вигин, зрушення в двох площинах і кручення [13].

Плоскі елементи можуть деформуватися в своїй площині (плоска задача теорії пружності) або з площини (задача згину пластини). Плоскі оболонкові елементи поєднують обидва види деформації: у своїй площині і з площини, але не враховують взаємовпливу цих видів деформацій. Криволінійні оболонкові елементи враховують взаємодію двох видів деформацій, точніше описують задану геометрію досліджуваної системи, але в реалізації виявляються більш громіздкими [13].

Об'ємні скінчено-елементні моделі мають форми пірамід, призм, паралелепіпедів або аналогічних криволінійних тіл. Їх зазвичай застосовують в розрахунках масивних об'єктів: гребель, мостових опор, масивів ґрунту і т.д., тобто там, де потрібно рішення об'ємної задачі теорії пружності [13].

2.2.2 Використане програмне забезпечення

У наступному дослідженні використовувалась система ЛПРА. ЛПРА – це багатофункціональний програмний комплекс, призначений для проектування і розрахунку будівельних конструкцій різного призначення. Розрахунок виконується на статичні (силові і деформаційні) і динамічні дії. Виконується підбір або перевірка перетинів сталевих і (або) залізобетонних конструкцій [14].

Для виконання розрахунків вибір виконувався між SCAD та ЛПРА, як програмним забезпеченням враховуючим існуючі нормативні документи, маючим зрозумілу документацію та задовільний набір можливостей. Оскільки ЛПРА має конструктор тонкостінних перерізів та була наявна електронна база профілів ЛСТК, обрана була саме ЛПРА [14].

Збір навантажень

2.3.1 Власна вага

Для будівлі були прийняті в розрахунок власна вага каркасу (рис. 2.3) будівлі з $k=1,05$ для врахування наплавленого металу та елемента вузлів каркасу.

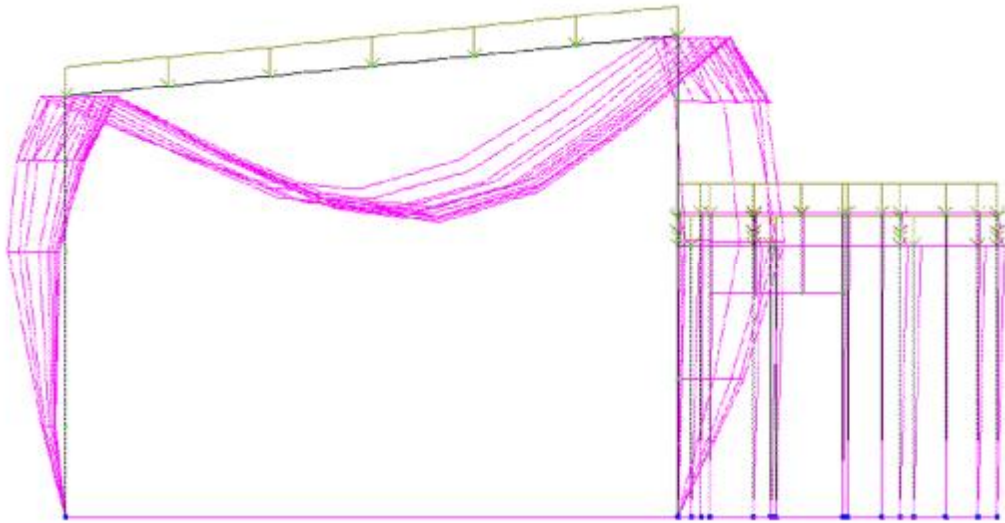


Рис.2.3

2.3.2 Вага покриття

Розрахунок постійних навантажень від власної ваги наведено у табл. 2.1

Таким чином, характеристичне значення навантаження від власної ваги покрівлі дорівнює $q_0 = 0,31$ кПа. [15]

Розрахункове граничне значення цього навантаження з урахуванням коефіцієнту відповідальності за ДБН В.1.2-2:2006 [4] дорівнюватиме:

$$q_{fm} \times \gamma_n = 0,378 \times 1,1 = 0,416 \text{ кПа.}$$

Таблиця 2.1

Постійні навантаження від власної ваги				
№	Шар покрівлі	Характеристичне значення q_0 , кПа	Коефіцієнт надійності γ_{fm}	Граничне розрахункове значення q_{fm} , кПа
1	Сендвіч панель	0,31	1,10	0,378
	Сума	0,31		0,378

2.3.3 Снігове навантаження

Снігове навантаження – це навантаження, яке виникає в наслідок ваги снігу. Снігове навантаження є довготривалим навантаженням. Розрахунок ведеться за першим та другим критичними станами, а саме напруженнями та прогинами. Згідно ДБН В.1.2-2:2006 формула максимального снігового навантаження має вигляд:

$S_m = \gamma_{fm} * S_0 * C$, де: (1.1)

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням снігового навантаженням.

S_0 – характеристичне значення снігового навантаження (в Па).

Коефіцієнт C визначається за формулою $C = \mu * C_e * C_{alt}$, де (1.2)

μ – коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю.

C_e – коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі.

C_{alt} – коефіцієнт географічної висоти.

На карті показані снігові регіони зі значенням характеристичного тиску снігу. Позначками 1 та 2 показані точки, для яких велись розрахунки у дослідженні. Сама карта характеристичного навантаження має вигляд:

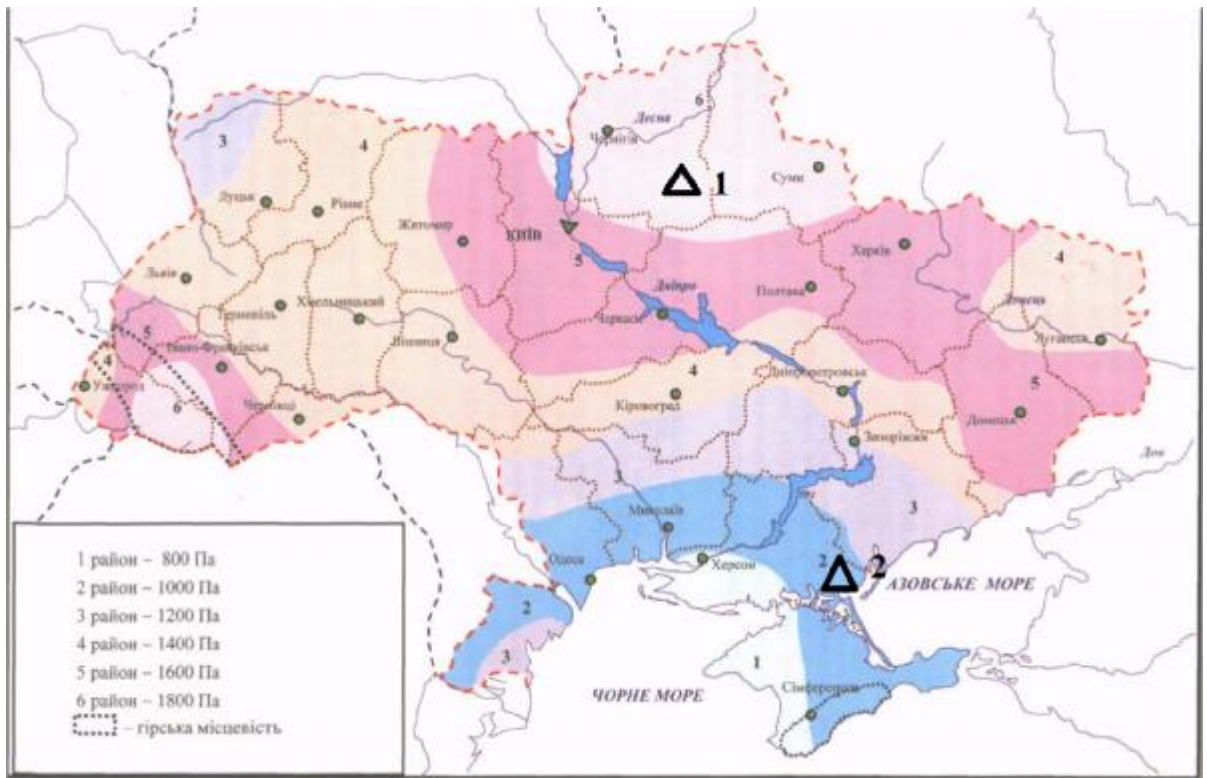


Рисунок 2.4 - Карта снігового районування (витяг з ДБН В.1.2-2:2006)

Схема навантаження для сегментних арок приймається згідно схеми 1 варіанту 1, а саме:

Схема 1. Будинки з односхилими та двосхилими покриттями

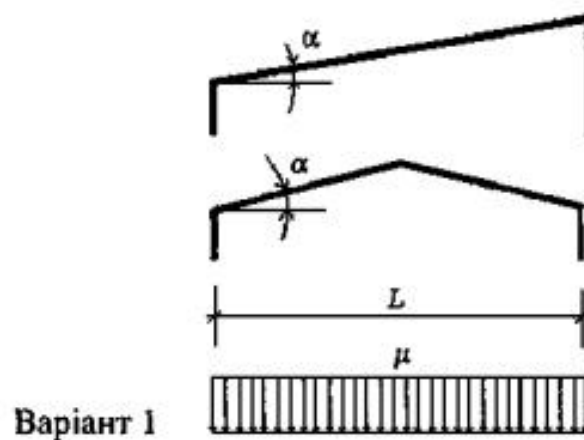


Рис. 2.5. Схема снігового навантаження для заданої будівлі

2.3.4 Вітрові навантаження

Вітром називають сукупність горизонтальних рухів повітря відносно земної поверхні. До основних характеристик, що описують вітер, належать швидкість та напрям вітру [9].

Вітрове навантаження – це навантаження, яке виникає в наслідок дії вітру.

Вітрове навантаження є короткотривалим, також як і для снігу коефіцієнт надійності прийнятий 1.0. Вітрове навантаження розраховується за формулою:

$$W_m = \gamma_{fm} * W_0 * C, \text{ де} \quad (1.3)$$

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням вітрового навантаження.

W_0 – характеристичне значення вітрового тиску.

Коефіцієнт C визначається за формулою $C = C_{aer} * C_h * C_{alt} * C_{rel} * C_{dir} * C_d$, де (4)

C_{aer} - аеродинамічний коефіцієнт.

C_h - коефіцієнт висоти споруди.

C_{alt} - коефіцієнт географічної висоти.

C_{rel} - коефіцієнт рельєфу.

C_{dir} - коефіцієнт напрямку.

C_d - коефіцієнт динамічності.

Позначками 1 та 2 показані точки, для яких велись розрахунки у дослідженні. Карта характеристичного вітрового навантаження виглядає так:

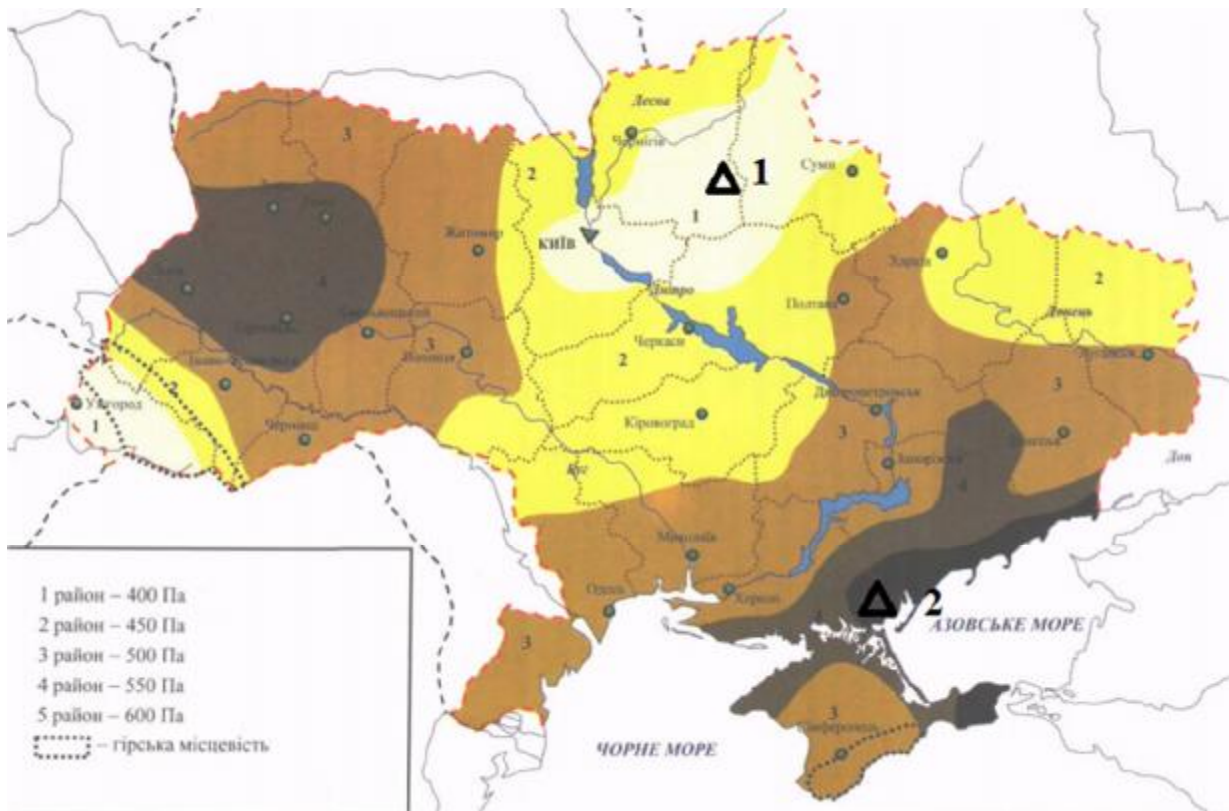


Рисунок 2.6 – Карта вітрового районування (витяг з ДБН В.1.2-2:2006)

2.3.5 Перевірка профілю ЛСТК

Згідно п. 8.3.5. ДБН В.2.6-198:2014[17] розрахунок ЛСТК повинен виконуватись за додатком Д. Результатом розрахунку є розрахункова площа перерізу A_d .

Оскільки профіль ЛСТК найбільше схожий на швелер, то формула виглядає так:

$$A_d = A - (h_{ef} - h_d) t_w, \text{ де} \quad (2.1)$$

A – площа перерізу;

t_w – товщина профілю;

h_{ef} і h_d – розрахункова і зменшена висота стінки, розташованої паралельно площині, у якій перевіряється стійкість.

Зменшена висота стінки розраховується за формулою:

$$h_d = t_w * \lambda_{uw} * \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \text{ де} \quad (2.2)$$

λ_{uw} – гранична умовна гнучкість стінки;

Для прикладу розрахунку виберемо тонкостінний профіль з наступними характеристиками:

- висота перерізу 200 мм
- ширина полки 65 мм
- висота відгину полки 25 мм
- номінальна товщина 2 мм
- фактична товщина 1.96 мм

Площа перерізу даного профілю складає $A = 7.28 \text{ см}^2$. Згідно ДБН отримуємо

$$h_d = 0.196 * 1 * \sqrt{\frac{20600}{35}} = 4.755 \text{ см}$$

$$A_d = 7.28 - (20 - 4.755) * 0.196 = 4.29 \text{ см}^2$$

У додатку Д приведено витяг з ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3 (єврокоду 3), що демонструє розрахунок аналогічного перерізу.

Результатом розрахунку є розрахункова площа 4.59 см^2 .

Результати розрахунків ефективних перерізів

Порівняння розрахункової площі: за ДБН – 4.29 см^2 , за єврокодом – 4.59 см^2 . На підставі меншої площі за ДБН та більш простого розрахунку всі наступні розрахунки будуть проводитись за ДБН. Результати розрахунків найпопулярніших профілів наведено у таблиці 2.1.1.

Таблиця 2.1.1. - Порівняння фактичних та розрахункових перерізів

Найменування	Фактична площа, см ²	Розрахункова площа, см ²	Відсоток ефекти- вності, %
ПСс-04 60/1,2	2.533	2.264	89.3

ПСС-04 60/1,4	2.934	2.707	92.2
ПСС-04 60/2,0	4.102	4.154	100
ПСС-02 80/1,2	2.293	1.784	77.8
ПСС-02 100/1,2	2.533	1.784	70.430
ПСС-02 100/1,4	2.934	2.1478	73.2063
ППС-02 100/1,4	2.934	2.1478	73.2063
ПСС-03 150/1,2	3.373	2.024	60.006
ПСС-03 150/1,4	3.914	2.427	62.030
ПСС-03 150/2,0	5.502	3.754	68.244
ПСС-03 200/1,2	3.973	2.024	50.944
ППС-03 200/2,0	6.502	3.754	57.748
ПСС-03 200/2,0	6.502	3.754	57.748
ПСС-03 250/1,2	4.573	2.0240	44.260
ПСС-03 250/1,4	5.314	2.427	45.688
ПСС-03 250/2,0	7.502	3.754	50.050
ПСС-04 80/1,2	2.773	2.264	81.644
ПСС-04 80/1,4	3.214	2.707	84.252
ПСС-04 80/2,0	4.502	4.154	92.288

2.4 Розрахункові моделі

Для аналізу та розрахунку візьмемо одну колону та ферму. (рис. 2.7 - 2.8):

- Підбір перерізу колони з ЛСТК(рис. 2.7);
- Підбір перерізу колони з ГК;
- Підбір перерізу ферми з ЛСТК(рис.2.8);
- Підбір перерізу ферми з ГК;



Рис. 2.7



Рис. 2.8

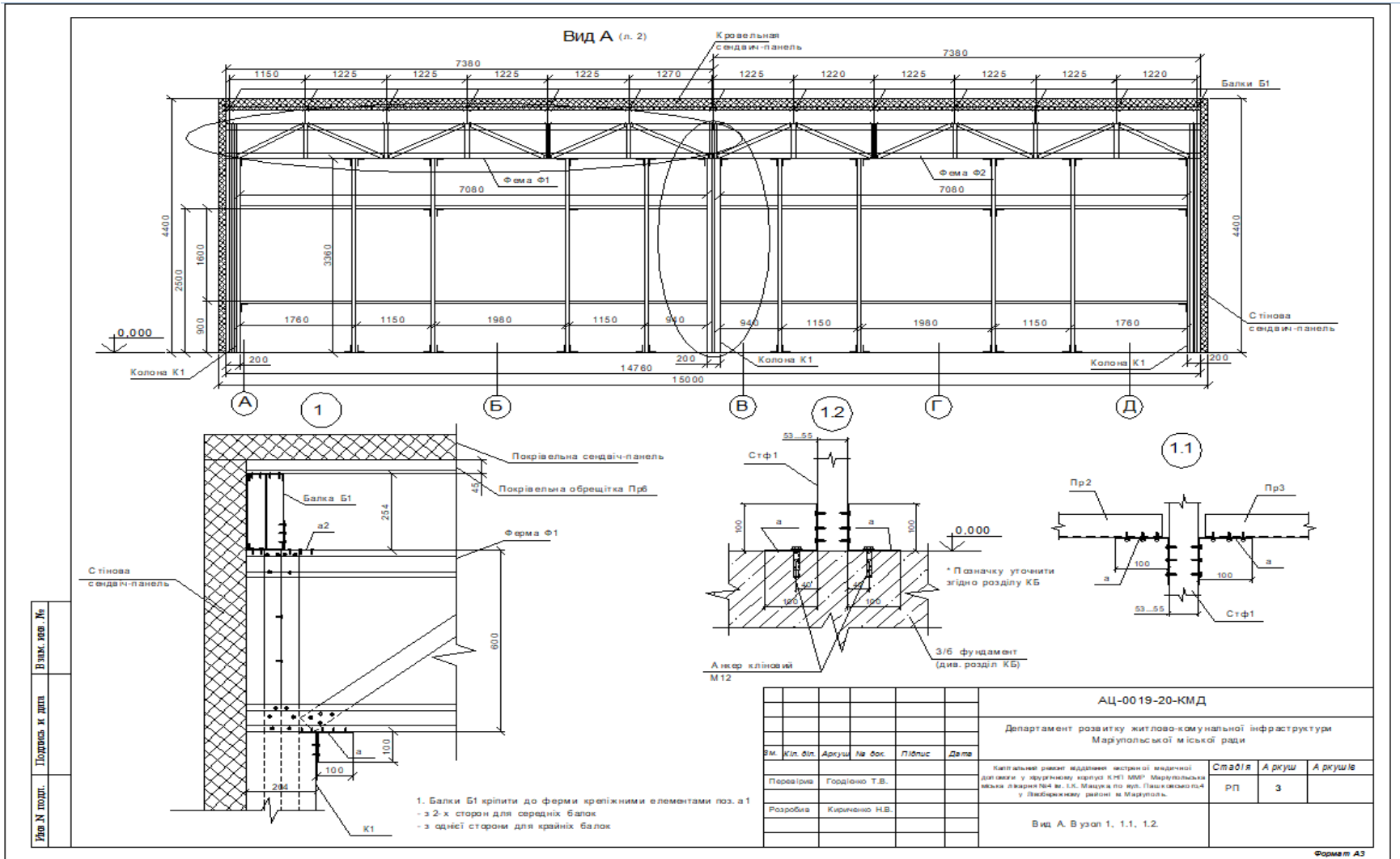


Рис. 2.9

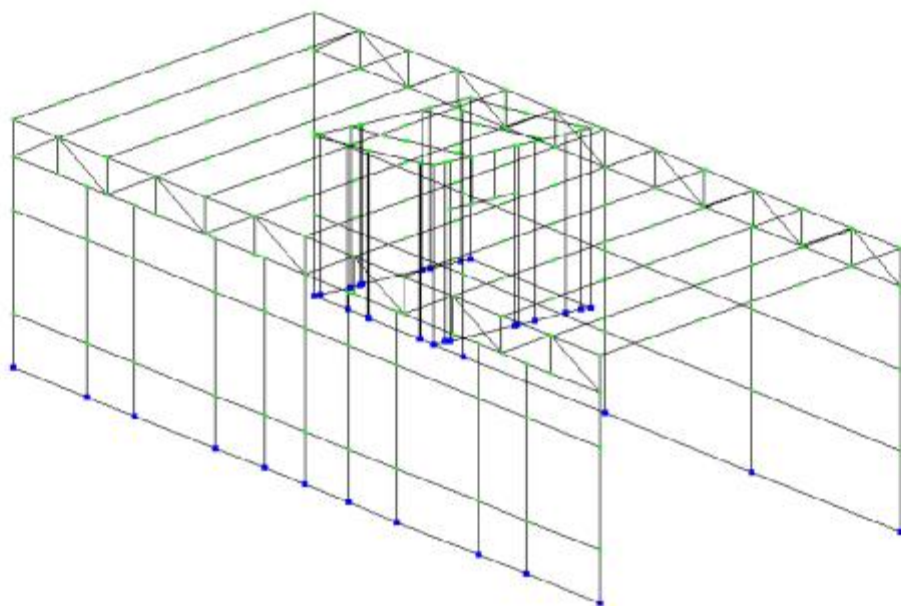


Рис. 2.10 Розрахункова схема у комплексі LIRA

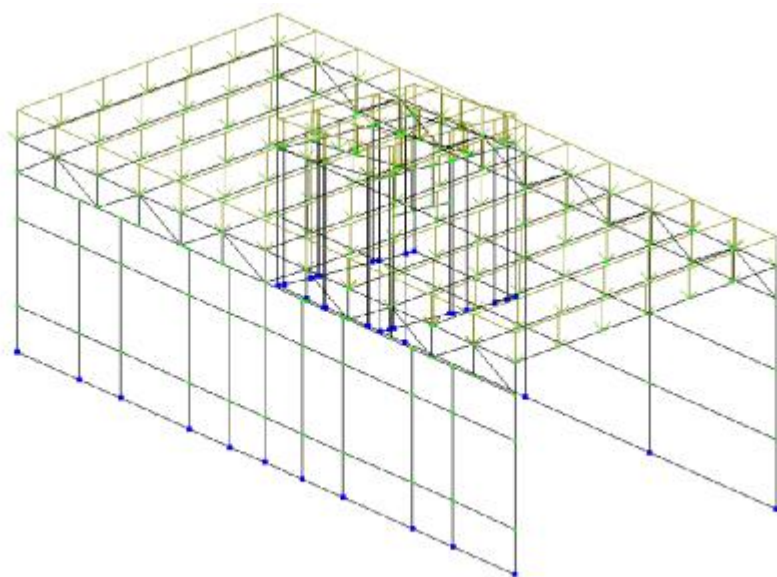


Рис. 2.11 Схема навантаження від снігу

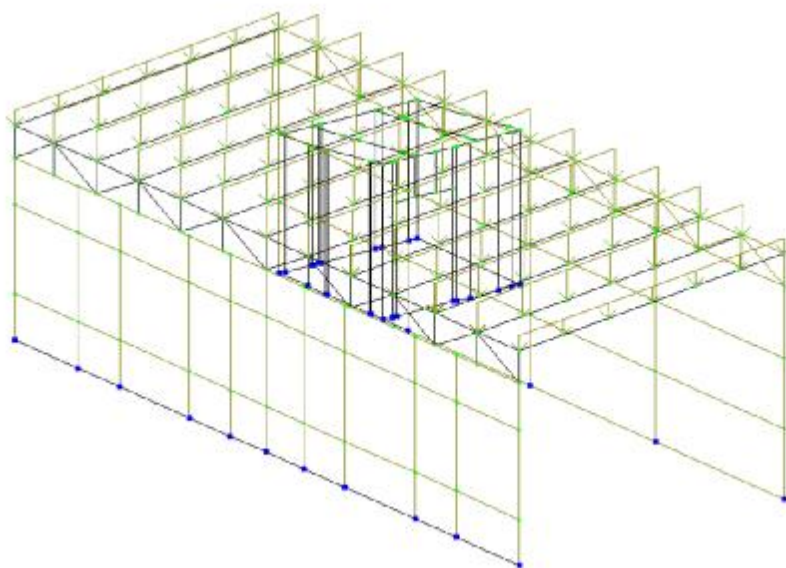


Рис. 2.12 Схема навантаження від сендвіч панелей

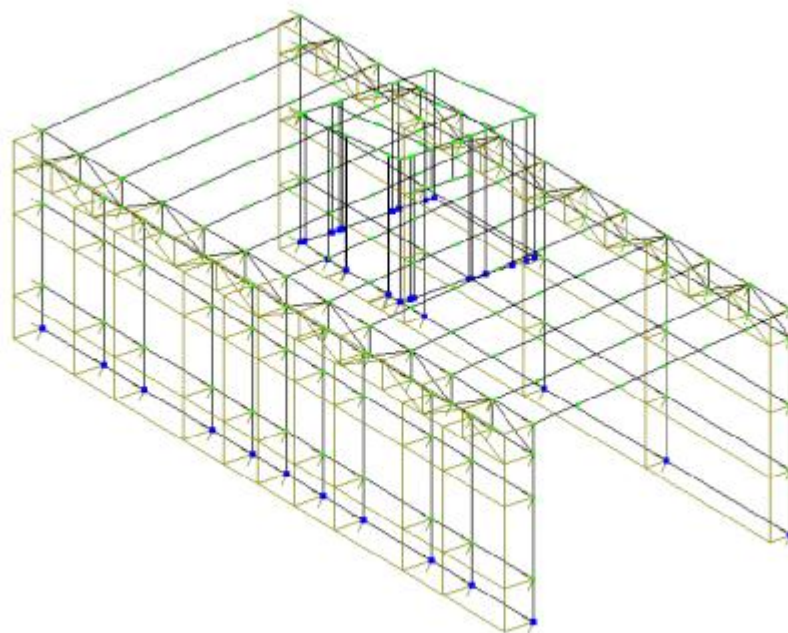


Рис. 2.13 Схема навантаження від вітру

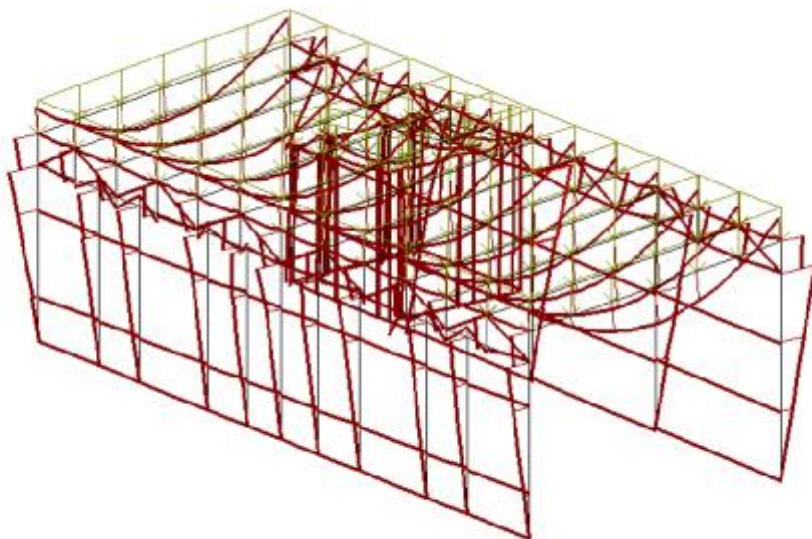


Рис. 2.14 Згинальні моменти конструкції від снігового навантаження

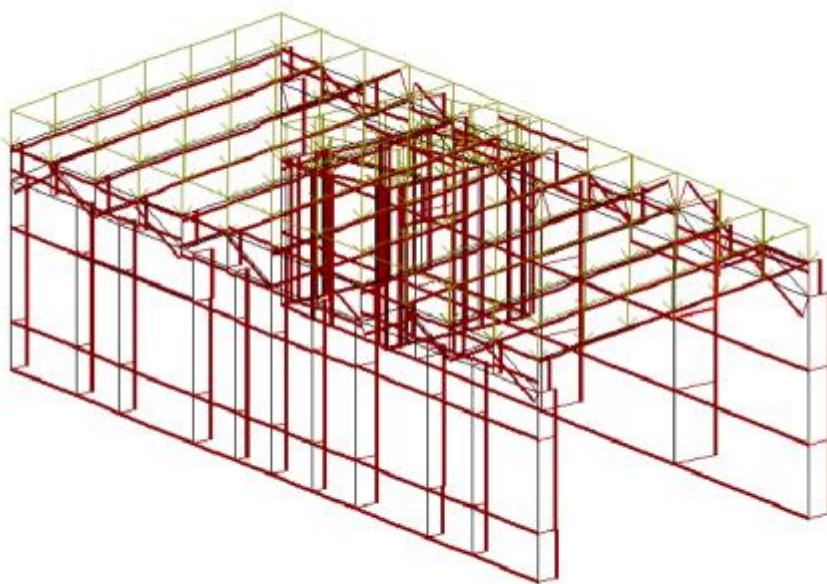


Рис. 2.15 Повздовжні зусилля конструкції від снігового навантаження

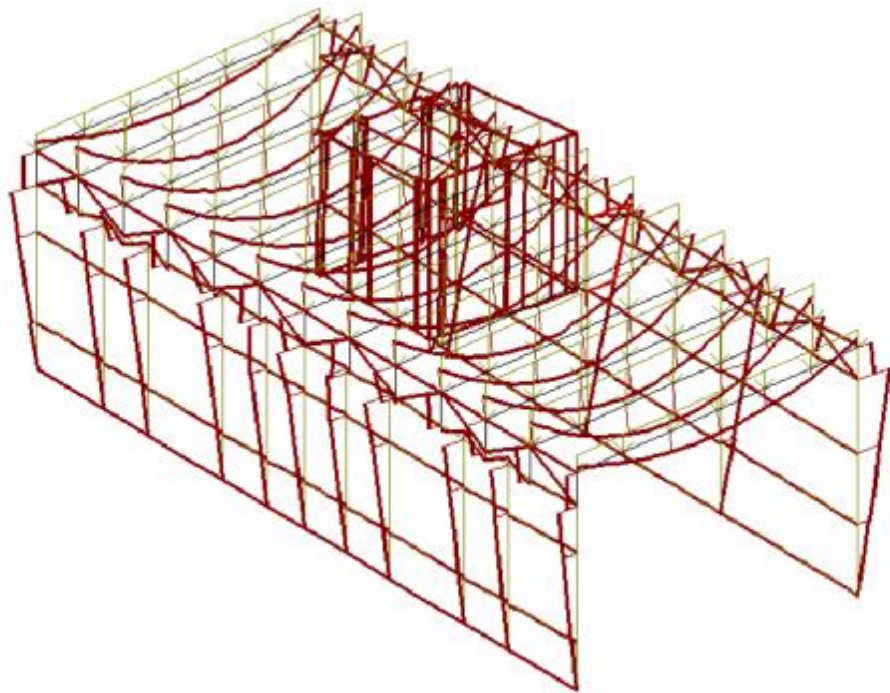


Рис. 2.16 Згинальні моменти конструкції від навантаження сендвіч панелей

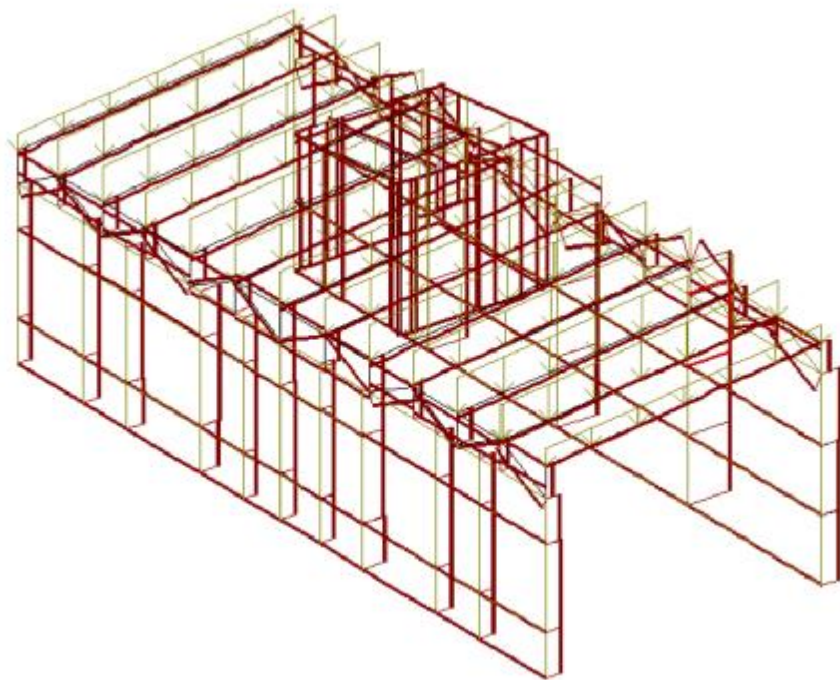


Рис. 2.17 Повздовжні зусилля конструкції від навантаження сендвіч панелей

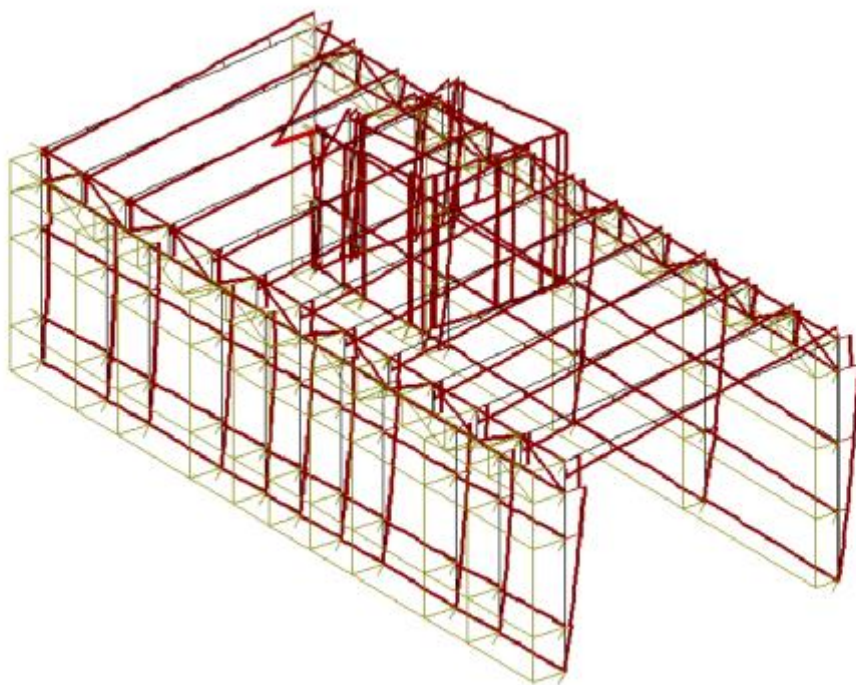


Рис. 2.18 Згинальні моменти конструкції від вітрового навантаження

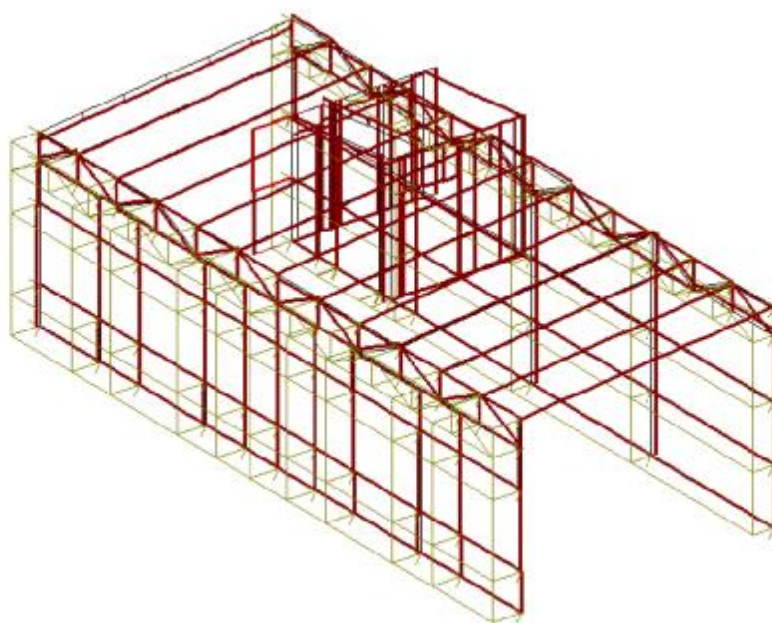


Рис. 2.19 Повздовжні зусилля конструкції від вітрового навантаження

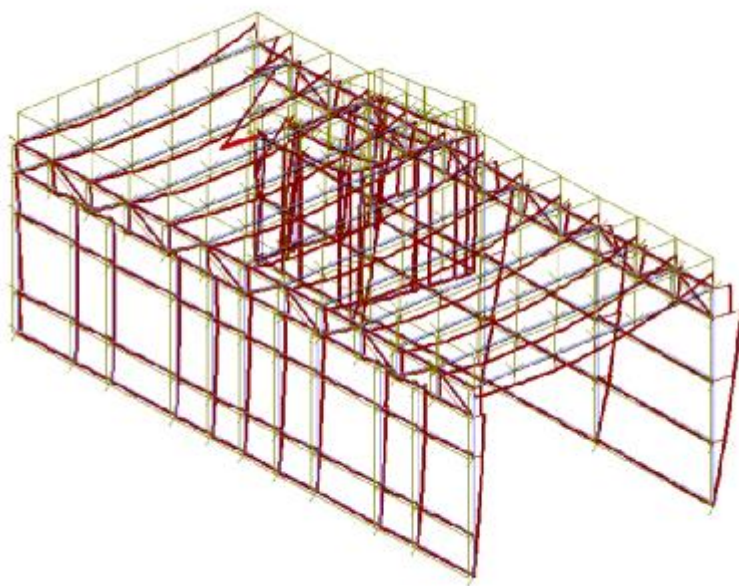


Рис. 2.20 Згинальні моменти від комбінації снігового та вітрового навантаження

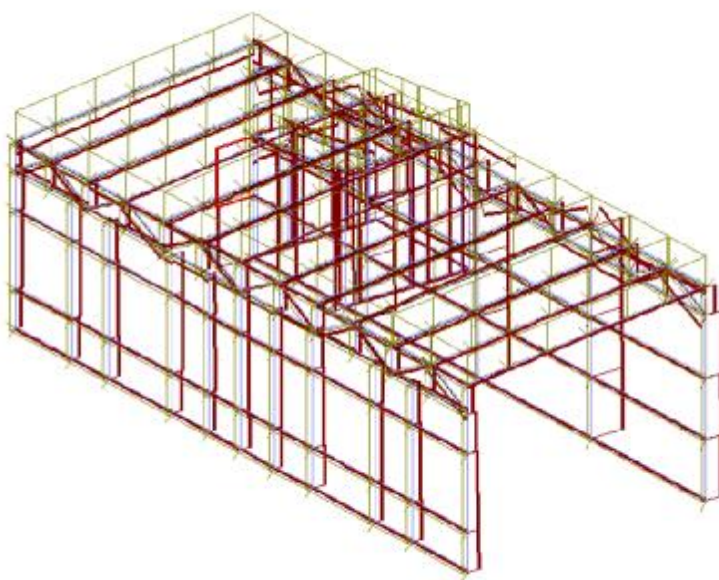


Рис. 2.21 Повздовжнє зусилля від комбінації снігового та вітрового навантаження

2.5 Результати аналізу розрахункових моделей

За результатами розрахунків були складені таблиці, а саме: таблиці підібраних профілів (таблиці 2.2 та 2.3), таблиці металоемкості (таблиці 2.4 та 2.5), таблиці цін (таблиці 2.6 та 2.7).

Таблиця 2.2 - Результати підбору профілів для колони K1

Крок	Колони	
№	ЛСТК	Гарячека- тані
1	ППс-03 200/2.0	20П
2	ПСс-03 200/2.0	
3	ПСс-02 100/1.4	
4	ППс-02 100/1.4	
5	ППс-02 100/1.4	

Таблиця 2.3 - Результати підбору профілів для ферми Ф1

Крок	Колони	
№	ЛСТК	Гарячека- тані
1	ППс-02 100/1.4	100х3
2	ПСс-02 100/1.4	50х40х3
3	ПСс-04 100/1.4	100х40х5
4	ПСс-04 100/1.4	
5	ПСс-02 100/1.4	

2.5.1 Підбір профілів

Згідно таблиць 2.2 та 2.3 видно, що ЛСТК профілі мають меншу товщину та більший діаметр, ніж гарячекатані. Це пов'язано з відмінностями у сортаментах, а саме більшими товщинами у сортаменті гарячекатаних профілів. Оцінювати тонкостінні профілі на даному етапі некоректно у зв'язку з тим, що арки з них у вигляді ферм.

2.5.2 Таблиці металоємкості

Згідно таблиць металоємкості, а саме таблиці 2.4 видно, що вага арки зі зварної труби менша, ніж з гарячекатаної; а вага арки з тонкостінних

профілів менша, ніж вага арки з зварної труби. Також можна побачити, що для арок з тонкостінних профілів навантаження від снігу більш критичне, ніж від вітру. Це видно по різницям ваги арок одного прольоту та кроку, але різними природньо-кліматичними навантаженнями. При цьому вага суцільних арок однакових параметрів в різних місцях відрізняється не так сильно.

Також слід відмітити, що конструкції з тонкостінних профілів мають більші габарити, в той час як суцільні арки в 2-3 рази нижче за висотою.

Таблиця 2.4 - Металоємкість конструкцій

Конструкція	ЛСТК (кг)	ГК (кг)
Колона	121,8	185,33
Ферма	129,2	164,59

2.5.3 Таблиці цін

У розрахунку цін для гарячекатаних конструкцій було враховано:

- ціна профілів
- зварне з’єднання
- монтаж
- ґрунтування
- окраска

У розрахунку цін для конструкцій з тонкостінних профілів було враховано:

- ціна профілів

- попередня зборка сегментів
- монтаж сегментів

Оскільки тонкостінні профілі попередньо оцинковані, то їх додатковий захист не потрібен. З'єднання тонкостінних профілів виконується за допомогою самосверлячих гвинтів та болтів.

Ціни представлені у таблицях 2.6 .

Таблиця 2.6 - Ціни конструкцій грн. за шт.

Конструкція	ЛСТК (Грн)	Гарячекатані (Грн)
Колона	7308	8754,2
Ферма	7752	9286,06

На підставі таблиці 2.6 можливо підтвердити взаємовідношення цін. Таким чином конструкції з тонкостінних профілів вийшли легшими і дешевшими за конструкції з гарячекатаного прокату.

Таким чином у прикладі розрахунку будівлі профіль ЛСТК виявився дешевше за ГК у 1,19 рази.

Висновки

За результатами розрахунків наведених у розділі 2 можливо зробити висновок про рентабельність використання тонкостінних профілів так як вони легші та дешевші.

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.

3.1 Вимоги безпеки праці під час монтажу легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) прибудови в місті Маріуполь.

Монтаж — це індустріальний механізований метод зведення будівель і споруд з конструктивних елементів заводського виготовлення. [16]

Монтаж будівельних конструкцій складається із простих процесів:

- транспортні;
- підготовчі;
- монтажно-вкладальні.

До транспортних відносять навантаження, перевезення, розкладання і складування монтажних елементів, пристроїв і матеріалів. До підготовчих процесів відносять виготовлення і підготовку монтажних пристроїв, перевірка геометричних розмірів і якості конструкцій, укрупнення і посилення конструкцій на період монтажу, підготовку конструкцій до підняття (розташування), навішування і закріплення сходів, підмостків і загорож, встановлення пристроїв для тимчасового вивірювання і закріплення конструкцій. До монтажно-вкладальних робіт відносять: стропування, підняття, переміщення і встановлення в проектне положення, вивірення, тимчасове закріплення конструкції в проектному положенні, захист від корозії закладних деталей, остаточне закріплення, заробляння швів [16].

Монтажні роботи здійснюються строго у відповідності до ПВР (проекту виконання робіт), що складається з:

- 1) відомість обсягів монтажних робіт;
- 2) технологічні схеми монтажу будівлі або конструктивних елементів;
- 3) технологічні схеми укрупнення конструкцій і майданчиків для укрупненого збирання;

- 4) креслення тимчасових опор, креслення стропувальних і монтажних пристроїв або обладнання;
- 5) вимоги, щодо точності встановлення і схеми геодезичного забезпечення монтажних робіт;
- 6) графіки проведення монтажних робіт, руху машин і механізмів, постачання будівельних конструкцій на будівельний майданчик;
- 7) додаткові технологічні вимоги;

Також передбачається використання наступних механічних засобів:

- кран;
- автомобіль-вишка;
- зварювальний апарат;
- шуруповерт [16].

Небезпечні та шкідливі фактори під час монтажу ЛСТК конструкцій

Під час монтажу будівельних конструкцій основними шкідливими виробничими факторами слід вважати:

1. машини і механізми, що рухаються і працюють, включаючи вантажопідіймальні;
2. переміщення при підйомі і установці в проектне положення конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також укрупнених блоків будинків і споруд;
3. втрату стійкості монтуємих чи змонтованих будівельних майданчиків;
4. розташування робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок;
5. недостатню освітленість робочої зони;
6. дію вітру на вантажопідіймальні крани, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції чи частини будинків і споруд;
7. фізичні перевантаження при перенесенні вантажів вручну;

8. підвищену чи знижену температуру повітря робочої зони;
9. небезпечну і шкідливу дію на людей електричного струму, електричної дуги, електромагнітного випромінювання і статичної електрики;
10. вплив підвищеного рівня ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювання при виконанні електрозварювальних робіт, а також іонізуючих випромінювання при контролі якості зварених швів;
11. токсичний і дратівний вплив на дихальні шляхи газів і аерозолів, що утворюються при зварювальних роботах;
 - токсичний і дратівний вплив лакофарбових матеріалів, а також пари від них на дихальні шляхи людини при виконанні антикорозійних робіт;
 - використання порохового монтажного інструмента. [17]

3.1.2 Вимоги безпеки праці під час монтажу

Охорона праці виконується згідно з НПАОП 45.2-7.02-12 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

1. У робочій зоні монтажних робіт не допускається виконання інших робіт і перебування сторонніх осіб.
2. Під час зведення будинків і споруд забороняється виконувати роботи, пов'язані з перебуванням людей на одній ділянці на поверхах (ярусах), над якими переміщують, встановлюють і тимчасово закріплюють елементи конструкцій та обладнання.
3. Монтаж конструкцій кожного розташованого вище поверху (ярусу) багатоповерхового будинку необхідно виконувати після закріплення усіх установлених монтажних елементів відповідно до проекту і досягнення бетоном (розчином) стиків несучих конструкцій необхідної міцності.
4. Фарбування й антикорозійний захист конструкцій і устаткування у випадках, коли це виконується на будівельному майданчику,

необхідно робити до піднімання конструкцій на проектну позначку. Після піднімання зазначених конструкцій фарбування чи здійснення антикорозійного захисту допускається виконувати тільки в місцях стиків з'єднань конструкцій.

5. Розпакування і розконсервування обладнання, що підлягає монтажу, необхідно виконувати у зоні, відведеній відповідно до ПВР, і здійснювати на спеціальних стелажах чи прокладках висотою не менше ніж 100 мм. Під час розконсервування обладнання не допускається застосування інструментів і матеріалів із вибухопожежонебезпечними властивостями.

6. Під час монтажу каркасних будинків установлювати наступний ярус каркаса допускається тільки після встановлення огорожувальних конструкцій чи тимчасових огорож на попередньому ярусі.

7. Монтаж сходових маршів і площадок будинків (споруд), а також вантажопасажирських підйомників (ліфтів) необхідно здійснювати одночасно з монтажем конструкцій будинку. На змонтованих сходових маршах повинні бути негайно встановлені огорожі. [18]

3.1.3 Організація робочих місць

1. Під час монтажу конструкцій будинків чи споруд монтажники повинні перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцнування. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання і переміщення.

2. Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання.

3. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу необхідно застосовувати драбини, перехідні містки і трапи, що мають огорожі.

4. Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного пояса). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР.

5. Під час монтажу огорожувальних панелей необхідно застосовувати запобіжний пояс разом із запобіжними пристроями, про що слід зазначити у ПВР.

6. Не дозволяється перебування людей під елементами конструкцій і обладнання, що монтуються.

7. Навісні металеві драбини довжиною більше ніж 5 м необхідно огородити металевими дугами з вертикальними зв'язками і надійно прикріпити до конструкцій чи обладнання.

8. Піднімання робітників по навісних драбинах на висоту більше ніж 10 м допускається лише у разі їх обладнання площадками для відпочинку не менше ніж через кожних 10 м по висоті.

9. Розтяжки для тимчасового закріплення конструкцій, що монтуються, необхідно прикріпити до надійних опор. Кількість розчалювань, їх матеріал і перетин, способи натягування і місця закріплення визначаються у ПВР.

10. Розтяжки необхідно розташовувати за межами габаритів руху транспорту і будівельних машин; вони не повинні мати дотику до гострих кутів інших конструкцій. Перегин розтяжок у місцях дотику їх до інших конструкцій допускається лише після перевірки міцності та стійкості цих елементів під впливом зусиль від розчалювання.

11. Необхідно запобігати розгойдуванню й обертанню елементів конструкцій чи обладнання, що монтуються, під час переміщення.

12. Стропування конструкцій і обладнання необхідно виконувати засобами, що забезпечують можливість дистанційного розстропування з робочого горизонту у разі, коли висота до замка вантажозахоплювального засобу перевищує 2 м. [18]

3.1.4 Вимоги до персоналу, що допускається до участі у виробничих процесах

1. Усі працівники, що беруть участь у виробничих процесах при монтажі будівельних конструкцій, повинні у встановленому порядку пройти навчання і перевірку знань з охорони праці, а також медичний огляд і мати визначену професію (професії).

2. Навчання і перевірку знань з охорони праці працівники повинні пройти відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». [17]

3. Медичний огляд працівники повинні проходити згідно з "Положенням про медичний огляд працівників визначених категорій", затвердженим наказом № 45 від 31.03.1994 р. Міністерством охорони здоров'я України.

4. Не дозволяється допускати до робіт з монтажу будівельних конструкцій осіб:

- професія і кваліфікація яких не відповідає характеру роботи;
- які знаходяться в нетверезому стані. Вони повинні бути вилучені з території монтажноі площадки зі складанням акта встановленої форми;
- які не визнані придатними після медичного огляду до вищевказаних робіт.

1. До самостійних верхолазних робіт допускаються монтажники не молодше 19 років, які пройшли відповідний медичний огляд і визнані придатними, мають стаж верхолазних робіт не менше 1 року і

тарифний розряд не нижче 3-го, та ознайомлені з НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті». [17]

2. Монтажники, які допускаються вперше до верхолазних робіт, протягом одного року зобов'язані працювати під безпосереднім наглядом досвідчених працівників, призначених наказом керівника організації.

3. Працівники, які мають кілька професій, повинні бути навчені і атестовані безпечним методам з охорони праці і мати посвідчення на основну професію і професії, що суміщають.

4. Інженерно-технічні працівники (ІТП), робота яких запов'язана з виконанням верхолазних робіт у процесі перевірки якості і т.п., повинні пройти відповідний медичний огляд і бути визнаними придатними до виконання верхолазних робіт.

5. До установки будівельних конструкцій із застосуванням вертольота слід допускати монтажників, що мають тарифний розряд не нижче 4-го і стаж верхолазних робіт не менше 5 років, пройшли спеціальний інструктаж на робочому місці по виконанню даних робіт. [17]

3.1.5 Порядок виконання робіт

1. До початку виконання монтажних робіт необхідно визначити порядок обміну умовними сигналами між особою, яка керує монтажем, та машиністом (мотористом) крана. Усі сигнали подаються лише однією особою (бригадиром монтажно́ї бригади, ланковим, такелажником-стропальником). Лише сигнал «Стоп» може подати будь-який робітник, який помітив небезпеку [18].

Якщо конструкція, що монтується, знаходиться за межами поля зору машиніста крана, між ним та монтажниками повинен бути забезпечений надійний зв'язок. Якщо такої можливості немає, призначаються проміжні сигнальники з числа стропальників (такелажників).

В особливо відповідальних випадках (у разі піднімання конструкцій із застосуванням складного такелажу, методу повороту, під час насування великогабаритних і важких конструкцій; під час піднімання їх двома механізмами чи більше тощо) сигнали повинен подавати тільки керівник робіт.

1. Стропування елементів, що монтуються, необхідно виконувати у місцях, зазначених у робочих кресленнях, і забезпечувати їх піднімання і подавання до місця встановлення у положенні, близькому до проектного.

Забороняється піднімання елементів будівельних конструкцій, що не мають монтажних петель чи отворів, маркування і позначок, які забезпечують їх правильне стропування і монтаж. Під час монтажу з транспортних засобів елементи конструкцій забороняється проносити над кабіною водія.

1. Очищення елементів конструкцій, що підлягають монтажу, від бруду і льоду необхідно робити до їх піднімання.

2. Елементи, що підлягають монтажу, необхідно піднімати плавно, без ривків, розгойдування та обертання. Піднімання вантажу (примірного, частково засипаного ґрунтом, сміттям, з'єднаного з елементами інших конструкцій тощо), який перевищує вантажопідйомність монтажного крана, заборонено.

Піднімати конструкції необхідно в два етапи: спочатку на висоту 20 см - 30 см, потім, після перевірки надійності стропування та монтажних петель, здійснювати подальше піднімання [18].

1. Під час переміщення конструкцій чи обладнання відстань від них і до частин змонтованого обладнання, конструкцій, що виступають, повинна бути по горизонталі не менше ніж 1,0 м, а по вертикалі - не менше ніж 0,5 м.

2. Під час перерви у роботі залишати підняті елементи конструкцій і обладнання у піднятому стані заборонено.

3. Установлені в проектне положення елементи конструкцій чи обладнання повинні бути закріплені так, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність.

Розстропування елементів конструкцій і обладнання, які установлені у проектне положення, необхідно робити після постійного або тимчасового їх закріплення відповідно до проекту. Переміщувати встановлені елементи конструкцій чи обладнання після їх розстропування без використання монтажного оснащення, передбаченого ПВР, не допускається [18].

1. До закінчення вивіряння і надійного закріплення встановлених елементів не допускається обпирання на них конструкцій, що розташовані вище, якщо це не передбачено ПВР.

2. Стропувати вантаж, що перебуває у хиткому положенні, а також пересувати пристосування на піднятому вантажі заборонено.

3. Під час насування (переміщення) конструкцій і обладнання лебідками вантажопідйомність гальмових лебідок і поліспастів повинна дорівнювати вантажопідйомності тягових засобів, якщо інші вимоги не визначено проектом.

4. Забороняється виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що унеможливило б видимість у межах фронту робіт.

3.1.6 Небезпечні зони машин і механізмів.

Травмування працюючого можливе як від безпосереднього дотику його до джерела небезпеки, так і на деякій відстані від нього, через неприємне наближення [19].

Простір, в якому постійно діє, або періодично виникає небезпечний виробничий фактор називають небезпечною зоною.

Небезпечна зона може виникнути навколо машин, механізмів або їх частин, що рухаються чи обертаються, поблизу вантажів, які переміщуються підйимально-транспортними машинами й механізмами. Наявність

небезпечної зони може бути пов'язано з небезпекою ураження електричним струмом, з можливістю травмування відлітаючих часток оброблюваного матеріалу або інструменту, з вилітанням оброблюваної деталі з захоплюючих пристроїв [19].

Особливу загрозу становить небезпечна зона, де ймовірно захоплення одягу чи волосся працюючого рухомими частинами обладнання. Якщо частини машини обертаються назустріч одна одній, створюється небезпека втягування в небезпечну зону.

Небезпечна зона може виникати як усередині машини, так і поза неї, наприклад, поблизу відкритих струмовідних частин, в навколишньому середовищі при виникненні теплових, електромагнітних і іонізуючих випромінювань, при наявності шуму і вібрації, ультразвуку, шкідливих парів, газів, пилу [19].

3.2 Дія працівників у аварійних ситуаціях

При пошкодженні чи обриві стропів необхідно :

1. Зупинити переміщення вантажу
2. Подати попереджувачий сигнал
3. Опустити вантаж
4. Надати необхідну медичну допомогу
5. Виявити причини аварії

ВИСНОВОК

В роботі проаналізовано традиційні та сучасні металеві профілі для побудови громадських будівель і обрано найбільш ефективні для подальшого дослідження.

У дослідженні за допомогою методу скінчених елементів, реалізованого у програмному комплексі ЛІРА, був виконано розрахунок окремих конструкцій з ЛСТК та ГК у аналогічних умовах.

У нашому випадку після розрахунку конструкцій з ЛСТК та ГК ми отримали результатом те що колона з ЛСТК важить 121,8 кг, а колона з ГК важить 185,33 кг.

Аналогічна ситуація із фермами. Ферма з тонкостінних профілів важить 129,2 кг, а ферма з ГК профілів важить 164,59 кг.

Співвідношення металоємності профілів ЛСТК виявилось менше ніж у 1,5 рази для гарячекатаних профілів. При цьому розбіжність в цінах сягає до 20% на користь ЛСТК.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] І.І. РОМАНЕНКО «БУДІВЛІ І СПОРУДИ», Харків, 2011. - стр. 6 – 8 *
Електронний ресурс: <https://studfile.net/preview/8890664/page:28/>
- [2] Страница 8: ДБН В.2.2-9-2009. Громадські будинки та споруди основні положення (29973) * Електронний ресурс:
https://dnaop.com/html/32492_15.html
- [3] Довідка: «РЕЄСТРАЦІЙНА КАРТКА ПРОГРАМИ І ПРОЕКТУ» * Електронний ресурс: <https://dfrr.minregion.gov.ua/Project-annotation-full?PROJT=24971>
- [4] Євген Гриценко «I have a дім: 5 захопливих прикладів сучасних архітектурних експериментів» * Електронний ресурс:
<https://platfor.ma/magazine/text-sq/projects/i-have-a-dim/>
- [5] Страница 2: ДБН В.2.2-18:2007. Будинки і споруди заклади соціального захисту населення (34190) * Електронний ресурс:
https://dnaop.com/html/34190_2.html
- [6]Стаття: Євгенія Пласконь «На Львівщині збудують малий груповий будинок для дітей-сиріт та дітей з інвалідністю» - 12 жовтня 2020 р.
- [7] Нариси історії архітектури Української РСР (Радянський період). — К.:Держбудвидав УССР, 1962.
- [8] Об'єкт: «ОФІСНИЙ КОМПЛЕКС “ТЕХНОПАРК”» * Електронний ресурс: <http://www.avr-development.com/portfolio/technopark/>
- [9] ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ: «Будинки і споруди; ЗАКЛАДИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ДБН В.2.2-10:2019» (проект, перша редакція) Видання офіційне – с. 14 - 17
- [10] «СОРТАМЕНТ МЕТАЛОПРОКАТУ, ВАГА МЕТАЛУ, МАСА 1М» * Електронний ресурс: <https://sbk.ltd.ua/uk/sortament-vaga-metaloprokatu.html>
- [11] Проектування кам'яних і армокам'яних конструкцій: Навчальний посібник / А.П.Еремін, М.В.Федоров: Саратов. держ. тех. наук-т. Саратов, 1996. - 76 с.

- [12] Дипломна робота: Анна Skumina «Автоматизація процесів тестування програмного забезпечення» - 26.02.2014
- [13] Стаття: «Метод кінцевих елементів» * Електронний ресурс: https://stud.com.ua/54925/tovarovnavstvo/metod_kintsevih_elementiv
- [14] «Розрахунки на міцність будівельних конструкцій» * Електронний ресурс: <https://hulduiwin.cluswiros.pp.ua/exwith/rozrahunki-na-micnist-budivelnih-konstrukcij.html>
- [15] Стаття: Моя бібліотека «Виконання розрахункової роботи» * Електронний ресурс: <https://mybiblioteka.su/tom3/6-65850.html>
- [16] МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Курс лекцій з дисципліни «Технологія будівельного виробництва» для студентів інженерно-будівельного профілю - Львів – 2006: стр. 13.
- [17] Стаття: ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ З МОНТАЖУ МЕТАЛЕВИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ. * Електронний ресурс: <http://trudova-ohrana.ru/primery-dokumentov/prikladi-nstrukcj-z-ohoroni-prac-ukranskoju/4061-nstrukcja-z-ohoroni-prac-pd-chas-vikonannja-robt-z-montazhu-metalevih--zalzobetonnih-konstrukcj.html>
- [18] ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ «Система стандартів безпеки праці»; ОХОРОНА ПРАЦІ І ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА У БУДІВНИЦТВІ; Основні положення - ДБН А.3.2-2-2009 – стр. 58-60.
- [19] Стаття: «Небезпечні зони машин і механізмів» * Електронний ресурс: <https://studfile.net/preview/5411213/page:5/>

ДОДАТОК А

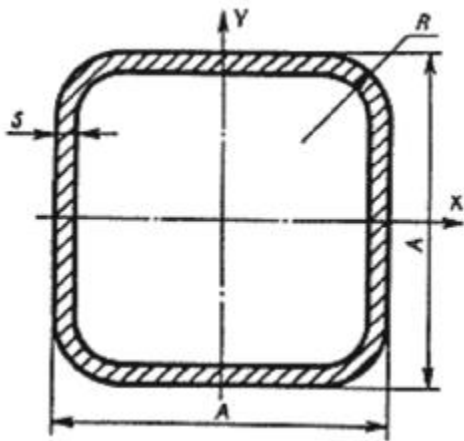
ДСТУ 3436-96 Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент
(ГОСТ 8240-97)

Номер швеллера серии П							Пло- щадь попе- речно го сечен ия , см	Ма сса 1 м, кг	Справочные значения для осей							, см
									X - X							
									, см	, см	, см	, см	, см	, см	, см	
5П	50	32	44	70	60	35	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,61	5,95	2,99	0,98	1,21
6,5П	65	36	44	72	60	35	7,51	5,90	48,8	15,0	2,55	9,02	9,35	4,06	1,12	1,29
8П	80	40	45	74	65	35	8,98	7,05	89,8	22,5	3,16	13,30	13,90	5,31	1,24	1,38
10П	100	46	45	76	70	40	10,90	8,59	175,0	34,9	3,99	20,50	22,60	7,37	1,44	1,53
12П	120	52	48	78	75	45	13,30	10,40	305,0	50,8	4,79	29,70	34,90	9,84	1,62	1,66

14 П	1 4 0	5 8	4, 9	8, 1	8, 0	4, 5	15,60	12, 30	493, 0	70, 4	5,6 1	40, 90	51, 50	12, 90	1, 81	1, 82
16 П	1 6 0	6 4	5, 0	8, 4	8, 5	5, 0	18,10	14, 20	750, 0	93, 8	6,4 4	54, 30	72, 80	16, 40	2, 00	1, 97
16 аП	1 6 0	6 8	5, 0	9, 0	8, 5	5, 0	19,50	15, 30	827, 0	10 3,0	6,5 1	59, 50	90, 50	19, 60	2, 15	2, 19
18 П	1 8 0	7 0	5, 1	8, 7	9, 0	5, 0	20,70	16, 30	1090 ,0	12 1,0	7,2 6	70, 00	100 ,00	20, 60	2, 20	2, 14
18 аП	1 8 0	7 4	5, 1	9, 3	9, 0	5, 0	22,20	17, 40	1200 ,0	13 3,0	7,3 4	76, 30	123 ,00	24, 30	2, 35	2, 36
20 П	2 0 0	7 6	5, 2	9, 0	9, 5	5, 5	23,40	18, 40	1530 ,0	15 3,0	8,0 8	88, 00	134 ,00	25, 20	2, 39	2, 30
22 П	2 2 0	8 2	5, 4	9, 5	10 ,0	6, 0	26,70	21, 00	2120 ,0	19 3,0	8,9 0	111 ,00	178 ,00	31, 00	2, 58	2, 47
24 П	2 4 0	9 0	5, 6	10 ,0	10 ,5	6, 0	30,60	24, 00	2910 ,0	24 3,0	9,7 5	139 ,00	248 ,00	39, 50	2, 85	2, 72
27 П	2 7 0	9 5	6, 0	10 ,5	11 ,0	6, 5	35,20	27, 70	4180 ,0	31 0,0	10, 90	178 ,00	314 ,00	46, 70	2, 99	2, 78
30 П	3 0 0	1 0 0	6, 5	11 ,0	12 ,0	7, 0	40,50	31, 80	5830 ,0	38 9,0	12, 00	224 ,00	393 ,00	54, 80	3, 12	2, 83

33 Π	3 3 0	1 0 5	7, 0	11 ,7	13 ,0	7, 5	46,50	36, 50	8010 ,0	48 6,0	13, 10	281 ,00	491 ,00	64, 60	3, 25	2, 90
36 Π	3 6 0	1 1 0	7, 5	12 ,6	14 ,0	8, 5	53,40	41, 90	1085 0,0	60 3,0	14, 30	350 ,00	611 ,00	76, 30	3, 38	2, 99
40 Π	4 0 0	1 1 5	8, 0	13 ,5	15 ,0	9, 0	61,50	48, 30	1526 0,0	76 3,0	15, 80	445 ,00	760 ,00	89, 90	3, 51	3, 05

ДОДАТОК Б
ГОСТ 8639-82
квадратные.



Трубы стальные
Сортамент.

Таблица 1

Наружный размер , мм	Толщина стенки , мм	Площадь сечения, см	Масса 1 м, кг	Момент инерции, см	Момент сопротивления, см
				$I_x = I_y$	$W_x = W_y$
10	0,8	0,283	0,222	0,039	0,079
	0,9	0,314	0,246	0,042	0,085
	1,0	0,343	0,269	0,0452	0,0904
	1,2	0,398	0,312	0,050	0,100
	1,4	0,448	0,352	0,053	0,107

15	0,8	0,443	0,348	0,147	0,196
	0,9	0,494	0,388	0,161	0,215
	1,0	0,543	0,426	0,176	0,233
	1,2	0,638	0,501	0,199	0,265
	1,4	0,728	0,571	0,220	0,293
	1,5	0,771	0,605	0,229	0,305
20	0,8	0,603	0,474	0,368	0,368
	0,9	0,674	0,529	0,406	0,406
	1,0	0,743	0,583	0,442	0,442
	1,2	0,878	0,689	0,510	0,510
	1,4	1,01	0,791	0,572	0,572
	1,5	1,071	0,841	0,600	0,600
	2,0	1,37	1,075	0,723	0,723
25	0,8	0,763	0,599	0,740	0,592
	0,9	0,854	0,670	0,820	0,656
	1,0	0,943	0,740	0,897	0,718
	1,2	1,12	0,878	1,04	0,835
	1,4	1,29	1,01	1,18	0,945
	1,5	1,37	1,07	1,24	0,996
	2,0	1,77	1,39	1,53	1,22
	2,5	2,14	1,68	1,77	1,41
	3,0	2,48	1,95	1,95	1,56
30	0,8	0,923	0,725	1,30	0,870
	0,9	1,03	0,811	1,45	0,966

	1,0	1,14	0,897	1,59	1,06
	1,2	1,36	1,07	1,86	1,24
	1,3	1,46	1,15	1,99	1,33
	1,4	1,57	1,23	2,12	1,41
	1,5	1,67	1,31	2,24	1,49
	2,0	2,17	1,70	2,79	1,86
	2,5	2,64	2,07	3,27	2,18
	3,0	3,08	2,42	3,66	2,44
	3,5	3,50	2,75	3,98	2,65
	4,0	3,88	3,04	4,23	2,82
35	0,8	1,083	0,850	2,10	1,20
	0,9	1,21	0,953	2,34	1,34
	1,4	1,85	1,45	3,45	1,97
	1,5	1,97	1,55	3,65	2,09
	2,0	2,57	2,02	4,61	2,63
	2,5	3,14	2,46	5,44	3,11
	3,0	3,68	2,89	6,17	3,52
	3,5	4,20	3,30	6,78	3,88
	4,0	4,68	3,67	7,30	4,17
	5,0	5,57	4,37	8,05	4,60
40	1,4	2,13	1,67	5,24	2,62
	1,5	2,27	1,78	5,57	2,78
	2,0	2,97	2,33	7,07	3,53
	2,5	3,64	2,85	8,42	4,21

	3,0	4,28	3,36	9,61	4,81
	3,5	4,90	3,85	10,66	5,33
	4,0	5,48	4,30	11,57	5,79
	5,0	6,57	5,16	13,01	6,50
	6,0	7,54	5,92	13,96	6,98
42	3,0	4,52	3,55	11,30	5,38
	3,5	5,18	4,07	12,56	5,98
	4,0	5,80	4,56	13,67	6,51
	5,0	6,97	5,47	15,45	7,36
	6,0	8,02	6,30	16,69	7,95
45	2,0	3,37	2,65	10,29	4,57
	3,0	4,88	3,83	14,15	6,29
	3,5	5,60	4,40	15,79	7,02
	4,0	6,28	4,93	17,25	7,67
	5,0	7,57	5,94	19,66	8,38
	6,0	8,74	6,86	21,42	9,52
	7,0	9,80	7,69	22,60	10,04
	8,0	10,74	8,43	23,23	10,33
50	2,0	3,77	2,96	14,36	5,74
	2,5	4,64	3,64	17,27	6,91
	3,0	5,48	4,31	19,93	7,97
	3,5	6,30	4,94	22,35	8,94
	4,0	7,08	5,56	24,54	9,82
	4,5	7,84	6,16	26,51	10,60

	5,0	8,57	6,73	28,26	11,30
	6,0	9,94	7,80	31,15	12,46
	7,0	11,20	8,79	33,28	13,31
	8,0	12,34	9,69	34,70	13,88
60	2,0	4,57	3,59	25,45	8,48
	2,5	5,64	4,43	30,81	10,27
	3,0	6,69	5,25	35,81	11,94
	3,5	7,70	6,04	40,44	13,48
	4,0	8,68	6,82	44,73	14,91
	5,0	10,57	8,30	52,30	17,43
	6,0	12,34	9,69	58,60	19,53
	7,0	14,00	11,00	63,71	21,24
	8,0	15,54	12,20	67,71	22,57
70	3,0	7,88	6,19	58,45	16,70
	3,5	9,10	7,14	66,34	18,95
	4,0	10,28	8,07	73,74	21,07
	5,0	12,57	9,87	87,12	24,89
	6,0	14,74	11,57	98,69	28,20
	7,0	16,80	13,19	108,56	31,02
	8,0	18,74	14,71	116,81	33,37
80	3,0	9,09	7,13	89,05	22,26
	3,5	10,50	8,24	101,44	25,36
	4,0	11,88	9,33	113,17	28,29
	5,0	14,57	11,44	134,73	33,68

	6,0	17,14	13,46	153,84	38,46
	7,0	19,60	15,38	170,63	42,66
	8,0	21,94	17,22	185,20	46,30
	9,0	24,17	18,97	197,66	49,41
	10,0	26,28	20,63	208,10	52,03
	11,0	28,28	22,20	216,64	54,16
90	3,0	10,28	8,07	128,82	28,63
	4,0	13,48	10,59	164,63	36,58
	5,0	16,57	13,00	197,12	43,80
	6,0	19,54	15,34	226,44	50,32
	7,0	22,40	17,58	252,71	56,16
	8,0	25,14	19,73	276,08	61,35
100	3,0	11,48	9,02	178,95	35,79
	4,0	15,08	11,84	229,71	45,94
	5,0	18,57	14,58	276,30	55,26
	6,0	21,94	17,22	318,89	63,78
	7,0	25,20	19,78	357,62	71,52
	8,0	28,34	22,25	392,65	78,53
	9,0	31,37	24,62	424,11	84,82
110	6,0	24,34	19,11	433,59	78,83
	7,0	28,00	21,98	488,14	88,75
	8,0	31,54	24,76	538,11	97,84
	9,0	34,97	27,45	583,63	106,11
120	6,0	26,74	20,99	572,94	95,49

	7,0	30,80	24,18	647,09	107,85
	8,0	34,74	27,27	715,66	119,28
	9,0	38,57	30,28	778,82	129,80
140	6,0	31,54	24,76	935,19	133,60
	7,0	36,40	28,57	1061,44	151,63
	8,0	41,14	32,29	1179,83	168,55
	9,0	45,77	35,93	1290,58	184,37
150	7,0	39,20	30,77	1322,44	176,32
	8,0	44,34	34,81	1472,85	196,38
	9,0	49,37	38,75	1614,37	215,25
	10,0	54,28	42,61	1747,21	232,96
180	8,0	53,94	42,34	2634,06	292,67
	9,0	60,17	47,23	2900,49	322,28
	10,0	66,28	52,03	3153,95	350,44
	12,0	78,17	61,36	3623,01	402,56
	14,0	89,59	70,33	4043,41	449,27
Трубы специальных размеров					
32	4,0	4,20	3,30	5,33	3,33
36	4,0	4,84	3,80	8,05	4,47
40	2,0	2,97	2,33	7,07	3,54
55	3,0	6,09	4,78	27,10	9,85
65	6,0	13,54	10,63	76,91	23,66

ДОДАТОК В

Оцинковані гнуті профілі ,ТУ У В.2.6 – 24.3 -37452010-002:2015 (витяг)

Ине. № орг.

Подп. и дата

Взам. ине.№

Ине. № дубл.

Подп. и дата

Изн

2

Зак

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

ТУ У В.2.6 – 24.3 -37452010-002:2015

22

Лист

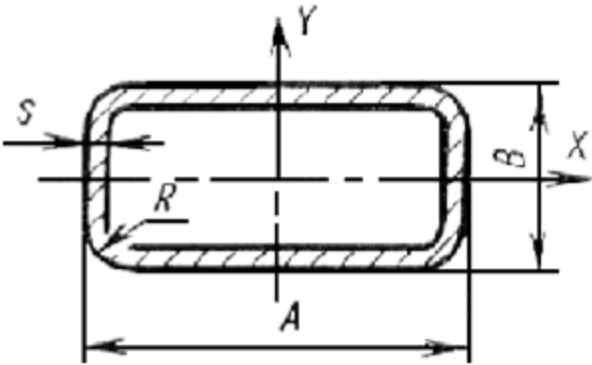
Продолжение таблицы В.1

Условное обозначение профиля	Ширина штрипса, мм	Размеры, мм				Масса 1 м/п, кг	Площадь сечения см²	Геометрические характеристики относительно осей							
		H	b	c	t			I _x см⁴	r _x см	W _x см³	I _y см⁴	r _y см	W _{y1} см³	W _{y2} см³	Z ₀ см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПСс-01 100/2,0	185	100	30	20	2.0	2.906	3.702	49.748	3.666	9.950	4.815	1.140	4.621	2.459	1.042
ПСс-01 100/2,5	181	100	30	20	2.5	3.560	4.535	58.506	3.592	11.701	5.481	1.099	5.272	2.796	1.040
ПСс-01 100/3,0	178	100	30	20	3.0	4.184	5.330	65.593	3.508	13.119	5.979	1.059	5.763	3.046	1.037
ПСс-02 100/0,8	214	100	40	20	0.8	1.344	1.712	26.389	3.926	5.278	4.457	1.613	3.077	1.747	1.449
ПСс-02 100/1,0	213	100	40	20	1.0	1.669	2.126	32.473	3.909	6.495	5.446	1.601	3.763	2.133	1.447
ПСс-02 100/1,2	211	100	40	20	1.2	1.988	2.533	38.331	3.890	7.666	6.378	1.587	4.411	2.497	1.446
ПСс-02 100/1,4	210	100	40	20	1.4	2.303	2.934	43.957	3.871	8.791	7.252	1.572	5.021	2.838	1.444
ПСс-02 100/1,5	209	100	40	20	1.5	2.459	3.133	46.679	3.860	9.336	7.667	1.564	5.312	2.999	1.444
ПСс-02 100/2,0	205	100	40	20	2.0	3.220	4.102	59.354	3.804	11.871	9.517	1.523	6.611	3.717	1.440
ПСс-02 100/2,5	201	100	40	20	2.5	3.952	5.035	70.392	3.739	14.078	10.994	1.478	7.660	4.287	1.435
ПСс-02 100/3,0	198	100	40	20	3.0	4.655	5.930	79.711	3.666	15.942	12.124	1.430	8.472	4.719	1.431
ПСс-022 100/1,5	219	100	48	17	1.5	2.577	3.283	51.607	3.965	10.321	10.920	1.824	6.444	3.517	1.695
ПСс-022 100/2,0	217	100	48	18	2.0	3.409	4.342	66.269	3.907	13.254	13.982	1.794	8.145	4.535	1.717
ПСс-022 100/2,5	213	100	48	18	2.5	4.188	5.335	78.939	3.847	15.788	16.258	1.746	9.504	5.263	1.711
ПСс-022 100/3,0	212	100	48	19	3.0	4.985	6.350	90.447	3.774	18.089	18.547	1.709	10.703	6.047	1.733
ПСс-03 100/0,8	234	100	50	20	0.8	1.470	1.872	30.326	4.024	6.065	7.406	1.989	3.966	2.364	1.868
ПСс-03 100/1,0	233	100	50	20	1.0	1.826	2.326	37.373	4.009	7.475	9.077	1.976	4.866	2.896	1.866
ПСс-03 100/1,2	231	100	50	20	1.2	2.177	2.773	44.189	3.992	8.838	10.669	1.962	5.725	3.402	1.864
ПСс-03 100/1,4	230	100	50	20	1.4	2.523	3.214	50.762	3.974	10.152	12.177	1.946	6.541	3.880	1.862
ПСс-03 100/1,5	229	100	50	20	1.5	2.695	3.433	53.956	3.965	10.791	12.899	1.939	6.933	4.109	1.861
ПСс-03 100/2,0	225	100	50	20	2.0	3.534	4.502	68.959	3.914	13.792	16.182	1.896	8.722	5.146	1.855
ПСс-03 100/2,5	221	100	50	20	2.5	4.345	5.535	82.277	3.856	16.455	18.910	1.848	10.221	6.003	1.850
ПСс-03 100/3,0	218	100	50	20	3.0	5.126	6.530	93.829	3.791	18.766	21.087	1.797	11.432	6.683	1.844
ПСс-04 100/0,8	254	100	60	20	0.8	1.595	2.032	34.262	4.106	6.852	11.267	2.355	4.901	3.044	2.299
ПСс-04 100/1,0	253	100	60	20	1.0	1.983	2.526	42.274	4.091	8.455	13.841	2.341	6.026	3.738	2.297
ПСс-04 100/1,2	251	100	60	20	1.2	2.365	3.013	50.046	4.076	10.009	16.308	2.327	7.107	4.401	2.295
ПСс-04 100/1,4	250	100	60	20	1.4	2.743	3.494	57.568	4.059	11.514	18.664	2.311	8.142	5.034	2.292
ПСс-04 100/1,5	249	100	60	20	1.5	2.930	3.733	61.234	4.050	12.247	19.798	2.303	8.642	5.338	2.291
ПСс-04 100/2,0	245	100	60	20	2.0	3.848	4.902	78.564	4.003	15.713	25.029	2.260	10.953	6.738	2.285
ПСс-04 100/2,5	241	100	60	20	2.5	4.737	6.035	94.163	3.950	18.833	29.499	2.211	12.944	7.928	2.279
ПСс-04 100/3,0	238	100	60	20	3.0	5.597	7.130	107.947	3.891	21.589	33.196	2.158	14.607	8.906	2.273
ПСс-05 100/0,8	274	100	70	20	0.8	1.721	2.192	38.198	4.174	7.640	16.125	2.712	5.884	3.786	2.741

Инв. № орг.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата	
Изм.	2	Экз.	Продолжение таблицы В.1						
Лист									
№ докум.									
Подпись									
Дата									
ТУ У В.2.6 – 24.3 -37452010-002:2015									

ДОДАТОК Г

ГОСТ 8645-68 Трубы стальные прямоугольные. Сортамент



мм			Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Момент инерции, см ⁴		Момент сопротивления, см ³	
15	10	1	0,443	0,348	0,065	0,126	0,131	0,167
		1,5	0,621	0,488	0,082	0,160	0,164	0,214
		2	0,771	0,605	0,089	0,179	0,179	0,239
20	10	1	0,543	0,426	0,086	0,261	0,172	0,261
		1,2	0,638	0,501	0,097	0,298	0,193	0,298
		1,5	0,771	0,605	0,109	0,344	0,218	0,344
		2	0,971	0,762	0,122	0,398	0,245	0,398
	15	1	0,643	0,505	0,224	0,352	0,298	0,352
		1,2	0,758	0,595	0,256	0,404	0,341	0,404
		1,5	0,921	0,723	0,297	0,472	0,397	0,472
		2	1,17	0,919	0,350	0,561	0,466	0,561
		2,5	1,39	1,09	0,383	0,620	0,510	0,620
25	10	1	0,643	0,505	0,106	0,465	0,212	0,372
		1,5	0,921	0,723	0,137	0,623	0,237	0,499
		2	0,17	0,919	0,155	0,738	0,310	0,590

		2,5	1,39	1,09	0,163	0,813	0,326	0,650
	15	0,8	0,603	0,474	0,228	0,506	0,304	0,405
		0,9	0,674	0,529	0,251	0,558	0,335	0,447
		1	0,743	0,583	0,273	0,609	0,364	0,487
		1,2	0,878	0,689	0,313	0,704	0,418	0,563
		1,5	1,07	0,841	0,366	0,831	0,488	0,665
		2	1,37	1,08	0,435	1,003	0,580	0,803
		2,5	1,64	1,29	0,482	1,130	0,642	0,904
30	10	1	0,743	0,583	0,126	0,749	0,253	0,499
		1,5	1,07	0,841	0,164	1,02	0,328	0,679
		2	1,37	1,08	0,188	1,22	0,375	0,816
		2,5	1,64	1,29	0,199	1,37	0,399	0,915
		3	1,88	1,48	0,201	1,46	0,402	0,977
	15	0,8	0,683	0,536	0,268	0,793	0,358	0,529
		0,9	0,764	0,600	0,296	0,878	0,394	0,585
		1	0,843	0,661	0,322	0,959	0,429	0,639
		1,2	0,998	0,783	0,371	1,11	0,494	0,742
		1,5	1,22	0,959	0,435	1,32	0,580	0,882
		2	1,57	1,23	0,520	1,62	0,693	1,08
		2,5	1,89	1,48	0,580	1,85	0,774	1,23
		3	2,18	1,71	0,619	2,01	0,825	1,34
	20	0,8	0,763	0,599	0,515	0,964	0,515	0,642
		0,9	0,854	0,670	0,570	1,07	0,570	0,712
		1	0,943	0,740	0,623	1,17	0,623	0,780
		1,2	1,12	0,877	0,723	1,36	0,723	0,908
		1,5	1,37	1,08	0,858	1,63	0,858	1,08
		2	1,77	1,39	1,05	2,01	1,05	1,34
		2,5	2,14	1,68	1,20	2,32	1,20	1,55
		3	2,48	1,95	1,31	2,56	1,31	1,71

35	15	0,8	0,763	0,599	0,309	1,17	0,412	0,666
		0,9	0,854	0,670	0,341	1,29	0,454	0,739
		1,0	0,943	0,740	0,371	1,41	0,495	0,809
		1,2	1,12	0,877	0,428	1,65	0,571	0,942
		1,5	1,37	1,08	0,503	1,97	0,671	1,12
		2	1,77	1,39	0,605	2,43	0,807	1,39
		2,5	2,14	1,68	0,680	2,80	0,906	1,60
		3	2,48	1,95	0,730	3,09	0,972	1,76
		3,5	2,80	2,20	0,757	3,30	1,01	1,88
	20	0,8	0,843	0,662	0,589	1,40	0,589	0,800
		0,9	0,944	0,741	0,652	1,55	0,652	0,888
		1,0	1,04	0,819	0,713	1,70	0,713	0,974
		1,2	1,24	0,972	0,829	1,99	0,829	1,14
		1,5	1,52	1,19	0,987	2,39	0,987	1,36
		2	1,97	1,55	1,21	2,97	1,21	1,70
		2,5	2,39	1,88	1,39	3,46	1,39	1,98
		3	2,78	2,19	1,53	3,86	1,53	2,20
		3,5	3,15	2,47	1,63	4,17	1,63	2,38
	25	1,5	1,67	1,31	1,66	2,81	1,33	1,61
		2	2,17	1,70	2,06	3,52	1,65	2,01
		2,5	2,64	2,07	2,40	4,12	1,92	2,35
		3	3,08	2,42	2,68	4,63	2,14	2,64
		3,5	3,50	2,75	2,90	5,04	2,32	2,88
	30	0,8	1,00	0,788	1,48	1,87	0,984	1,07
		0,9	1,12	0,882	1,64	2,08	1,09	1,19
		1,0	1,24	0,976	1,80	2,28	1,20	1,30
		1,2	1,48	1,16	2,11	2,68	1,41	1,53
		1,5	1,82	1,43	2,54	3,23	1,70	1,85
		2,0	2,37	1,86	3,19	4,06	2,12	2,32

40	15	2	1,97	1,55	0,690	3,46	0,920	1,73
		2,5	2,39	1,88	0,778	4,02	1,04	2,01
		3	2,78	2,19	0,840	4,47	1,12	2,23
		3,5	3,15	2,47	0,876	4,82	1,17	2,41
		4	3,48	2,73	0,892	5,07	1,19	2,53
40	20	0,8	0,923	0,725	0,663	1,94	0,662	0,971
		0,9	1,03	0,811	0,734	2,16	0,734	1,08
		1,0	1,14	0,897	0,803	2,37	0,803	1,18
		1,2	1,36	1,07	0,935	2,77	0,934	1,39
		1,5	1,67	1,31	1,12	3,34	1,12	1,67
		2	2,17	1,70	1,37	4,18	1,37	2,09
		2,5	2,64	2,07	1,58	4,90	1,58	2,45
		3	3,08	2,42	1,75	5,50	1,75	2,75
		3,5	3,50	2,75	1,87	5,99	1,87	2,99
		4	3,88	3,05	1,96	6,37	1,96	3,18
40	25	1,5	1,82	1,43	1,87	3,90	1,49	1,95
		2	2,37	1,86	2,33	4,90	1,86	2,45
		2,5	2,89	2,27	2,72	5,78	1,17	2,89
		3	3,38	2,66	3,04	6,53	2,43	3,26
		3,5	3,85	3,02	3,30	7,15	2,64	3,59
		4	4,28	3,36	3,51	7,67	2,81	3,83
	30	1,5	1,97	1,55	2,85	4,45	1,90	2,23
		2	2,57	2,02	3,58	5,63	2,39	2,81
		2,5	3,14	2,47	4,22	6,66	2,81	3,33
		3	3,68	2,89	4,76	7,56	3,17	3,79
		3,5	4,20	3,30	5,22	8,32	3,48	4,16
		4	4,68	3,68	5,59	8,97	3,79	4,43
	(42)	2	2,25	1,77	1,44	4,74	1,44	2,26
		2,5	2,74	2,15	1,66	5,56	1,66	2,65

		3	3,20	2,52	1,84	6,26	1,84	2,98	
		3,5	3,64	2,86	1,97	6,83	1,97	3,25	
		4	4,04	3,17	2,06	7,29	2,06	3,47	
	30	2	2,65	2,08	3,74	6,34	2,49	3,02	
		2,5	3,24	2,54	4,41	7,52	2,94	3,58	
		3	3,80	2,99	4,98	8,55	3,32	4,07	
		3,5	4,34	3,41	5,46	9,43	3,64	4,49	
		4	4,84	3,80	5,87	10,19	3,91	4,85	
	45	20	2	2,37	1,86	1,54	5,66	1,54	2,52
			2,5	2,89	2,27	1,78	6,67	1,78	2,96
3			3,38	2,66	1,97	7,52	1,97	3,34	
3,5			3,85	3,02	2,11	8,24	2,11	3,66	
4			4,28	3,36	2,18	8,82	2,22	3,92	
30		2	2,77	2,17	3,97	7,51	2,65	3,34	
		2,5	3,39	2,66	4,69	8,93	3,13	3,97	
		3	3,98	3,13	5,31	10,17	3,54	4,52	
		3,5	4,55	3,57	5,83	11,26	3,89	5,00	
		4	5,08	3,99	6,63	12,19	4,18	5,42	
50	25	1,5	2,12	1,67	2,28	6,77	1,83	2,71	
		2	2,77	2,17	2,86	8,59	2,29	3,44	
		2,5	3,39	2,66	3,35	10,21	2,68	4,08	
		3	3,98	3,13	3,77	11,63	3,02	4,65	
		3,5	4,55	3,57	4,12	12,87	3,30	5,15	
		4	5,08	3,99	4,40	13,93	3,52	5,57	
	30	1,5	2,27	1,78	3,46	7,65	2,31	3,06	
		2	2,97	2,32	4,36	9,74	2,91	3,90	
		2,5	3,64	2,86	5,16	11,62	3,44	4,65	
		3	4,28	3,36	5,86	13,29	3,90	5,32	
3,5		4,90	3,85	6,45	14,77	4,30	5,91		

		4	5,48	4,30	6,96	16,05	4,64	6,42
	35	1,5	2,42	1,90	4,92	8,54	2,81	3,41
		2	3,17	2,49	6,24	10,90	3,57	4,36
		2,2	3,46	2,72	6,73	11,78	3,85	4,71
		2,5	3,89	3,09	7,43	13,03	4,24	5,21
		3	4,58	3,60	8,47	14,95	4,84	5,98
		3,5	5,25	4,12	9,40	16,66	5,37	6,66
		4	5,88	4,62	10,20	18,17	5,83	7,27
	40	2	3,37	2,65	8,52	12,05	4,28	4,82
		2,5	4,14	3,25	10,18	14,44	5,09	5,78
		3	4,88	3,83	11,67	16,61	5,84	6,64
		3,5	5,60	4,39	13,00	18,56	6,50	7,42
		4	6,28	4,93	14,18	20,29	7,09	8,12
60	20	2,0	2,97	2,33	2,02	11,98	2,02	3,99
	25	2,5	3,89	3,05	3,99	16,34	3,19	5,45
		3	4,58	3,60	4,50	18,73	3,60	6,24
		3,5	5,25	4,12	4,93	20,86	3,95	6,95
		4	5,88	4,62	5,29	22,74	4,23	7,59
		5	7,07	5,55	5,80	25,75	4,64	8,58
60	30	1,5	2,57	2,02	4,07	11,99	2,71	4,00
		2,0	3,37	2,65	5,15	15,35	3,43	5,12
		2,5	4,14	3,25	6,11	18,41	4,07	6,13
		3	4,88	3,83	6,96	21,17	4,64	7,06
		3,5	5,60	4,39	7,69	23,66	5,13	7,89
		4	6,28	4,93	8,32	25,88	5,55	8,63
		5	7,57	5,94	9,30	29,54	6,19	9,85
	40	1,5	2,87	2,25	7,79	14,56	3,90	4,85
		2,0	3,77	2,96	9,96	18,71	4,98	6,24
		2,5	4,64	3,64	11,94	22,54	5,97	7,51

		3	5,48	4,30	13,73	26,05	6,86	8,68
		3,5	6,30	4,94	15,34	29,25	7,67	9,75
		4	7,08	5,56	16,78	32,16	8,39	10,72
		5	8,57	6,73	12,17	37,12	9,59	12,37
70	30	3	5,48	4,30	8,05	31,49	5,37	9,00
		3,5	6,30	4,94	8,92	35,35	5,95	10,10
		4	7,08	5,56	9,68	38,84	6,45	11,10
		5	8,57	6,73	10,87	44,78	7,25	12,79
		6	9,94	7,80	11,67	49,39	7,78	14,11
	40	3	6,08	4,78	15,79	38,23	7,89	10,92
		3,5	7,00	5,49	17,68	43,10	8,84	12,31
		4	7,88	6,19	19,38	47,56	9,69	13,59
		5	9,57	7,51	22,25	55,36	11,13	15,82
		6	11,14	8,75	24,47	61,71	12,23	17,63
	50	3	6,68	5,25	26,56	44,97	10,63	12,85
		3,5	7,70	6,04	29,93	50,84	11,97	14,53
		4	8,68	6,82	33,02	56,29	13,21	16,08
		5	10,57	8,30	38,42	65,94	15,37	18,84
		6	12,34	9,69	42,83	74,03	17,13	21,15
80	40	2,0	4,57	3,59	12,85	37,90	6,43	9,47
		3	6,68	5,25	17,84	53,46	8,92	13,36
		3,5	7,70	6,04	20,02	60,44	10,01	15,11
		4	8,68	6,82	21,98	66,91	10,99	16,73
		5	10,57	8,30	25,34	78,38	12,67	19,60
		6	12,34	9,69	27,97	87,97	13,99	21,99
		7	14,00	10,99	29,94	95,77	14,97	23,94
	50	3	7,28	5,72	29,88	62,35	11,95	15,59
		3,5	8,40	6,59	33,72	70,69	13,49	17,67
		4	9,48	7,44	37,26	78,48	14,91	19,62

	60	3,5	9,10	7,14	51,63	80,94	17,21	20,23
		4	10,28	8,07	57,29	90,04	19,10	22,51
		5	12,57	9,87	67,46	106,55	22,49	26,64
		6	14,74	11,57	76,16	120,90	25,39	30,22
		7	16,80	13,19	83,48	133,19	27,83	33,30
90	40	3,5	8,40	6,59	22,36	81,64	11,18	18,14
		4	9,48	7,44	24,59	90,61	12,29	20,13
		5	11,57	9,08	28,42	106,7	14,21	23,71
		6	13,54	10,63	31,48	120,4	15,74	26,75
		7	15,40	12,09	33,81	13,85*	16,91	29,30
* Соответствует оригиналу. - Примечание изготовителя базы данных.								
	60	4	11,08	8,70	63,57	120,2	21,19	26,71
		5	13,57	10,65	75,04	142,8	25,01	31,75
		6	15,94	12,51	84,94	162,8	28,31	36,18
		7	18,20	14,29	93,37	180,2	31,12	40,04
100	40	4	10,28	8,07	27,20	119,0	13,59	23,81
		5	12,57	9,87	31,50	140,7	15,75	28,16
		6	14,74	11,57	34,98	159,6	17,49	31,92
		7	16,80	13,19	37,68	175,6	18,84	35,12
	50	4	11,08	8,70	45,75	137,5	18,30	27,50
		5	13,57	10,65	53,67	163,4	21,47	32,67
		6	15,94	12,51	60,37	186,1	24,15	37,23
		7	18,20	14,29	65,92	205,9	26,37	41,19
100	60	3,0	9,09	7,13	55,32	122,48	18,44	24,50
		3,5	10,50	8,24	62,82	139,64	20,94	27,93
		4,0	11,88	9,33	69,86	155,94	23,29	31,19
	70	4	12,68	9,96	99,90	174,4	28,54	34,87

		5	15,57	12,22	118,8	208,5	33,96	41,71
		6	18,34	14,40	135,6	239,2	38,76	47,85
		7	21,00	16,48	150,5	266,6	42,97	53,32
110	40	4	11,08	8,70	29,79	152,6	14,89	27,75
		5	13,57	10,65	34,59	181,2	17,29	32,94
		6	15,94	12,51	38,48	206,4	19,24	37,49
		7	18,20	14,29	41,55	227,8	20,77	41,42
	50	4	11,88	9,33	49,99	175,1	20,00	31,84
		5	14,57	11,44	58,75	208,7	23,50	37,95
		6	17,14	13,46	66,21	238,6	26,48	43,39
		7	19,60	15,38	72,45	265,0	28,98	48,18
	60	4	12,68	9,96	76,14	197,6	25,38	35,92
		5	15,57	12,22	90,21	236,3	30,07	42,97
		6	18,34	14,40	102,5	271,1	34,17	49,30
		7	21,00	16,48	113,14	302,1	37,71	54,94
120	40	5	14,57	11,44	37,67	228,3	18,84	38,05
		6	17,14	13,46	42,00	260,7	20,99	43,45
		7	19,60	15,38	45,42	289,0	22,71	48,18
		8	21,94	17,22	48,03	313,5	24,02	52,25
	60	5	16,57	13,00	97,79	294,5	32,60	49,08
		6	19,54	15,34	111,2	338,7	37,10	56,46
		7	22,40	17,58	123,0	378,5	41,01	63,09
		8	25,14	19,73	133,1	414,0	44,37	69,00
	80	5	18,57	14,58	191,0	360,6	47,76	60,11
		6	21,94	17,22	219,7	416,8	54,92	69,47
		7	25,20	19,78	245,4	468,0	61,36	78,01
		8	28,34	22,25	268,4	514,5	67,11	85,76
140	60	5	18,57	14,58	112,9	436,2	37,65	62,31
		6	21,94	17,22	128,8	503,9	42,95	71,99

		7	25,20	19,78	142,8	565,6	47,60	80,80
		8	28,34	22,25	154,9	621,5	51,64	88,78
	80	5	20,57	16,15	219,2	527,3	54,80	75,33
		6	24,34	19,11	252,6	611,7	63,15	87,39
		7	28,00	21,98	282,8	689,6	70,71	98,51
		8	31,54	24,76	310,1	761,1	77,53	108,7
	120	6	29,14	22,88	650,9	827,3	108,5	118,2
		7	33,60	26,37	736,5	937,4	122,7	133,9
		8	37,94	29,78	816,1	1040	136,0	148,6
		9	42,17	33,10	889,9	1135	148,3	162,3
	150	80	6	25,54	20,05	269,1	727,1	96,95
			7	29,40	23,08	301,6	821,0	109,5
			8	33,14	26,01	303,9	907,6	121,0
			9	36,77	28,86	357,2	987,1	131,6
			10	40,28	31,62	380,7	1060	141,3
		100	6	27,94	21,93	451,6	851,6	131,5
			7	32,20	25,28	509,2	964,2	128,6
			8	36,34	28,53	562,3	1069	142,5
			9	40,37	31,69	611,0	1166	155,5
			10	44,28	34,76	655,4	1256	167,5
	180	80	7	33,60	26,37	357,7	1306	89,42
			8	37,94	29,78	393,4	1449	98,35
			9	42,17	33,10	425,7	1583	106,4
			10	46,28	36,33	454,7	1707	113,7
			12	54,17	42,52	503,6	1926	125,9
		100	8	41,14	32,29	664,1	1686	132,8
			9	45,77	35,93	723,1	1846	144,6
			10	50,28	39,47	777,4	1996	155,5
			12	58,97	46,29	872,3	2265	174,5

	150	8	49,14	38,57	1714	2279	228,7	253,2
		9	54,77	42,99	1883	2505	251,1	278,3
		10	60,28	47,32	2041	2720	272,2	302,2
		12	70,97	55,71	2331	3114	310,8	346,0
Трубы специальных размеров								
28	25	0,8	0,811	0,637	0,810	0,964	0,648	0,689
28	25	0,9	0,908	0,713	0,898	1,07	0,719	0,764
28	25	1,0	1,00	0,787	0,984	1,17	0,787	0,837
28	25	1,2	1,19	0,934	1,15	1,37	0,917	0,976
28	25	1,5	1,46	1,15	1,37	1,64	1,10	1,2
28	25	2	1,89	1,49	1,69	2,03	1,35	1,45
28	25	2,5	2,29	1,80	1,96	2,35	1,56	1,68
40	25	1,5	1,82	1,43	1,87	3,90	1,49	1,95
40	28	1,5	1,91	1,50	2,43	4,23	1,73	2,11
40	28	2,0	2,49	1,95	3,04	5,34	2,17	2,67
40	28	2,5	3,04	2,39	3,57	6,31	2,55	3,15
70	50	7	14,0	10,99	46,33	80,65	18,53	23,04
90	50	3	7,88	6,19	33,20	83,38	13,28	18,53
140	60	3	11,48	9,02	74,83	281,8	24,94	40,26
150	60	7	26,60	20,88	152,7	677,7	50,90	90,36
160	130	8	42,74	33,55	1107	1533	170,3	191,6
180	145	20	107,13	84,10	2891	4131	398,9	459,0
190	120	12	66,17	51,94	1429	2987	238,2	314,5
196	170	18	113,24	88,99	4443	5594	522,8	570,8
200	120	8	47,54	37,32	1117	2495	186,3	249,5
230	100	8	49,14	38,57	833,8	3138	166,8	272,8

ДОДАТОК Д

Розрахунок тонкостінних профілів за ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1, витяг з «Расчёт элементов из стальных холодноформированных профилей в соответствии с еврокодом 3»[16].

Размеры поперечного сечения и характеристики материала

Высота сечения	$h = 200 \text{ мм}$
Ширина полки	$b_1 = b_2 = 65 \text{ мм}$
Высота отгиба полки	$c = 25 \text{ мм}$
Радиус закругления	$r = 3 \text{ мм}$
Номинальная толщина	$t_{nom} = 2 \text{ мм}$
Толщина стали	$t = 1.96 \text{ мм}$
Расчетный предел текучести	$f_y = 350 \text{ Н/мм}^2$
Модуль упругости	$E = 210000 \text{ Н/мм}^2$
Коэффициент Пуассона	$\nu = 0.3$
Частный коэффициент надежности	$\gamma_{M0} = 1.00$
$h_p = h - t_{nom} = 200 - 2 = 198 \text{ мм}$	
$b_{p1} = b_{p2} = b_1 - t_{nom} = 65 - 2 = 63 \text{ мм}$	
$c_p = c - t_{nom}/2 = 25 - 2/2 = 24 \text{ мм}$	

Геометрические характеристики эффективного сечения без учета закруглений

Определение эффективного сечения полок и отгибов

Шаг 1

Эффективная ширина полок

Для соотношения напряжений $\psi = 1$ (равномерное сжатие), $k_\sigma = 4$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yb}}$$

$$\bar{\lambda}_{p,b} = \frac{b_{p1}/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_{\sigma}}} = \frac{63/1.96}{28.4 \times \sqrt{235/350} \times \sqrt{4}} = 0.691$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,b} - 0.055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_{p,b}^2} = \frac{0.691 - 0.055 \times (3 + 1)}{0.691^2} = 0.986 \leq 1.0$$

$$b_{\text{eff}} = \rho b_{p1} = 0.987 \times 63 = 62.2 \text{ мм}$$

$$b_{e1} = b_{e2} = 0.5 b_{\text{eff}} = 0.5 \times 62.2 = 31.1 \text{ мм}$$

Эффективная ширина краевого элемента жесткости (отгиба)

Коэффициент потери устойчивости определяется следующим образом:

$$\text{если } b_{p,c}/b_{p1} \leq 0.35: \quad k_{\sigma} = 0.5$$

$$\text{если } 0.35 < b_{p,c}/b_{p1} \leq 0.6: \quad k_{\sigma} = 0.5 + 0.83 \sqrt[3]{(b_{p,c}/b_{p1} - 0.35)^2}$$

$$b_{p,c}/b_{p1} = 24/63 = 0.38 \text{ следовательно, } k_{\sigma} = 0.5 + 0.83 \sqrt[3]{(0.38 - 0.35)^2} = 0.582$$

$$\bar{\lambda}_{p,c} = \frac{c_p/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_{\sigma}}} = \frac{24/1.96}{28.4 \times \sqrt{235/350} \times \sqrt{0.58}} = 0.690$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,c} - 0.188}{\bar{\lambda}_{p,c}^2} = \frac{0.690 - 0.188}{0.690^2} = 1.05$$

но $\rho \leq 1$ следовательно, $\rho = 1$

Эффективная ширина определяется следующим образом:

$$c_{\text{eff}} = \rho c_p = 1 \times 24 = 24 \text{ мм}$$

Эффективная площадь краевого элемента жесткости составляет:

$$A_s = t(b_{e2} + c_{\text{eff}}) = 1.96 \times (31.1 + 24) = 108.0 \text{ мм}^2$$

Шаг 2

Критическое напряжение при потере устойчивости для краевого элемента жесткости определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{cr},s} = \frac{2\sqrt{K E I_s}}{A_s},$$

где K – это жесткость пружины на единицу длины, а I_s – это эффективный момент инерции сечения элемента жесткости.

$$K = \frac{E t^3}{4(1-\nu^2)} \cdot \frac{1}{b_1^2 h_p + b_1^3 + 0.5 b_1 b_2 h_p k_f}$$

$$b_1 = b_{p1} - \frac{b_{e2} t b_{e2} / 2}{(b_{e2} + c_{\text{eff}}) t} = 63 - \frac{31.1 \times 1.96 \times 31.1 / 2}{(31.1 + 24) \times 1.96} = 54.22 \text{ мм}$$

$$b_2 = b_1 = 54.22 \text{ мм (для сечения с равными полками)}$$

$$k_f = \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = \frac{108}{108} = 1.0 \text{ для элемента при осевом сжатии}$$

$$K = 0.421 \text{ (Н/мм)/мм}$$

$$I_s = \frac{b_{e2} t^3}{12} + \frac{c_{\text{eff}}^3 t}{12} + b_{e2} t \left[\frac{c_{\text{eff}}^2}{2(b_{e2} + c_{\text{eff}})} \right]^2 + c_{\text{eff}} t \left[\frac{c_{\text{eff}}}{2} - \left[\frac{c_{\text{eff}}^2}{2(b_{e2} + c_{\text{eff}})} \right] \right]^2 = 6101 \text{ мм}^4$$

Поскольку сечение имеет равные полки, жесткость пружины K и момент инерции сечения I_s применимы к обоим краевым элементам жесткости. Если бы сечение было ассиметричным, возникла бы необходимость повторить процесс, продемонстрированный выше, для верхнего и нижнего краевых элементов жесткости.

$$\sigma_{\text{cr},s} = \frac{2 \times \sqrt{0.421 \times 210000 \times 6101}}{108.0} = 430.1 \text{ Н/мм}^2$$

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{f_y / \sigma_{cr,s}} = \sqrt{350 / 430} = 0.902$$

поскольку $0.65 < \bar{\lambda}_d < 1.38$, $\chi_d = 1.47 - 0.723 \bar{\lambda}_d$

$$\chi_d = 1.47 - 0.723 \times 0.902 = 0.818$$

Шаг 3

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3 позволяет произвести дополнительную итерацию с целью уточнения значения χ_d . Такая итерация не производилась для данного примера, поэтому используются первоначальные значения.

$$t_{red} = t \chi_d = 1.96 \times 0.818 = 1.60 \text{ мм}$$

Характеристики эффективного сечения стенки

При равномерном сжатии соотношение напряжений $\psi = 1$ и коэффициент потери устойчивости $k_\sigma = 4$ (для внутреннего сжатого элемента).

$$\bar{\lambda}_{p,h} = \frac{h_p / t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} = \frac{198 / 1.96}{28.4 \times \sqrt{235 / 350} \times \sqrt{4}} = 2.172$$

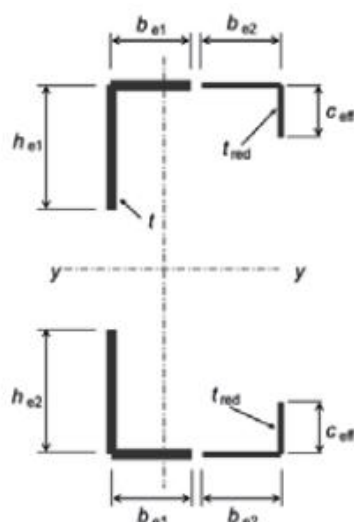
$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,h} - 0.055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_{p,h}^2} = \frac{2.171 - 0.055 \times (3 + 1)}{2.171^2} = 0.414$$

$$h_{eff} = \rho h_p = 0.414 \times 198 = 82.0 \text{ мм}$$

$$h_{el} = h_{e2} = 0.5 h_{eff} = 0.5 \times 82.0 = 41.0 \text{ мм}$$

Геометрические характеристики всего эффективного поперечного сечения

Теоретическое эффективное сечение представлено на рисунке ниже. Характеристики всего эффективного сечения рассчитаны с использованием этой теоретической геометрии.



$$A_{\text{eff}} = t[2b_{e1} + h_{e1} + h_{e2} + 2(b_{e2} + c_{\text{eff}})\chi_d]$$

$$A_{\text{eff}} = 1.96[2 \times 31.1 + 41.0 + 41.0 + 2(31.1 + 24.0)0.816]$$

$$A_{\text{eff}} = 459.0 \text{ мм}^2$$

Поскольку сечение симметрично и подвержено чистому осевому сжатию, положение главной центральной оси у-у остается неизменным и соответствует поперечному сечению брутто, т. е. 99.0 мм от обеих полок.

Другие геометрические характеристики эффективного сечения, подверженного осевой нагрузке, приводятся ниже без подробных расчетов.

Сведенные геометрические характеристики эффективного сечения без учета закруглений

Эффективная площадь

$$A_{\text{eff}} = 459.0 \text{ мм}^2$$

Расстояние от центра тяжести эффективного сечения до полки

$$z_{gc} = 99.0 \text{ мм}$$

Расстояние от центра тяжести эффективного сечения до стенки

$$y_{gc} = 25.0 \text{ мм}$$

Расстояние от центра тяжести эффективного сечения до отгибов

$$y_{lip} = 38.0 \text{ мм}$$

Момент инерции эффективного сечения относительно оси наибольшей жесткости

$$I_y = 3780000 \text{ мм}^4$$

Момент инерции эффективного сечения относительно оси наименьшей жесткости

$$I_z = 311800 \text{ мм}^4$$